

# LAMMEPRODUKSJON I FORHOLD TIL KROPPSVEKT HOS SAU.

## LAMB PRODUCTION RELATED TO THE BODY WEIGHT OF THE EWE



Foto: T.A.S. Lillehammer

Marie Lillehammer  
Mastergradsoppgave ved Institutt for husdyrfag og  
akvakultur  
Norges Landbrukshøyskole  
2004

## Forord

Etter å ha arbeidet ett år som landbrukspraktikant på gård med sau, begynte jeg studiene på NLH med det mål å få drive med saueavl. Inntil for ett år siden hadde jeg ingen nærmere idé om hva jeg ønsket å skrive masteroppgave om, men jeg ble stadig mer interessert i spørsmål som angikk likheter og forskjeller mellom de ulike sauerasene vi har i Norge. Etter å ha bestemt meg for å skrive om kroppsvekt hos sau, og hvordan den påvirket produksjonen, begynte arbeidet med å lete etter litteratur på området. Jeg fant artikler som diskuterte temaet helt tilbake til begynnelsen av forrige århundre, men fant ingen praktiske forsøk i Norge som kunne fastslå på en mer vitenskapelig plattform hvordan kroppsvekten slo ut på produksjonen. En hovedoppgave fra 1991 ved institutt for husdyrfag viste at søyene og værene hadde vokst betraktelig i løpet av forrige århundre, og her ble det satt spørsmålsteget ved om det var god økonomi i dette.

Jeg har valgt å konsentrere meg om produksjonseffektivitet som mål på sauenes lønnsomhet. Dette har sin basis i ressursøkonomi. Jeg mener personlig at vi gjennom avlsarbeidet bør forsøke å utvikle dyr som utnytter de ressursene vi putter inn i husdyrholdet best mulig. Utenlandske forsøk viste at de største og tyngste rasene ikke nødvendigvis var de mest effektive, videre at de største dyrene innen en rase heller ikke alltid var de mest ressursøkonomiske. Sammenhengen mellom egen vekt og produksjon var heller ikke så stor som en kunne tro med tanke på at egen vekt er en av de viktigste kriteriene ved utvalg av prøveværer til avlsarbeidet.

Arbeidet med oppgava ble like spennende og utviklende som jeg hadde håpet, ikke minst takket være alle som har medvirket til at jeg kunne nå mine mål underveis. Først og fremst vil jeg takke alle produsentene som tok seg tid til å veie sauene sine slik at jeg kunne få et datamateriale å arbeide videre med. Takk også til "Sau og Geit" og redaktør Arne Maurtvedt som videreformidlet min oppfordring til bøndene om å veie dyrene og til alle enkeltpersoner som har oppfordret andre til å veie. Dette har vært en stor dugnad som har involvert mange mennesker, og det har gitt meg et godt materiale å bearbeide. Takk også til hovedveileder, førsteamanuensis Tormod Ådnøy, og medveiledere, Post doctor Geir Steinheim og førsteamanuensis Lars Olav Eik, for uvurderlig faglig hjelp og moralsk støtte underveis. Tusen takk til småfekonulent Inger Anne Boman for å plukke ut data fra Sauekontrollen til meg og for all hjelp med å sortere og bearbeide disse. Sist men ikke minst, takk til min kjære mann, Tor Arne S Lillehammer, som har sittet hjemme og passet barn i ti måneder slik at jeg kunne konsentrere meg om skolearbeidet.

## Sammendrag

Sammenhengen mellom søyas vekt og antall lam, gjennomsnittlig høstvekt på lammene, slakteklasse og produksjonseffektivitet ble testet hos rasene sjeviot, spæl og nks (norsk kvit sau). Det ble brukt felldata fra bønder som etter oppfordring gjennom bladet "Sau og Geit" veide søyene sine og meldte det inn gjennom sauekontrollen. Produksjonsdata ble også hentet ut fra sauekontrollen. Datasettet inneholdt observasjoner fra 86 sjeviot, 1164 spæl og 865 nks fra 1.5 til 6.5 år. Dataene ble analysert med proc mixed i SAS. Sammenhengen mellom vekt og lammetall var positiv hos sjeviot og spæl, mens det var ingen sammenheng hos nks. I tillegg hadde søyas alder en signifikant effekt på lammetallet. Sammenhengen mellom søyas vekt i kg og gjennomsnittlig høstvekt (kg) på hennes lam var positiv hos spæl og nks. Det var ingen påviselig effekt av vekt hos sjeviot. Regresjonskoeffisientene hos alle rasene var ganske like. De varierte fra 0.08 til 0.11. Andre faktorer som hadde signifikant effekt på lammens høstvekt var søyas alder, alder på lammene ved veiing og lammens kjønn. Det var ingen signifikant effekt av rase etter at det var korrigert for vekt. Når det gjelder slakteklasse var alle rasene signifikant forskjellig fra hverandre. Sjeviot kom best ut, mens spæl kom dårligst ut. I tillegg var det en positiv signifikant effekt av vekt hos spæl. Det ble påvist en signifikant negativ, lineær sammenheng mellom vekt og produksjonseffektivitet, målt som kg avvendt lam/kg metabolsk vekt hos søya, hos rasene spæl og nks. Regresjonskoeffisientene var  $-0.23$  for spæl og  $-0.24$  for nks. Det kunne ikke påvises noen forskjell i produksjonseffektivitet mellom disse to rasene. Ved sammenligning av produksjonseffektivitet hos alle tre rasene ved deres gjennomsnittsvekt innen hver aldersklasse, var spælsauen den mest effektive innen hver aldersklasse og alle rasene ble mer effektive jo eldre de ble. Det så også ut som om det er et samspill mellom søyas vekt og produksjonsmiljø. I noen miljøer var det en sterkere negativ effekt av søyevikt på effektiviteten enn i andre. Det var ingen besetninger som hadde en positiv signifikant effekt av vekt på effektiviteten. Den negative sammenhengen mellom kroppsvekt og produksjonseffektivitet tyder på at den norske sauen er over optimal størrelse for det norske produksjonsmiljøet.

## Abstract

The relationship between the weight of the ewe and the number of lambs, averaged weaning weight of the lambs, averaged EUROP-classification of the lambs and production efficiency of the ewe was investigated for the breeds cheviot, "spæl" and "nks" (norwegian white sheep). Field data from farmers, who after notice in the magazine "Sau og Geit" weighed their sheep and reported the weights into "saukontrollen", were used. Production data were also collected from "saukontrollen". The data set contained observations from 86 cheviot, 1164 spæl and 865 nks, that were from 1.5 to 6.5 years old. The data were analyzed using proc mixed in SAS. The connection between ewe weight and number of lambs was positive in the breeds cheviot and spæl, but there was no connection in the breed "nks". In addition the age of the ewe had a significant effect on the number of lambs. The connection between ewe weight in kg and averaged weaning weight in kg of her lambs was positive within the breeds spæl and nks. There could not be detected any effect of ewe weight on average weaning weight of the lambs within the breed cheviot. The regression coefficients were quite similar in all the breeds, ranging from 0.08 to 0.11. Other factors having a significant effect on the average weaning weights of the lambs were the age of the ewe, the age at where the lambs were weighed and the sexes of the lambs. There was no significant effect of breed after correcting for weight. As it comes to EUROP-classification, all the breeds differed significantly from each other. Cheviot got the highest score, and spæl got the lowest. In addition there was a positive significant effect of ewe weight within the spæl-breed. A significant negative, linear relationship between ewe weight and production efficiency, measured as kg lambs weaned divided by the metabolic weight of the ewe was detected within the breeds spæl and nks. The regression coefficients were -0.23 for spæl and -0.24 for nks. There could not be detected any difference in production efficiency between these two breeds. By comparing production efficiency in all the three breeds at their average weight within every age class, the spæl-sheep was the most efficient in every age class and all the breeds became more effective the older they got. It also looked like it could be an interaction between ewe weight and production environment. In some environments there were detected a stronger negative effect of ewe weight on the efficiency than in others. None of the herds had a positive significant effect of ewe weight on production efficiency. The negative relationship between ewe weight and production efficiency could be a product of that the Norwegian sheep is heavier than the optimal weight in the Norwegian production environment.

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
Abstract .....	4
Innholdsfortegnelse.....	5
1. Innledning.....	7
2. Teoridel .....	8
2.1 Mål på produksjonseffektivitet .....	8
2.2 Fødselsvekt.....	9
2.3 Vekt ved avvenning.....	9
2.4 Søyas vekt etter avvenning. ....	11
2.5 Voksenvekt .....	12
2.6 Andre bieffekter av seleksjon.....	13
2.7 Sammenligning av genotyper med ulik kroppsvekt .....	14
2.8 Lammetall .....	15
2.9 Kullvekt ved avvenning .....	17
2.10 Produksjonseffektivitet.....	18
3. Materiale og metoder .....	20
3.1 Innsamling av søyevekter .....	20
3.2 Statistiske analyser.....	21
3.3 Presentasjon av resultatene .....	22
4. Resultater.....	23
4.1 Antall lam. ....	23
4.2 Gjennomsnittlig høstvekt .....	24
4.3 Slakteklasse.....	25
4.4 Effektivitet .....	25
4.5 Samspill mellom vekt og produsent.....	27
5. Diskusjon.....	29
5.1 Datasettet.....	29
5.2 Diskusjon av resultatene.....	31
5.2.1 Lammetall.....	31
5.2.3 Slakteklasse .....	32
5.2.4 Produksjonseffektivitet .....	33
5.3 Produksjonsnivå eller produksjonseffektivitet.....	35
5.4 Metabolsk vekt hos søya som uttrykk for fôrbehov .....	37
5.5 Mulige årsaker til negativ sammenheng mellom søyevekt og effektivitet.....	38
5.6 Optimal størrelse på sau i ulike miljø.....	39
5.7 Avlsstrategier .....	41

6. Konklusjon.....	43
6.1 Sammenhengen mellom vekt og effektivitet.....	43
6.2 Sammenligning av raser .....	43
7. REFERANSER.....	44

# 1. Innledning

Et viktig avlskriterium i avlsarbeidet for sau i Norge er slaktevekt hos lammene. Dette er en størrelse som er lett målbar hos slaktelammene, og det finnes gode, systematiske registreringer. Gjennom avkomsgransking av prøveværer er det forholdsvis enkelt å finne fram til de som gir de høyeste slaktevektene. Siden det er en nær sammenheng mellom levende vekt og slaktevekt hos lammene, favoriserer dette de store høstlammene. Levende vekt er også et svært viktig kriterium ved utvalg av nye prøveværer. Mye tyder på at dette også medfører større voksenvekter hos søyene. Siden voksenvektene ikke blir systematisk registrert og tatt hensyn til i avlsarbeidet er dette en bieffekt av seleksjonen som man verken kjenner størrelsen på eller har forsøkt å påvirke.

Høyere søyevokter gir økte fôrkostnader pr. sau til vedlikehold i innefôringsperioden. Siden vinterfôret utgjør størstedelen av de variable kostnadene forbundet med sauehold vil økte fôrkostnader ha mye å si for den totale økonomien til sauebonden. Oppgaven har som formål å sammenligne den positive effekten av økt lammeproduksjon pr. sau med den tilsvarende negative effekten av økt fôrbehov til vedlikehold pr. sau for å se om en større sau produserer så mye mer lam på et år at det kompenserer for det økte fôrbehovet. For å forsvare dagens avlsopplegg, som medfører en større sau, bør de større sauene ha en høyere lammeproduksjon pr. metabolsk kroppsvekt enn de mindre.

Problemstillingen har vært diskutert lenge, med ulike innfallsvinkler. Statskonsulent Jon Sæland (1919) skrev at: "Men korleis all ting er: Det er nok rådløst å få interessa opp for dei gamle norske sauene solenge som dei er so småe. Folk vil ikkje veta av småe sauer. Stort skal det vera må tru, - sjøl um storleiken er til større gagn for folks forfengelighet enn for økonomien." Engdahl (1936) skrev i Landbrukstidende at "Når alt kommer til alt, så kanskje størrelsen er av minst betydning, i hvert fall hvor det gjelder å oparbeide en besetning av de mest lønnsomme lamsauer." Han argumenterer videre med at fôrbehovet øker med størrelsen på sauene, og forslår en avlsstrategi der en har en liten morråse som er billig å føre, og en større farråse som skal sikre store høstlam.

Problemstillingen er interessant både innen og mellom raser. Dagens fokus på individuelle høstvekter og slaktevekter favoriserer tunge raser som nks framfor lettere raser som spæl. Ved å inkludere forskjellene i fôrkostnader mellom rasene får vi et bedre inntrykk av hvordan totaløkonomien påvirkes av valg av sauerase. Den er spesielt interessant i et ressursøkonomisk perspektiv. På verdensbasis er det stadig mer fokus på bærekraftig og effektiv ressursutnyttelse. I denne sammenhengen er det positivt med mer effektive dyr som utnytter fôrressursene best mulig.

## 2. Teoridel

### 2.1 Mål på produksjonseffektivitet

Lammenes produksjonseffektivitet kan måles som tilvekst/fôropptak, men dette er et tungvindt mål, da det er vanskelig å registrere nøyaktig fôropptak til slaktelammene når disse blir fôret i samlebinger (Snowder og Van Vleck, 2003). De fant en genetisk korrelasjon mellom tilvekst/fôrforbruk og tilvekst før avvenning på 0.92 og mellom tilvekst/fôrforbruk og tilvekst etter avvenning på 0.99. For å bedre effektiviteten til slaktelammene foreslår de seleksjon for tilvekst. Denne måten å måle effektiviteten på tar ikke hensyn til fôrbehovet til vedlikehold og framføring av avlssøyer, slik at den er mest relevant i et system der lammene føres intensivt og hvor fôr til lammene representerer en stor del av de totale kostnadene.

Siden sauen har forholdsvis lav reprodutiv rate, utgjør fôrbehovet til vedlikehold av søya en større del av de totale kostnadene til kjøttproduksjonen enn for eksempel hos svin eller fjørfe (Rosati et al, 2001). Dette forsterkes i Norge av at lammene går mesteparten av sitt liv på utmarksbeite, mens søya må føres med fôret hele vinteren. Ett mål for produksjonseffektivitet er slaktevekt pr enhet fordøyelig fôr inntatt av sau og lam til sammen (Schoeman et al, 1994). Dette er et nøyaktig mål på effektiviteten, men det er kostbart å måle, da det forutsetter nøyaktige målinger av mengden fôr sauen og lammene spiser og fordøyeligheten av det. Man må også slakte lammene for å vite slaktevekta. En rimeligere metode for å måle produksjonseffektiviteten er å dividere produksjonen, målt i samlet kullvekt ved avvenning, med søyas metabolske vekt (Nawaz et al, 1992; Bedier et al, 1992). Dette målet tar ikke hensyn til det fôret lammene har spist. Ved å la lammens høstvekt beskrive produksjonen i stedet for slaktevekta tas det ikke hensyn til at dyrene en vil sammenligne kan ha ulik slakteprosent. Det er påvist en liten forskjell i slakteprosent hos spæl og nks i Norge (Ådnøy et al, 2004)

Black (1982) skriver at i saueflokker med høy fruktbarhet bør framtidig seleksjon prøve å øke produksjonen pr sau samtidig som søyevektene holdes konstant, for å oppnå høyest mulig effektivitet målt som produksjon pr hektar. Morris et al (1994) skriver at biologisk effektivitet er et høyst relevant konsept, først og fremst fordi komponentene som inngår, både mengden kjøtt produsert og fôrforbruket, er viktige for den økonomiske effektiviteten. Samtidig er det problematisk at systemer og metoder for å verdsette slaktet som blir produsert og/eller fôret som blir brukt gir en dårlig sammenheng mellom rangeringen av ulike produksjonssystemer etter økonomiske mål og etter biologisk effektivitet. I tillegg til det direkte målet som går på mengden kjøtt produsert i forhold til fôrforbruket, nevnes her et mer vanlig mål i New Zealand: "Weight of calf weaned per unit cow liveweight", som delvis baserer seg på at fôrbehovet har sammenheng med kroppsvekta til dyret. Kuer har i likhet med sauer lav reprodutiv rate ved



bruk av tradisjonelle produksjonsformer, slik at vedlikeholdsbehovet til kua utgjør en stor del av de totale førkostnadene.

Produksjonseffektivitet slik det brukes her er en egenskap ved søya som er satt sammen av mange komponenter. Her inngår både lammenes individuelle høstvekter, antall lam om høsten og søyas vekt om høsten. Alle disse komponentene har sammenheng med hverandre og med andre faktorer som fødselsvekt og antall lam ved fødsel.

## 2.2 Fødselsvekt

Typisk arvbarhet på fødselsvekt hos sau er 0.30 (Bourdon, 2000). Han har hentet sin informasjon fra mange forsøk gjort i USA. Burfening og Kress (1992) estimerte arvbarhet på fødselsvekt fra 0.20 til 0.34, avhengig av modellen som ble brukt, hos rasene Rambouillet, Targhee og Columbia i USA. Arvbarheten for de maternale effektene lå mellom 0.30 og 0.65. Deres resultater indikerte at både additiv direkte og additiv maternal effekt for fødselsvekt var viktig, og det ble observert en negativ genetisk korrelasjon mellom additiv direkte og maternal effekt. Okut et al (1999b) estimerte den gjennomsnittlige direkte arvbarheten hos de samme rasene og Polypay til å ligge mellom 0.20 og 0.44 avhengig av søyas alder. Dataene som ble brukt her ble samlet inn på en forskningsstasjon i USA fra 1974 til 1996. Datasettet inneholdt totalt 35 962 observasjoner. Den direkte arvbarheten var høyest når sauene var ett år, og sank når sauene ble eldre. Den maternale arvbarheten ble estimert til 0.18 når søya var ett år og steg når søya ble eldre opp til 0.28. Hanford et al (2003) fant en direkte arvbarhet på fødselsvekt hos Targhee-sheep på 0.25, en maternal arvbarhet på 0.20 og en korrelasjon mellom direkte og maternal genetisk effekt på 0.09. Hos Columbia-sheep ble det funnet direkte arvbarhet på fødselsvekt på 0.27, maternal arvbarhet på 0.25 og en korrelasjon mellom direkte og maternal effekt på  $-0.05$  (Hanford et al, 2002). Estimatenes i begge disse forsøkene ble gjort ved bruk av REML med dyremodeller. Dataene ble samlet inn fra 1950 til 1998.

Søyas vekt har innvirkning på lammenes fødselsvekt (Michels et al., 2000). Embryooverføring mellom store og små raser viste at både genetisk arv og størrelsen på lammets (foster)-mor påvirker fødselsvekta. De fant et samspill mellom lammets genotype og det maternale miljøet. Fødselsvekta økte proporsjonalt med morens vekt opphøyd i 0.83. Rattray og Trigg (1979) viste ved slakteforsøk av drektige Coopworth-søyer på New Zealand at størrelsen på søyas kroppsreserver kan påvirke fosterveksten ved sterk underfôring i siste del av drektigheten.

## 2.3 Vekt ved avvenning

Typisk arvbarhet for vekt ved avvenning ved 60 dager er 0.20 (Bourdon, 2000). Hanford et al (2002) fant arvbarhet på lammets vekt ved avvenning på 0.16 hos Columbia-sheep. De ble avvendt når lammene var i gjennomsnitt rundt 120 dager. Den maternale arvbarheten ble estimert til 0.08. Den direkte genetiske korrelasjonen mellom fødselsvekt og vekt ved avvenning var 0.56. Hanford et al (2003) fant arvbarhet på 0.22 på samme egenskap hos Targhee-sheep. Også her ble lammene avvendt ved rundt 120 dagers alder. Den maternale arvbarheten var her

0.11, og den genetiske korrelasjonen mellom fødselsvekt og vekt ved avvenning var 0.52. Bathaei og Leroy (1997) fant at søyas alder hadde innvirkning på lammenes vekt før avvenning, men denne effekten ble mindre med en gang lammene var avvendt, og det hadde ingen effekt på voksenalder. Deres resultater er basert på observasjoner fra 1281 mehraban-lam fra 660 søyer. Sauene stod på en privat gård i vest Iran ca 1750 moh. Okut et al (1999b) fant at arvbarheten på vekt ved avvenning varierte med søyas alder. Den gjennomsnittlige direkte arvbarheten hos fire amerikanske saueraser sank fra 0.34 når sauen var ett år til 0.16 når sauen var eldre enn tre år. Den maternale arvbarheten var også størst når sauen var ung. Den sank fra 0.10 når sauen var ett år til 0.04 når sauen var eldre enn tre år. De totale maternale effektene stod for 0.09 til 0.26 av den totale fenotypiske variansen i vekt ved avvenning. Videre ble det konkludert med at kg avvendte lam hos ei ett år gammel søye kan betraktes som en annen egenskap enn kg avvendte lam hos ei eldre søye. Etter at søya har blitt to år påvirkes fortsatt lammenes vekt av hennes alder, men sammenhengen mellom det hun produserer ett år og ett annet år er så nær at det kan betraktes som én egenskap. Clarke et al (2000) fant en direkte arvbarhet på vekt ved avvenning på 0.14, en maternal arvbarhet på 0.18 og en korrelasjon mellom disse på 0.20. Også her sank den maternale effekten på kroppsvekt etter hvert som lammene ble eldre.

Näsholm og Danell (1996) fant at den maternale effekten var stor på fødselsvekt (maternal arvbarhet=0.30) og forholdsvis stor på tilvekst i lammenes første tre leveuker (maternal arvbarhet=0.16). Den maternale effekten på senere vekter så ut til å skyldes først og fremst sammenhengen mellom fødselsvekt og senere vekter. Det maternale miljøet hadde liten innvirkning på tilvekst når lammene var over tre uker. Larsgard og Olesen (1998) fant ingen genetisk korrelasjon mellom direkte og maternal effekt på høstvekt hos norske dalasauer. De genetiske parameterne ble her estimert på bakgrunn av informasjon om 972 lam etter 60 værer og 295 søyer.

Snowder og Van Vleck (2003) fant en direkte arvbarhet på tilvekst før avvenning på 0.03 og tilvekst etter avvenning på mellom 0.25 og 0.39 fra et datasett bestående av observasjoner fra 1047 Targhee lam samlet inn over syv år på en forsøksstasjon i USA.

Miljøfaktorer som har signifikant effekt på vekta ved avvenning, i tillegg til søyas alder, og som også påvirket vekta etter avvenning, er fødselsår, kjønn, far og antall lam i kullet (Bathaei og Leroy, 1997). Muskelmassen utvikler seg sterkest de første leveukene (Ådnøy et al, 2004). Sterk reduksjon i tilveksten før lamma har oppnådd 30% av søyas voksenalder kan ikke kompenseres for senere. Kvaliteten på vårbeitet har derfor stor innvirkning på lammenes høstvekt.

Forskjellen mellom kjønnene øker etter hvert som lammene blir eldre (Näsholm, 2004). Dette er basert på vektregistrering av lam av Gotland-sau og såkalte "white breeds" som inkluderer svensk hvit landrase og andre tyngre kjøttraser. Dataene ble samlet inn fra 1991 til 1999.

McMillan (1993) fant ved forsøk på New Zealand at værlam var fra 0.5 til 4.4 kg tyngre enn søyelam ved avvenning, mens søyelam hadde bedre overlevelse. Manipulering av sex-ratio til kun værlam ville gi en produksjonsøkning på bare 2%.

## **2.4 Søyas vekt etter avvenning.**

Forskning i Belgia på kryssingslam med Flemish Milkshopeep \* Suffolk mor og Texel far har vist at lammets fødselsvekt kan ha signifikant effekt på lammets vekt også etter avvenning, men dette er først og fremst tilfelle under intensiv framfôring (Peeters et al, 1995). I mer ekstensive systemer har fødselsvekta liten innvirkning på lammenes vekt etter avvenning. Siden sauer til påsett vanligvis ikke får intensiv fôring når de er et halvt år gamle, er det mindre trolig at sauens fødselsvekt skal ha innvirkning på hennes vekt som voksen.

Cunningham og Gjedrem (1970) samlet en del arvbaheter på kroppsvekt hos sau fra andre forsøk. Disse varierte fra 0.09 til 1.06, men de fleste lå mellom 0.36 og 0.40. Etter avvenning øker arvbaheten på kroppsvekt fram til sauen er utvokst (Bathaei og Leroy, 1997). De fant arvbahet for kroppsvekt fra 0.34 ved avvenning ved 90 dagers alder til 0.48 ved 30 måneders alder hos mehraban-sheep. Dette var under intensive forsøksbetingelser der sauen var omtrent ferdig utvokst etter 30 måneder.

I tillegg har sauene en betydelig og systematisk vektvariasjon gjennom året (Näsholm, 1986, Burke et al., 2001). Näsholm fant at vekten i det svenske produksjonsstystemet var lavest ved avvenning av lammene og den var høyest i januar, som av praktiske årsaker var den siste veiingen før lamming. Sannsynligvis er vekten enda høyere rett før lamming. Burke et al. (2001) viste at det kan eksistere et samspill mellom fôringsregime og sesongvariasjon. Snowder og Glimp (1991) fant en effekt av antall lam og av rase på vekttapet søya hadde etter lamming i et forsøk som inkluderte rasene Rambouillet, Columbia, Polypay og Suffolk. Da ble til sammen 118 søyer veid fra én til 98 dager etter lamming. Suffolk-søyer, som var den sauen som hadde høyest vekttap, hadde da tapt seg 12% hvis de hadde ett lam og 21% hvis de hadde to lam i forhold til vekta fire dager etter lamming. Hos de rasene som hadde mindre nedgang i vekt var også forskjellen mellom å ha ett eller to lam mindre. Antall lam så ikke ut til å ha noen effekt på den kjemiske sammensetningen av melka.

Lammene begynner å utvikle drøvtyggerfunksjon fra de er tre uker gamle, og er fullt utviklet drøvtygger når de er åtte uker gamle (Nedkvitne, 1998). Derfor vil et lam født i midten av april allerede fra midten av juni kunne få mesteparten av den næringen de trenger fra gras. Selv om lammet går sammen med søya hele sommeren og gjerne dier helt fram til de blir skilt etter sanking, vil de få en større og større del av næringa si fra graset, og drikke mindre og mindre melk. Det gjør at søyas vekt om høsten er lite påvirket av antall lam hun har hatt den siste sommeren.

Näsholm og Danell (1990) estimerte arvbaheter på kroppsvekt hos søyer fra forskjellige aldersklasser til ulike årstider, ved å analysere vektregistreringer fra 266 søyer etter 20 tilfeldig valgte, ubeslektede værere. Dyrene stod på forsøksstasjon i Sverige og ble veid fem ganger i året. De fant arvbaheter fra 0.02 hos "ettåringer" veid i januar (ca 9 måneder gamle) til 0.38 hos "fireåringer" (fire og et halvt år gamle) veid ved innsett om høsten. Arvbahetene økte med økende alder og de var høyest ved innsett om høsten og lavest tidlig etter lamming. En konklusjon ut fra dette var at det beste tidspunktet å veie søyene på for å estimere den genetiske vekta var om høsten, ved innsett.

## 2.5 Voksenvekt

En mye brukt definisjon på voksenvekt er "Vekten av et normalt utviklet, ferdig utvokst i skjellettet, normalt aktivt voksent dyr som holder en konstant vekt på en standard diett, i et termonøytralt og sykdomsfritt miljø med 20% fettinnhold i kroppen" (Taylor, 1985). Voksenvekta er den mest stabile vekta et dyr har, og den brukes som et mål på genetisk vekt, selv om den også inneholder en miljøkomponent. For å måle voksenvekt, må dyrene holdes til de er helt utvokste og i et standardisert miljø. Ulike metoder er derfor utviklet for å estimere voksenvekt eller genetisk vekt ut fra kroppsvekt på et tidligere stadium eller andre kroppsmål.

Näsholm og Danell (1996) fant arvbaheter på voksenvekt fra 0.29 til 0.63 hos svensk finullfår. Dataene kom fra en forsøksflokk i Uppsala på rundt 180 søyer. Søye- og lammevektene ble samlet inn fra 1975 til 1988.

Näsholm (1986) fant at svensk finullfår er utvokst ved 5 års alder. Mehraban-sheep oppnår vanligvis voksenvekt ved 4-5 års alder, men dette avhenger av miljøet hun står i (Bathaei og Leroy, 1997). Med ad libitum fôring kunne sauen oppnå voksenvekt allerede ved to års alder.

Asplin (1991) viste at de norske sauene, både dala og spæl, har hatt en betydelig vektøkning de siste 100 årene, og at dagens avlsarbeid medfører at spælsøyene blir 300-700 gram tyngre i året. Hun setter videre spørsmålstegn ved om dette er en positiv utvikling, da det ser ut som om de lette søyene produserer like mye som de tunge. Hun viste videre at værere som får tunge avkom får høy indeks. Dette medfører også en positiv sammenheng mellom søyas vekt og avlsindeks. Ei søye etter en høy-indeks-far vil være stor, siden høy-indeks-værer gir store avkom. Samtidig vil hun ha høy indeks fordi hun arver deler av sin indeks fra sin far. Ser en lenger tilbake på historiske vekter (Sæland, 1919; Engdahl, 1938), ser en at den norske sauen har økt betydelig i vekt. Den historiske vektøkningen skyldes til dels forbedret miljø og dels avl (Asplin, 1991).

På New Zealand har kroppsvekt hos sau en negativ økonomisk vekt i avlsmålet, for å unngå at seleksjon for høyere lammevekter skal føre til økning i kroppsvekt hos søyene (Clarke et al, 2000). Likevel er den predikerte seleksjonsresponsen for egenskapen 2.4 kg pr generasjon og standardavvik seleksjonstrykk.

Fra 1993 til 1998 ble det gjennomført seleksjonsforsøk ved Norges Landbrukshøyskole der muskeldybde målt med ultralyd var eneste seleksjonskriterium (Larsgard og Kolstad, 2003). 30 søyelam og 3 værlam ble selektert hvert år, og søyene ble holdt i produksjon i to år. Sammenlignet med en kontrollinje, var det en signifikant økning i muskeldybde hos de selekterte dyrene. Det ble observert en korrelert positiv respons i lammevekt ved 50 dager, men en kunne ikke finne noen korrelert respons på søyenes kroppsvekt.

Det kan se ut som om det er en sammenheng mellom alder ved kjønnsmodning og voksenvekt. Bathaei og Leroy (1997) fant at tidligere kjønnsmodne lam av mehraban sheep, en iransk fetthalesau, hadde lavere voksenvekt. Demeke et al (1993) fant derimot ingen sammenheng mellom alder ved kjønnsmodning og voksenvekt hos verken Menz, Corriedale\*Menz eller Awassi\*Menz ved forsøk i Etiopia. Dette forsøket ble gjort på til sammen 118 søyelam som fikk gå med vær kontinuerlig fra de var seks måneder fram til tretten måneder. Ercanbrack og Knight (1998) fant at kroppsvekt gikk ned når de selekterte for tidligere kjønnsmodning over tolv år hos Rambouillet. Dette resultatet var basert på 25 026 søyeobservasjoner og 30 628 lammeobservasjoner fordelt på ni seleksjonslinjer og to kontrollinjer. Hos gris er det vist at seleksjon for tilvekst kan føre til forlenget intervall mellom avvenning av et kull og ny drektighet (Rauw et al, 1998). Siden tilvekst og fôrutnyttelse er høyere på fysiologisk yngre dyr, vil seleksjon for disse egenskapene føre til økt voksenvekt og senere modning. Siden raser med ulik forventet voksenvekt modnes ved ulik vekt, har de også ulik optimal slaktevekt (Snowder et al, 1994). De utførte et slakteforsøk av til sammen 160 lam av rasene Rambouillet, Targhee, Columbia og Polypay, der det ble påvist ulik optimal slaktevekt mellom raser. For å få rett fettmengde i slaktet, burde slaktelammenes levendevekt ved slakt være omtrent 64% av morens voksenvekt.

Generelt har pattedyr en hjerterytm som er proporsjonal med kroppsvekt opphøyd i  $-0.25$  (Schmidt-Nielsen, 1997). Hjerterytmen går altså ned med økende kroppsvekt. Siden alle pattedyr har omtrent like mange hjerteslag i løpet av livet, bortsett fra menneske, gjør dette at de dyrene med høyest kroppsvekt lever lengst. Disse blir også senere kjønnsmodne og senere utvokste. Ved seleksjon for økt kroppsvekt i praktisk avlsarbeid forutsettes det ofte at dyrene blir kjønnsmodne til et ønsket tidspunkt. På den måten øker vi kroppsvekten samtidig som det settes restriksjoner på bieffekten senere kjønnsmodning.

## **2.6 Andre bieffekter av seleksjon**

Både når det gjelder slaktekyllinger, griser og melkekyr har seleksjon for høy produksjonseffektivitet gitt uønskede korrelerte effekter når det gjelder metabolisme, reproduksjon og helseegenskaper (Rauw et al, 1998). Sterk seleksjon fører til tap av homeostatisk balanse hos dyrene, som kan resultere i patologier og dårligere velferd. Seleksjon for økt tilvekst hos kyllinger har ført til økt fôropptak. Det ser ut som at størstedelen av den

arvbare variasjonen for egenskapen tilvekst har en sammenheng med variasjon i fôropptak. Det er vist at kyllinger som er selektert sterkt for økt tilvekst har mistet evnen til å føle metthet. Dette er gjort ved hjelp av tvangsfôringsforsøk, der det ikke har vært mulig å tvinge høyselekterte kyllinger til å spise mer enn de gjør ad libitum. Til sammenligning kunne kyllinger av en "lav kroppsvekt"-linje tvangsføres opptil 150% over ad libitum når de var en dag gamle. Seleksjon for økt tilvekst har også ført til redusert beinkvalitet både hos fjørfe og gris. Seleksjon for økt melkemengde har ført til blant annet dårligere fruktbarhet hos ku.

Hos egghøns er det vist at høns selektert for føreffektivitet hadde lavere varmeproduksjon enn "ineffektive" høner (Luiting et al, 1991). Størstedelen av variasjonen i varmeproduksjon mellom linjene kunne begrunnes med ulikt aktivitetsnivå.

## **2.7 Sammenligning av genotyper med ulik kroppsvekt**

For å sammenligne raser eller individer med ulik kroppsvekt, må en ta hensyn til hvordan kroppssammensetningen og dyrets fysiologi endrer seg med endret kroppsvekt. Noen organer, som hjertet og lunger, øker i størrelse tilnærmet proporsjonalt med kroppsmassen (Schmidt-Nielsen, 1997). Andre organer, som nyrer og lever øker tilnærmet proporsjonalt med kroppsmasse<sup>0.85</sup>. Metabolisme til vedlikehold øker proporsjonalt med den metabolske kroppsvekt (MBW), som er kroppsvekt<sup>0.73</sup> (Taylor, 1985; McDonald et al, 1995). Energibehovet og oksygenbehovet til vedlikehold øker dermed proporsjonalt med MBW.

Det har kommet opp mange ulike teorier på hvorfor sammenhengen mellom basal metabolisme og kroppsvekt er slik den er (Schmidt-Nielsen, 1997). Flere dreier seg om en sammenheng mellom basal metabolisme og dyrets overflate. Dyrets overflate er tilnærmet proporsjonal med kroppsvekt<sup>0.67</sup>. Dette har ført til at det har oppstått teorier om at den basale metabolismen er direkte proporsjonal med dyrets overflate. Et argument for at dette er at varmetapet følger overflaten, og at den basale metabolismen er knyttet til det å opprettholde en konstant kroppstemperatur. Dette er videre tilbakevist siden den samme sammenhengen mellom vekt og basal metabolisme også finnes hos organismer som ikke har en konstant indre temperatur. Det er også vist at sammenhengen mellom kroppsoverflate og basal metabolisme ikke er direkte proporsjonal. Siden lungevolumet øker tilnærmet proporsjonalt med kroppsvekten, øker også lungeoverflaten tilnærmet proporsjonalt med kroppsoverflaten. Dette gir videre en nær, men fortsatt ikke helt proporsjonal, sammenheng mellom mengden oksygen en kan ta opp gjennom lungeoverflaten pr tidsenhet og mengden oksygen som kreves til basal metabolisme.

Det man imidlertid vet er at det ville vært fysisk umulig å ha en direkte proporsjonal sammenheng mellom metabolisme og kroppsvekt. Dersom en mus skulle ha den samme masse-spesifikke metabolske rate som en okse, ville den trenge minst 20cm pels for å holde varmen. I omvendt tilfelle, dersom oksen skulle hatt samme masse-spesifikke metabolske rate som musa, ville temperaturen på oksens overflate oversteget kokepunktet.

Størrelsen på fordøyelsessystemet, derimot, har ikke bare sammenheng med kroppsvekt, men varierer i tillegg med hva slags diett dyret er tilpasset (Van Soest, 1994). Dette medvirker til at den biologiske effektiviteten varierer mellom arter. Høyt fiberinnhold i dietten setter ned effektiviteten. Ulikt beitevalg mellom raser kan gi ulikt fiberinnhold i kosten, og dermed gi en variasjon i biologisk effektivitet. I tillegg varierer effektiviteten med kroppsstørrelse. Generelt er større dyr mer effektive når det gjelder energiutnyttning, men mindre effektive når det gjelder beitevalg. Det forventes likevel at større dyr innen en art er mer effektive, siden disse har en fordel når det gjelder størrelsen på fordøyelseskanalen. En studie av til sammen 207 søyer av rasene dalasau, spælsau og norsk pelssau, viste at dalasauen hadde signifikant større vom og lenger tynntarm enn de andre to rasene etter at det var korrigert for kroppsvekt (Steinheim et al, 2003). Det så ikke ut til å være noen forskjell på spæl og pels, verken når det gjaldt vomstørrelse eller lengden på tynntarmen.

I følge Hofmann (1989) er det en sammenheng mellom hvor godt fordøyelsessystemet er tilpasset en diett med høyt fiberinnhold og i hvor stor grad dyrene selekterer maten de spiser. Han delte drøvtyggerartene inn i tre grupper. 25% karakteriserte han som "grass and roughage eaters". Disse hadde et fordøyelsessystem som var godt tilpasset et høyt fiberinnhold i dietten, og de var lite selektive i sitt beitevalg. 40% ble karakterisert som "concentrate-selectors". Disse hadde et fordøyelsessystem som var mye dårligere egnet til å fordøye fiber. De var svært selektive i sitt beitevalg, og trivdes godt på en "høy-kvalitets"-diett av lett fordøyelig fôr. De siste 35% havnet i en mellomgruppe som valgte en blandet diett, men som fortsatt unngikk fiber så godt som mulig. Disse viste også kortsiktige anatomiske tilpasninger til forandringer i fôrkvaliteten, for eksempel ved ulike årstider. De fleste domestiserte artene havnet i gruppen "grass and roughage eaters", og ingen av de domestiserte artene var "concentrate selectors". Det er tydelig at de domestiserte artene er selektert for store formager som gir god fordøyelighet av fôr som er ubrukelig som menneskemat. Det er da et paradoks at store deler av husdyrproduksjonen i vest-Europa og USA i dag baserer seg på bruk av store mengder lettfordøyelig fôr.

## **2.8 Lammetall**

Det første som påvirker lammetallet er søyas ovulasjonsrate og fruktbarhet. Michels et al (1998) fant en positiv korrelasjon mellom søyas kroppsvekt og ovulasjonsrate hos noen raser, men ingen sammenheng hos de fleste rasene. Derimot var det en klarere sammenheng mellom søyas hold og ovulasjonsrate. Søyer i bedre hold hadde høyere ovulasjonsrate. En positiv sammenheng mellom hold og fruktbarhet er også påvist hos melkekyr av rasen Holstein (Pryce et al, 2001). Kyrne i forsøket kom fra to linjer, en seleksjonslinje som var selektert for høy produksjon og en uselektert kontrollinje. Etter første kalving ble kyrne tilfeldig plassert i en av to grupper, en gruppe fikk en høy-energi-diett og en fikk en lav-energi-diett. Blant de som gikk på en lav-energi-diett var det flere av de selekterte kyrne som ble tynne enn av kontrollkyrne. Kyr som ble tynnere enn gjennomsnittet viste dårligere fruktbarhet. Denne effekten var sterkest hos de selekterte dyrene.

I tillegg påvirkes antall befruktede egg av sædkvalitet hos væren og paringsmetode (Paulenz, 2004). Semin er forholdsvis nylig tatt i bruk på sau her i landet, og har gitt varierende resultater. Det setter større krav til produsenten når det gjelder brunstkontroll. Mange inseminører har fortsatt liten erfaring, og dette kan også være en medvirkende årsak til dårligere tilslag.

Fruktbarhet kan måles på ulike måter, men uansett kan det påvises ulik fruktbarhet mellom raser. Gjennomsnittlig kullstørrelse ved fødsel varierte mellom to kryssingslinjer på til sammen 154 søyer under forsøk i Virginia (Notter og McClaugherty, 1991). Her var det ingen forskjell mellom linjene når det gjaldt drektighetsprosent. Nawaz et al (1992) viste at søyas genotype hadde innvirkning på antall lam avendt totalt over fire år under et annet forsøk i USA, som sammenlignet søyer av seks forskjellige genotyper. Sammenligning av to forskjellige syntetiske linjer med ren Dorper viste at søyas genotype hadde en signifikant effekt på både antall lam født pr paring og pr kull (Schoeman et al, 1995). Michels et al (2000) har samlet inn tall på antall lam født pr kull fra mange ulike raser, og det så ikke ut til å være noen sammenheng mellom kullstørrelse og kroppsvekt mellom raser. Derimot varierte kullstørrelsen mellom raser uavhengig av deres kroppsvekt.

Fruktbarhet kan også påvirkes av ulike miljøfaktorer. Notter og McClaugherty (1991) viste at fruktbarhet av ulike sauekryssinger varierte med paringstidspunkt på året og alder på søya. Effekten av søyas alder og av paringstidspunktet varierte i tillegg mellom år.

Søyas hold og førnivå før under og etter paring er alle viktige også for prenatal overlevelse (Michels et al., 1998). Det ser ut som om det er et genotype-miljø-samspill, men det er vanskelig å gi noe klart svar på hvordan sammenhengen mellom lammenes prenatale overlevelsessevne og søyas vekt er.

Lammenes overlevelse etter fødsel styres av lammenes egne genetiske potensiale for å overleve, søyas morsevne og melkemengde, samt tilfeldige effekter som sykdommer, ulykker og predasjon som i liten grad skyldes egenskaper ved søya. Burfening (1992) konkluderer med at den genetiske komponenten i lammenes overlevelse er så liten, at en kan se helt bort fra den. Arvbarheten for den direkte effekten varierte fra 0.002 til 0.051 hos rasene Rambouillet, Targhee og Columbia, mens maternal arvbarhet varierte fra 0.052 til 0.112. Størstedelen av variasjonen i overlevelse antas å skyldes de tilfeldige miljøeffektene, mens søyas morsevne har større innvirkning enn lammenes egne genetiske potensiale. Under tøffere miljøbetingelser, i Andesfjellene, har det på Junin-sauer blitt estimert en positiv effekt av høyere søyevekt og høyere fødselsvekt hos lammene på lammenes overlevelse (Burfening og Carpio, 1992). Av 4700 lam i dette forsøket var det 3688 som overlevde fram til avvenning ved 120 dager. Økende overlevelse hos lam med høyere fødselsvekt er også funnet hos Romney-sau og kryssinger mellom Border Leicester og Romney i New Zealand (Hight og Jury, 1969). Dette forsøket



inkluderte 7727 fødte lam av 7091 søyer som var fra et og et halvt til fire år gamle. Overlevelsesprosenten var 82.2%. Hos lam med kullsøsken økte overlevelsen med økt fødselsvekt, mens hos lam som var eneste fødte lam i kullet var overlevelsen størst ved gjennomsnittlig fødselsvekt. Den gikk ned når fødselsvekta ble lavere eller høyere enn gjennomsnittet. Dødeligheten var høyere for tvillinglam enn for enslig fødte lam. Fødselsår hadde også signifikant betydning for overlevelsen, og forskjellen mellom årene var større for lam med kullsøsken enn for enslig fødte lam.

Boujenane og Kansari (2002) viste at lammenes overlevelsessevne kan variere mellom raser. De sammenlignet ulike kryssinger mellom rasene D'man, Lacaune og Timahdite i Marokko. Lam med Lacaune-far og mor som var kryssning mellom D'man og Timahdite hadde høyest overlevelse til 70 dager (88%), mens rene Lacaune-lam hadde lavest overlevelse (75%). Resultatene baserte seg på observasjoner fra til sammen 5463 lam. Dataene var samlet fra 1988/89 til 1998/99. D'man-søyer fikk også flest lam, og antall lam ble signifikant påvirket av farens rase.

## **2.9 Kullvekt ved avvenning**

Kullvekt ved avvenning bestemmes av antall lam om høsten \* gjennomsnittlig høstvekt på lammene i kullet. Okut et al (1999a) estimerte arvbarheter på kg avvendte lam hos fire ulike amerikanske raser, og de lå mellom 0.00 og 0.25. De ble lavere når søya ble eldre. Den genetiske korrelasjonen for kg avvendt lam mellom ulike aldersklasser varierte. Hos Columbia var den helt nede i 0.07 mellom søyealder ett år og søyealder 2-3 år. Til sammenligning var den over 0.80 mellom alle aldersklasser hos rasene Polypay og Rambouillet. De konkluderte med at en kunne få større respons på seleksjon for fruktbarhetsegenskaper dersom søyas alder ble inkludert som en del av egenskapen.

Bromley et al (2001) estimerte arvbarheter mellom 0.02 og 0.11 for kg avvendte lam hos de samme fire rasene. Observasjonene pr rase varierte fra 5140 til 7083. De mente at seleksjon for egenskapen burde gi resultater, til tross for lave arvegrader, siden den genetiske variansen er høy. Miljøet hadde stor innvirkning på kg avvendt lam mens farkomponenten var liten. Det ble påvist moderate positive korrelasjoner mellom kullvekt ved avvenning og kullstørrelse ved fødsel, kullstørrelse ved avvenning, fødselsvekt og tilvekst før avvenning. Rosati et al (2001) estimerte direkte arvbarhet for kullvekt ved avvenning til 0.17, maternal arvbarhet 0.10 og korrelasjonen mellom direkte og maternal til 0.51. Dette var basert på 7642 observasjoner samlet inn fra 1975 til 1983 fra fem ulike raser og to syntetiske linjer. De lave arvbarhetene gjør det vanskeligere å selektere for kullvekt ved avvenning enn for kullvekt ved fødsel, der det er estimert høyere arvbarheter.

Korrelasjon mellom kroppsvekt ved 14-17 mnd og kullvekt avvendt over tre sesonger var 0.15-0.32 (fenotypisk) og 0.06-0.41 (genotypisk) (Snyman et al, 1997). Dette er basert på resultater fra tre flokker sør-afrikansk merino på til sammen 4866 dyr.

Det er påvist en positiv men liten sammenheng mellom produksjon og kroppsvekt hos chios-sau (Mavrogenis og Papachristoforou, 2000). Dette er basert på forskning gjort på 737 søyer på Kypros. Fra 1978 til 1989 ble det samlet inn data fra 2087 laktasjoner. Seleksjon for melkeproduksjon ville her gi liten respons på kroppsvekt. Hos australsk kjøttfe er det målt arvbaheter på melkemengde på 0.08-0.12 (Meyer et al, 1994).

## 2.10 Produksjonseffektivitet

Nawaz et al (1992) sammenlignet effektiviteten hos ulike sauekryssinger. De målte kumulativ produksjon av lam og ull over fire år. Datasettet inneholdt observasjoner fra 973 lamminger. De fant at det var ikke den samme rasen som produserte de tyngste lammene som var mest effektiv. Rangeringen av de ulike rasene var derimot avhengig av hva slags kriterier de skulle rangeres etter. Søyer med suffolk-far produserte de tyngste lammene, veid ved avvenning. Søyer med polypay-far hadde flest avvendte lam og søyer med Coopworth-far produserte mest ull. Ved å korrigere lamme- og ullproduksjon for søyas størrelse (dividere med kroppsvekt<sup>0.75</sup>) ble søyene med Coopworth-far mer effektive enn de tyngre søyene med suffolk-far. Alt i alt produserte Coopworth-værene de mest effektive døtrene, mens suffolk-værene produserte de minst effektive døtrene. De konkluderte med at valg av genotype er avhengig av hvilke faktorer som styrer kostnader og inntekter i det systemet sauen skal brukes i.

På et forskningsssenter i Egypt ble det samlet inn data fra Barki-søyer i tiden fra 1963 til 1977, for å finne den mest optimale størrelsen på søya (Bedier et al, 1992). Søyevektene i dette forsøket varierte fra <30 kg til >50 kg, og det totale antallet observasjoner var 1194, fordelt på 524 søyer. Resultatene her viste at selv om det var søyene mellom 46 og 50 kg som avvendte flest g lam, var det søyene mellom 41 og 45 kg som var mest effektive, målt i (g avvendt lam)/(søyas vekt<sup>0.75</sup>).

Et mindre forsøk, gjort på Møre i 1938, viste en positiv effekt av økt søyevikt (Engdahl, 1939). Her ble tre flokker sammenlignet, hvor én hadde dalasau mens de to andre hadde sjeviot. Her ble ikke begrepet metabolsk vekt brukt, men avdrått i forhold til antall kg søye var høyest hos flokken med dala og minst i flokken med de minste sjeviotsauene. På denne tida var søyene mye mindre enn i dag. Middelvekta om høsten i den besetningen med de minste søyene var 44.3 kg, den med litt større sjeviot hadde en middelvekt på 60.5 kg, mens besetningen med dalasauer hadde en middelvekt på 74 kg. Da er bare sauer to år og eldre medregnet i sjeviotbesetningene, mens sauene fra tre år og eldre er medregnet i dalabesetningen. Søyene i disse besetningene var alle tyngre om høsten enn om våren.

McMillan et al (1992) viste at 15 års direkte seleksjon for 13-måneders levende vekt hos Angusfe i New Zealand hadde medført 17% tyngre åringer og 12% tyngre voksne individer, sammenlignet med uselekterte kontrolldyr. Data fra to flokker ble brukt til å måle kg kalv produsert i forhold til det vinterfåret som var brukt. Effektiviteten hos de selekterte dyrene var

99.8% av effektiviteten hos kontrolldyrene. Med en tilgjengelig mengde vinterfôr tilsvarende behovet til 100 kontrolldyr, kunne en fôre 88 selekterte kuer. Dette ville gi 65 avvendte kalver, mot 72 kalver av kontrollinje. De konkluderte med at den selekterte linja måtte ha forbedret fruktbarhet eller forbedre sin metabolske effektivitet for å bli mer produksjonseffektiv enn kontrollinja. Likevel kunne det være bedre totaløkonomi for bonden å bruke selekterte dyr, fordi andre kostnader kunne variere med antall dyr eller større slakt kunne være bedre betalt på slakteriet pr kg.

Schoeman et al (1995) utførte et eksperiment på 2 ulike syntetiske sauelinjer som ble sammenlignet med ren Dorper som morlinjer i kryssingsavl. Til sammen 30 dyr ble brukt i forsøket. Rasene som ble brukt til å lage de syntetiske linjene var Finnsheep, Dorper, Van Rooy, Namaqua-Afrikaner og Blackhead Persian. I forsøket ble det målt individuelt fôropptak pr sau, lammenes samlede fôropptak i hvert kull før avvenning, og individuelt fôropptak pr lam fra avvenning til slakt. De syntetiske linjene var signifikant lettere enn Dorper-søyene, og de var mer effektive, målt som (slaktevekt av lammene/det totale tørrstoffopptaket av søye og lam) og som (energiinnhold i slaktet/det totale tørrstoffopptaket til søye og lam). Andelen av tørrstoff i fôret som gikk til lammene var 21% hos Dorper og henholdsvis 32% og 33% hos de to syntetiske linjene.

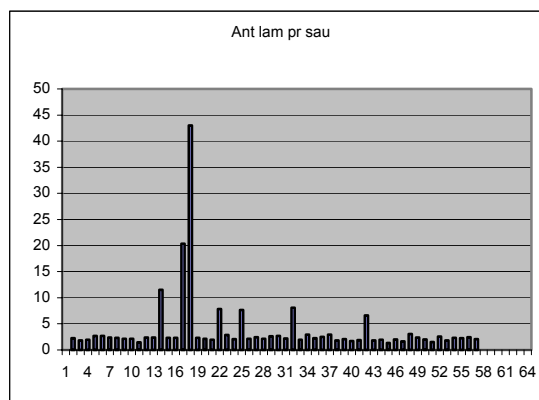
### 3. Materiale og metoder

#### 3.1 Innsamling av søyevekker

Etter forespørsel til sauebøndene over hele landet gjennom notis og artikkel i Sau og Geit, samt direkte kontakt med tillitsvalgte og purring før jul om å veie søyene sine, og melde det inn i sauekontrollen, kom det inn 3333 søyevekker høsten 2003 og januar 2004. Vektene kom fra 57 besetninger fordelt på 11 fylker. Informasjon om lammene 2003 ble hentet ut fra individtabellen i sauekontrollen. Her ble også lammenes rase hentet og brukt som rase på søya. Fra kulltabellen ble det hentet informasjon om søyene hadde blitt fratatt lam eller fått fosterlam i 2003.

Sauer som ikke hadde noen lam med registrert høstvekt i 2003, enten fordi de ikke fikk lam, fordi lammene ikke ble veid eller fordi vektene ikke ble registrert i sauekontrollen ble tatt ut av datamaterialet, slik at ingen sauer med 0 i produksjon ble med i analysene.

For å teste om størstedelen av besetningen var veid ble antall lam født 2003 dividert med antall søyer veid 2003. Resultatet av denne testen er framstilt grafisk i figur 1. Den viser at de fleste produsentene hadde omtrent 2-3 lam født pr søye veid. Syv produsenter skiller seg klart fra de andre ved at de har mange flere lam pr sau. Disse ble alle ekskludert før analysene.



Figur 1. Figuren viser antall lam født 2003/antall sauer veid 2003 for hver produsent.

Sauene som ble veid var kodet med ni ulike rasekoder. Fire av disse kodene var sauseraser som har inngått i norsk kvit sau. Disse ble kodet om til nks. Videre ble alle søyer som var født tidligere enn 1997 ekskludert og søyene ble delt inn i aldersklasser slik at søyer født 2002 tilhører klasse 1, de som er født 2001 tilhører klasse 2, fødselsår 2000 gir klasse 3 og fødselsår 1999, 1998 eller 1997 gir klasse 4. Søyer som var blitt fratatt lam i 2003 (kopplam eller fosterlam) og søyer som hadde fostret opp andres lam i 2003 ble også ekskludert. Søyer som mistet lam av andre årsaker ble tatt med i analysene. De fikk bare kreditt for de lammene som kom hjem og ble veid om høsten.

Kun sauer av rasene sjeviot, spæl og nks ble brukt i analysene. Det var i tillegg kommet inn vektorer på noen få pels- og gammelnorske sauer, men disse var alle fra én besetning, og de var for få til å kunne gi noe klart bilde av hvordan disse rasene kommer ut i forhold til de andre.

For alle søyene ble det beregnet gjennomsnittlig høstvekt på lammene hennes, gjennomsnittlig alder på lammene hennes ved høstveing, summen av høstvektene og antall lam om høsten. I tillegg ble det for de søyene som hadde produsert slaktelam beregnet gjennomsnittlig alder på lammene ved slakt og gjennomsnittlig slakteklasse på lammene.

Det ferdige datasettet som ble brukt til å undersøke søyevektas effekt på lammetall, lammenes høstvekt og søyas produksjonseffektivitet inneholdt 2115 observasjoner. Tabell 1 viser fordelingen av disse søyene i rase og alder. Søyevektene i materialet fordelte seg fra 40 til 125 kg. Observasjonene kom fra 47 besetninger fra 10 ulike fylker. 15 av disse hadde bare nks. 17 hadde bare spæl. 12 hadde spæl og nks. Videre var det to besetninger med sjeviot og en med sjeviot og spæl.

Datasettet som ble brukt til å undersøke søyevektas effekt på lammenes slakteklasse inneholdt 1722 observasjoner. Alle søyer i tabell 1 som hadde ett eller flere slaktede lam var inkludert. Dette ga et datasett med 75 sjeviot, 955 spæl og 692 nks.

**Tabell 1.** Antall søyer i hver aldersklasse innen hver rase i datasettet. Prosentandelen er hvor mange prosent de veide søyene utgjør av det totale antallet søyer av rasen i sauekontrollen. Antallet søyer av hver rase i sauekontrollen er hentet fra Eikje (2001a).

	sjeviot	spæl	nks
1 år	25	339	217
2 år	22	332	249
3 år	20	232	180
4 år og eldre	19	261	219
Sum	86	1164	865
% søyer veid	1.5	2.2	0.4

### 3.2 Statistiske analyser.

Proc mixed i SAS ble brukt til å analysere dataene. Dataene ble analysert etter modell 1-5.

#### Modell 1

Antall lam = Produsent + Søyealder + Rase + Søyevekt(rase) + rest

#### Modell 2

Gjennomsnittlig høstvekt = Produsent + Lammealder + Søyealder + Kjønn + Rase + Søyevekt(rase) + rest

#### Modell 3

Slakteklasse = Produsent + Slaktealder + Søyealder + Kjønn + Rase + Søyevekt(rase) + rest

#### Modell 4

Effektivitet = Produsent + Lammealder + Søyealder + Kjønn + Rase + Søyevekt(rase) + rest

#### Modell 5

Effektivitet = Produsent + Lammealder + Søyealder + Kjønn + Rase\*Produsent + Søyevekt\*Produsent(rase) + rest

Produsent og rest er tilfeldige effekter. Alle andre effekter er faste.

- Antall lam er antall lam med høstvekt under ei søye.
- Produsent representerer de 47 ulike produsentene i datasettet.
- Lammealder er den gjennomsnittlige alderen i dager på lammene ved høstveiing.
- Søyas alder er en klassevariabel med 4 nivåer.
- Kjønn vil si gjennomsnittlig kjønn hos søyas lam. Det er en regresjonsvariabel som går fra 1 til 2, der 1 er bare værlam og 2 er bare søyelam.
- Rase er en klassevariabel med tre nivåer (sjeviot, spæl og nks).
- Søyevekt er søyas vekt i kg.
- Gjennomsnittlig høstvekt er gjennomsnittlig høstvekt i kg for lammene under ei søye.
- Slakteklasse er gjennomsnittlig slakteklasse av de slaktede lammene under ei søye. Den er målt på sauekontrollens skala der 41=P-, 42=P, ...54=E.
- Slaktealder er gjennomsnittlig alder i dager på lammene ved slakting.
- Effektivitet er summen av lammenes høstvekt dividert på søyas metabolske vekt (søyas kroppsvekt<sup>0.73</sup>).
- Rest er den tilfeldige miljøvariasjonen som ikke blir korrigerert for ellers i modellen.

I en alternativ analyse med proc glm der produsent ble inkludert som en fast effekt, ble det ikke påvist store forskjeller i resultatene. Produsent ble inkludert som en tilfeldig effekt for best å kunne si noe om sauepopulasjonen i hele landet, ikke bare hos de produsentene som hadde veid sauer.

### 3.3 Presentasjon av resultatene

Grafene i figurene 2 – 8 er laget ved å legge sammen de estimerte effektene av de faste komponentene i modellene. Estimatene er funnet med solution under proc mixed i SAS. Det er forutsatt at søya er tre år, at lammene er 150 dager ved veiing og at kjønnsfordelingen mellom lammene er 50%. Tykke grafer angir at det er en signifikant effekt av vekt, mens tynne grafer angir at det ikke er noen signifikant effekt av vekt på responsvariabelen med signifikansnivå 5%. Dette gjelder ikke figurene 6 og 7, der alle linjene er tynne for å gjøre figurene lettere å lese. Grafene er tegnet i det vektområdet det fantes data i. Til grafen som beskriver slakteklasse er det forutsatt at lammene blir slaktet ved 150 dager, ellers samme forutsetninger som over. Type III-test ble brukt til å teste hvilke av de faste komponentene det var en signifikant effekt av i hver modell. I tillegg ble lsmeans pdiff i SAS brukt til å teste om det var noen signifikant forskjell mellom rasene. Denne sammenligner rasene ved gjennomsnittsvekta for alle sauene i materialet, og med like stor vekt på alle aldersklassene.

## 4. Resultater

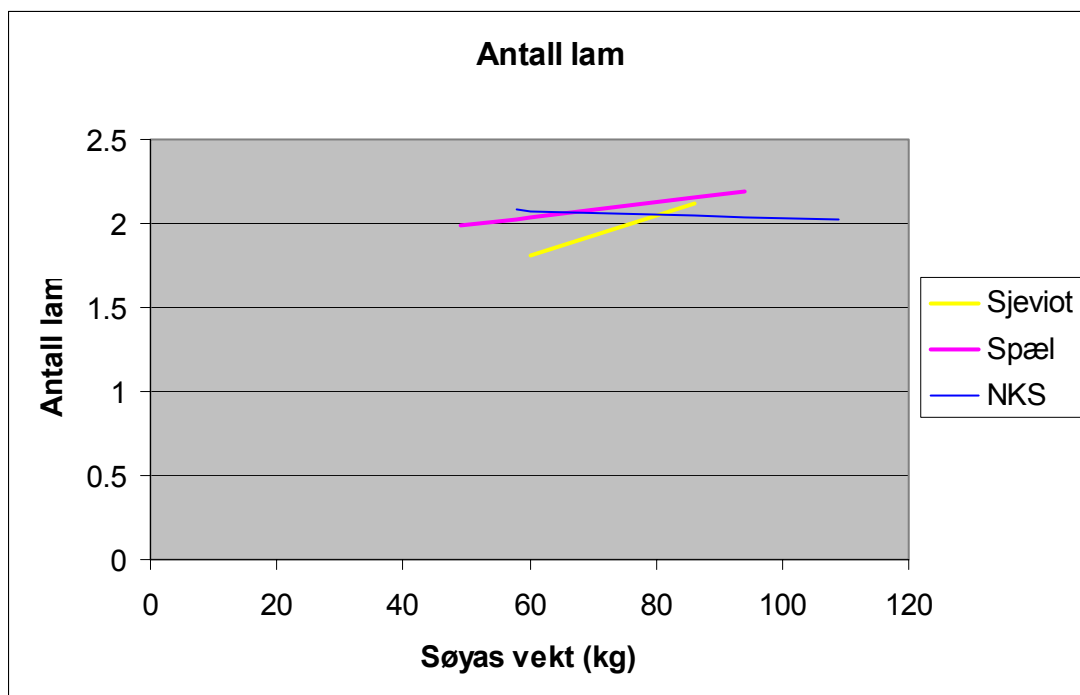
I tabell 2 er ukorrigerede gjennomsnittsverdier for de ulike variablene presentert for hver rase.

**Tabell 2** Gjennomsnittsverdier for de variablene som er undersøkt hos de tre rasene som er inkludert i datamaterialet. For variablene høstvekt og slakteklasse er det først regnet gjennomsnitt innen hvert kull, og deretter gjennomsnitt mellom kullene, slik at gjennomsnittet er med lik vekt pr søye. Slakteklasse er målt på sauekontrollens skala.

	sjeviot	spæl	norsk kvit sau
søyevekt (kg)	70.1	67.3	78.9
antall lam med høstvekt	1.80	1.93	1.93
lammenes alder ved høstveeing (dager)	145	138	138
høstvekt (kg)	40.9	37.6	40.7
lammenes alder ved slakt (dager)	182	169	168
slakteklasse	47.0	44.9	46.9
effektivitet (kg avvendt lam/kg MBW søye)	3.28	3.25	3.16

### 4.1 Antall lam.

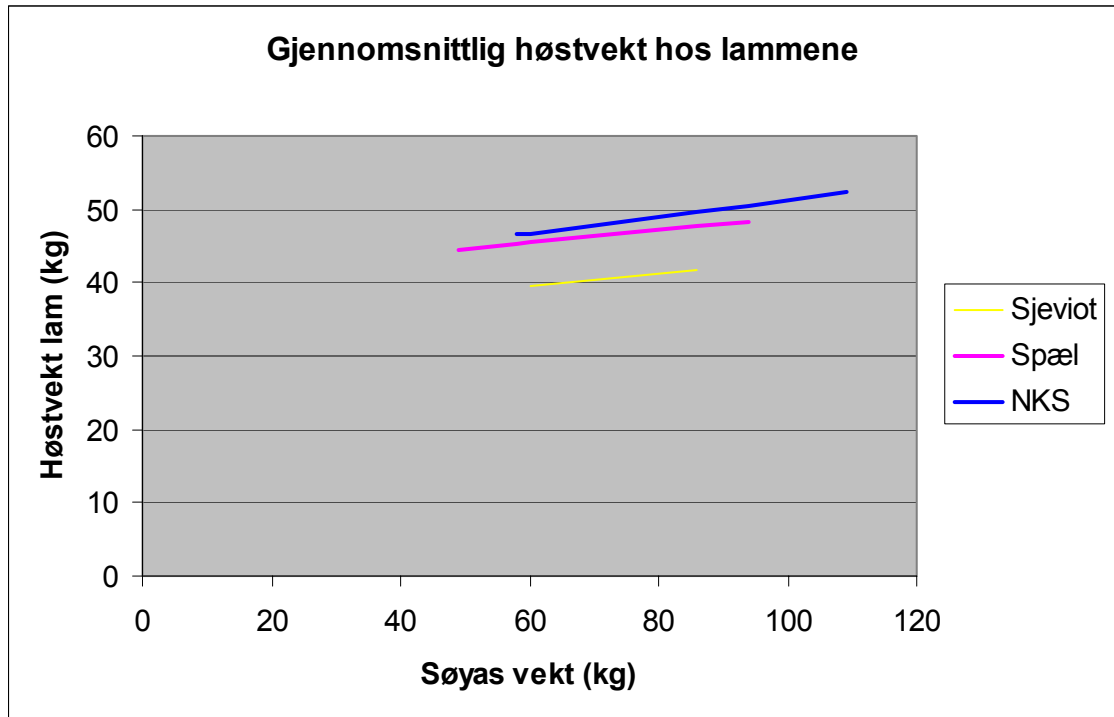
Proc mixed-analyse i SAS etter modell 1 ga grunnlag for grafen som er presentert i figur 2. Sjeviot og spæl har en signifikant effekt av søyas vekt på lammetallet. Lammetallet øker med 0.012 pr kg økning i kroppsvekt hos sjeviot og med 0.005 pr kg kroppsvekt hos spæl. Sammenhengen mellom vekt og antall høstlam er ikke signifikant hos nks. Det er i tillegg en signifikant effekt av søyas alder. Lammetallet øker med økende aldersklasse. Type III-test av de faste effektene viste at det var en signifikant samspillseffekt mellom vekt og rase. Ved sammenligning av rasene med lsmeans ved middelvekt av alle rasene og like stor vekt på alle aldersklassene, ble det ikke signifikant forskjell på noen av rasene. Ved sammenligning av rasene ved hver sin middel vekt og like stor vekt på alle aldersklassene, blir det heller ingen signifikant forskjell mellom rasene.



Figur 2. Grafisk framstilling av resultatene fra analyse etter modell 1.

## 4.2 Gjennomsnittlig høstvekt

Som figur 3 viser er det en positiv lineær sammenheng mellom kroppsvekt hos søya og gjennomsnittlig høstvekt på hennes lam hos både spæl og nks. Regresjonskoeffisientene er 0.09 for sjeviot, 0.08 for spæl og 0.11 for nks, men sammenhengen er ikke signifikant hos sjeviot. Her er det også en signifikant samspillseffekt mellom rase og vekt ved type III-test, og det er en signifikant effekt av alder på sauene, alder på lammene ved veiing og lammenes kjønn. Lam etter åringer er signifikant lettere enn de etter søyer som er fire og eldre. Lammene blir også tyngre hvis de er eldre når de blir veid, og værlam er tyngre enn søyelam.

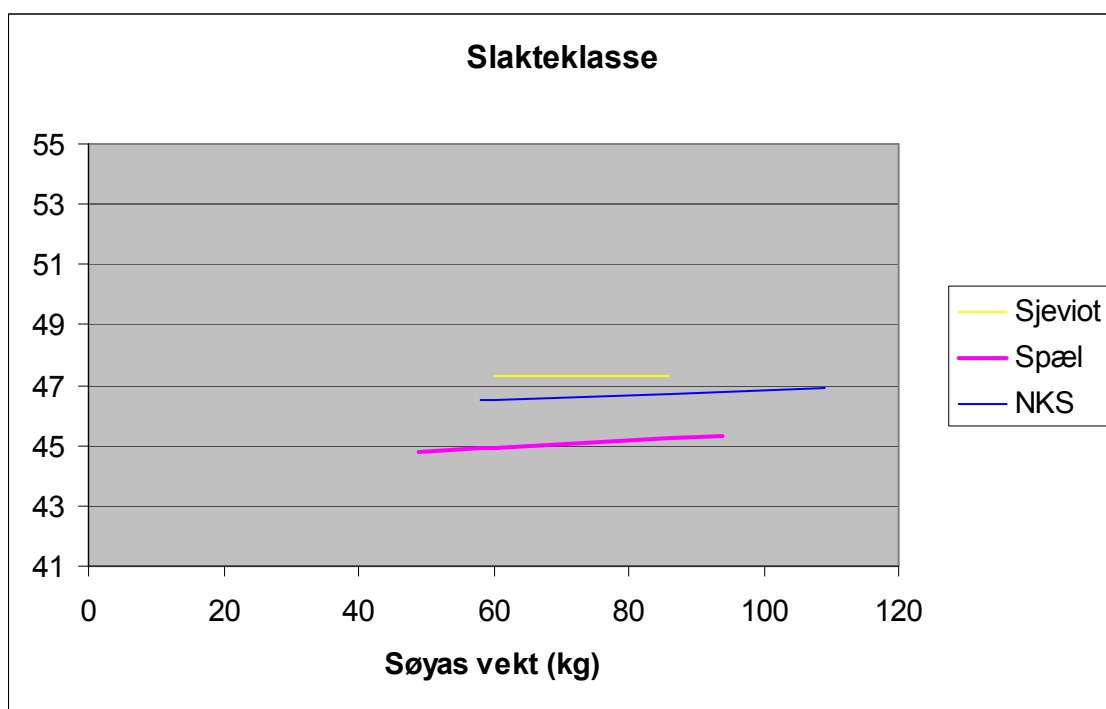


Figur 3. Grafisk framstilling av sammenheng mellom søyas vekt og gjennomsnittlig høstvekt på hennes lam. Spæl og nks har signifikant effekt av vekt på lammenes høstvekt.



### 4.3 Slakteklasse

Det er ikke påvist signifikant effekt av verken lammenes alder ved slakting, søyas alder, eller lammenes kjønn på lammenes slakteklasse. Det var heller ingen signifikant samspillseffekt mellom vekt og rase. Det er en effekt av rase ved sammenligning ved 72.1 kg og lik vekt på alle aldersklassene. Alle de tre rasene i modellen var signifikant forskjellige. Det er også en signifikant effekt av søyevekt hos spæl, men ikke hos de andre rasene. Regresjonskoeffisienten for spæl var 0.011. Som figur 4 viser er det sjeviot som kommer best ut, med en forventet gjennomsnittlig slakteklasse for lammene etter en tre år gammel sau på mellom R- og R, uavhengig av søyas vekt. Spælsauen gjør det dårligst. Forventet gjennomsnittlig slakteklasse på lammene etter ei søye på tre år ligger her rundt O, men er noe høyere når søya er tyngre.

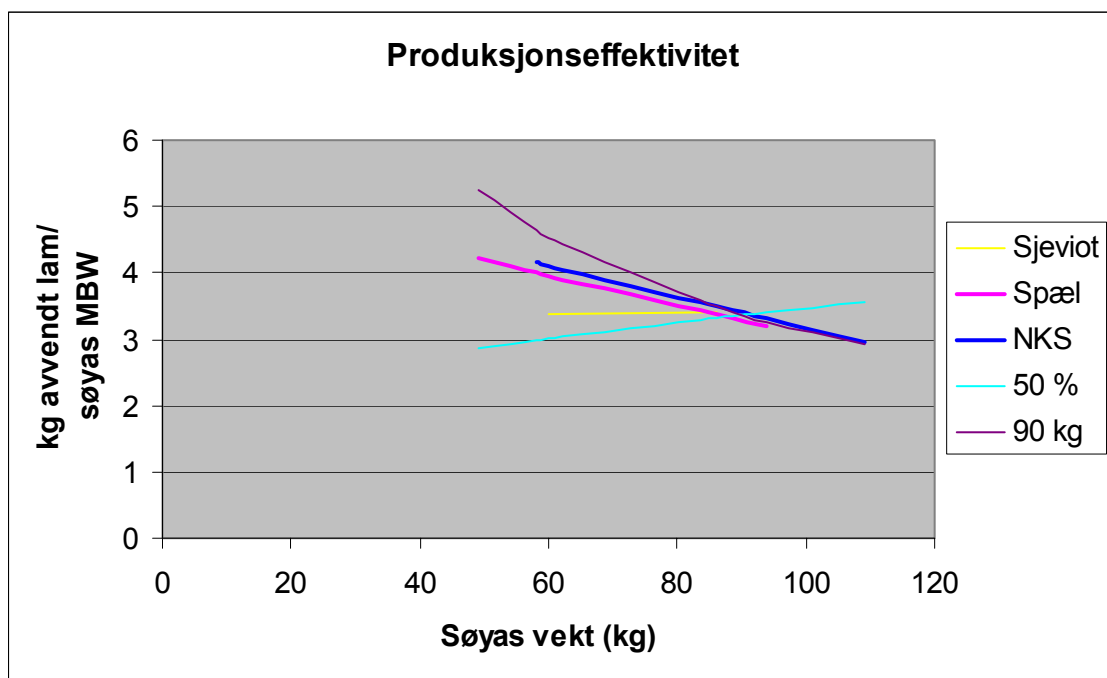


Figur 4. Slakteklasse som en funksjon av søyas vekt. Slakteklasse er angitt på sauekontrollens skala som går fra 41(=P-) til 55 (=E+). 43 tilsvarer P+, 45 tilsvarer O og 47 tilsvarer R-.

### 4.4 Effektivitet

Figur 5 viser at det er en signifikant effekt av kroppsvekt på produksjonseffektivitet, målt som kg avvendt lam/kg metabolsk vekt av søya, hos rasene spæl og nks. Regresjonskoeffisientene var -0.023 hos spæl og -0.024 hos nks. Også her var det en signifikant samspillseffekt mellom vekt og rase, testet med type III-test av faste effekter. Det er ingen signifikant forskjell mellom rasene spæl og nks når det gjelder effektivitet ved testing med lsmeans, altså justert til samme vekt. Effektiviteten, slik den er målt her blir signifikant høyere hvis lammene er eldre ved veiing. Den blir også signifikant høyere jo eldre sauen blir og jo større andel værlam søya har fått. Linja 50% som er lagt inn i figuren viser hvordan effektiviteten ville blitt påvirket av søyas vekt dersom hver søye produserte to lam som hver veide 50% av hennes vekt om høsten. Dersom kroppsvekt i voksen alder og ved fem måneders alder var samme egenskap, med en arvegrad på en, og søya bidro til alle genene til sine avkom på egenhånd, ville sammenhengen mellom

søyas vekt og effektivitet sett slik ut. Linja 90 kg representerer det andre ytterpunktet. Denne viser en situasjon der alle søyene produserer 90 kg høstlam uavhengig av egen vekt. Grafene ville hatt denne formen dersom det ikke var noen sammenheng mellom kullvekt om høsten og søyas vekt.



Figur 5. Produksjonseffektivitet til søyer av ulik vekt og rase. Linja 50% representerer en tenkt situasjon der hver sau produserer to lam med 50% av søyas vekt. Linja 90 kg representerer en tenkt situasjon der hver sau produserer 90 kg avventt lam uavhengig av egen vekt.

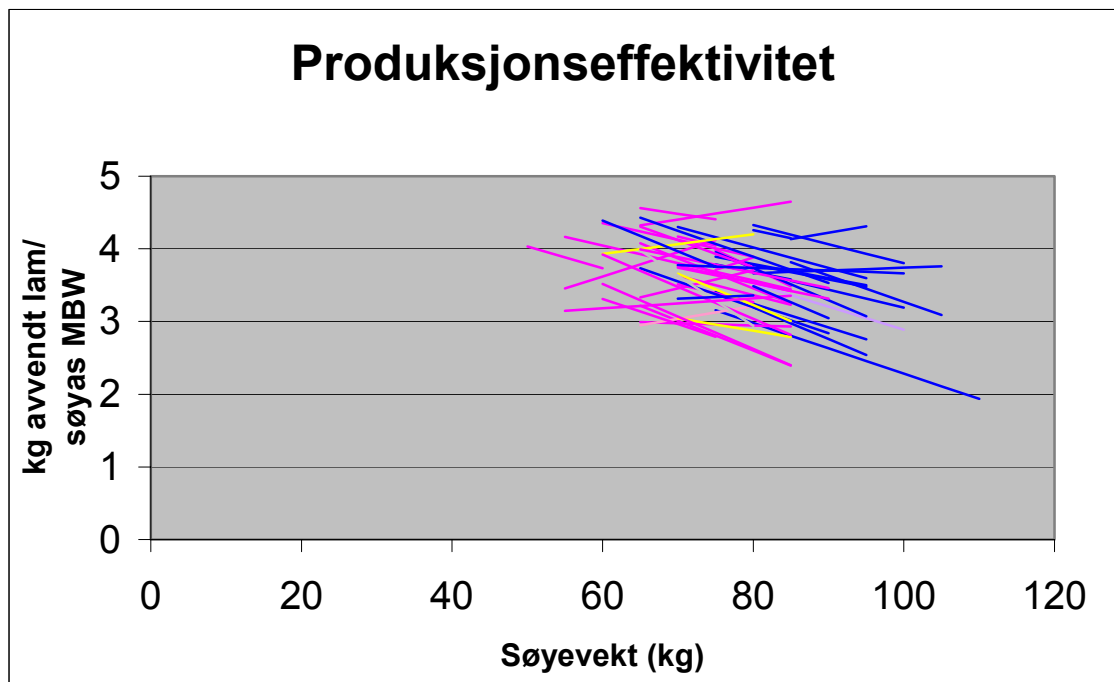
Tabell 3 viser hvordan den forventede effektiviteten varierer mellom raser og aldersklasser når det er tatt hensyn til at sauene har ulik vekt. Den viser at spælen har høyest effektivitet innen alle aldersklasser når en tar gjennomsnittlig vekt med i betraktning. Den viser også at effektiviteten øker med økende aldersklasse.

**Tabell 3.** Estimert effektivitet til dyr med typiske vekter. Vektene er gjennomsnittsvakta for alle sauene i den aldersgruppa fra den rasen i datasettet. Effektiviteten er estimert effektivitet til en sau av den rasen, den vekta og den aldersklassen.

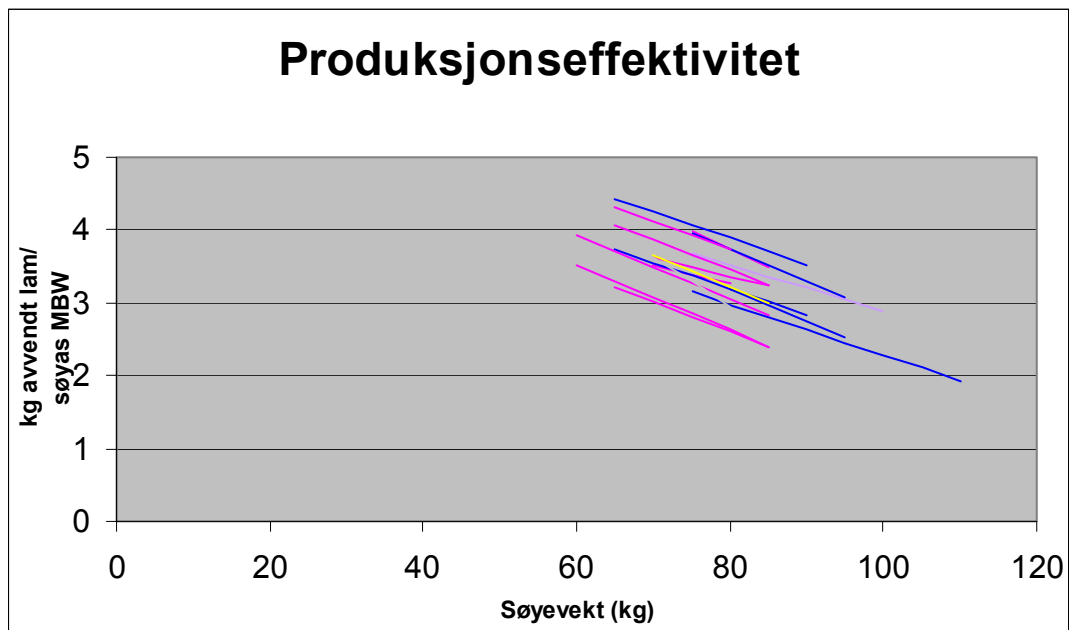
alder	sjeviot		spæl		nks	
	vekt	effektivitet	vekt	effektivitet	vekt	effektivitet
1	61	2.25	60	2.84	68	2.80
2	69	3.15	67	3.57	79	3.43
3	74	3.39	70	3.74	84	3.55
4+	79	3.51	72	3.81	87	3.59

#### 4.5 Samspill mellom vekt og produsent.

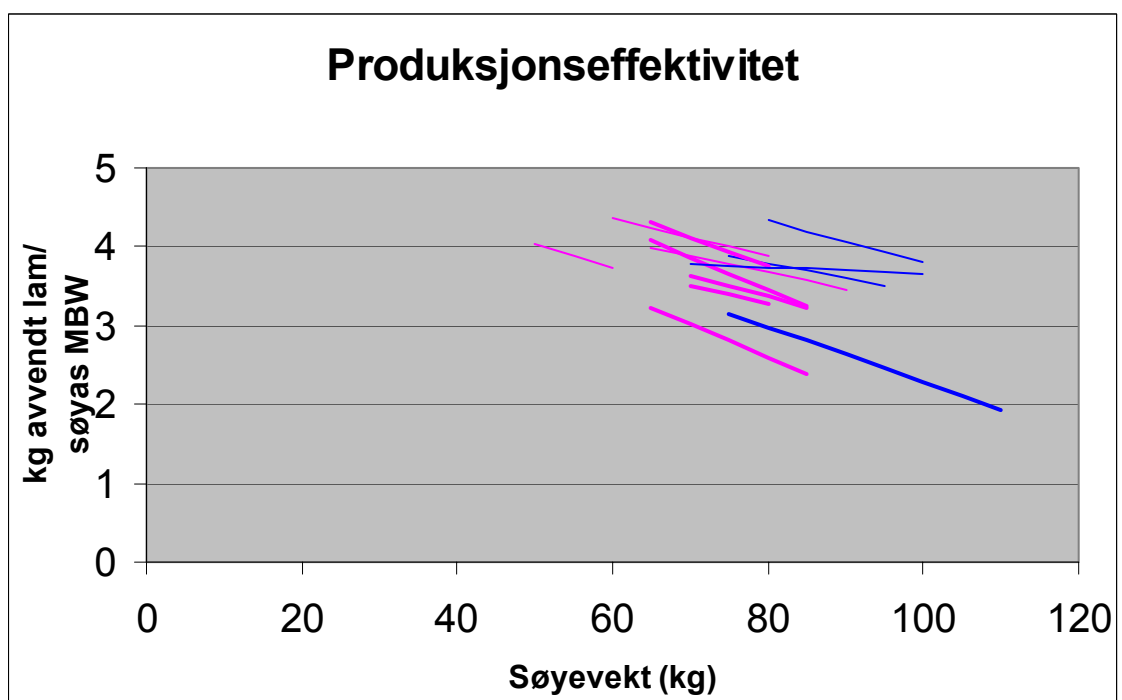
Analyse etter modell 5 viste at effekten av vekt var ulik hos ulike besetninger. Figur 6 illustrerer hvordan sammenhengen mellom vekt og effektivitet varierer sterkt mellom besetninger, men for de fleste av disse var effekten av vekt ikke signifikant. I figur 7 er resultatene presentert bare for de besetningene der effekten av vekt var signifikant. Denne viser at det ikke var noen besetninger med en signifikant positiv effekt av søyas vekt på effektiviteten. Figur 8 viser resultatene for de største besetningene. Her kommer det fram at effekten av vekt på effektiviteten ikke er signifikant hos alle de store besetningene heller.



Figur 6. Sammenhengen mellom søyevekt og effektivitet hos alle produsentene i datamaterialet, analysert med modell 5. De rosa linjene beskriver spælbesetninger, de blå beskriver nks-besetninger og de gule beskriver sjeviot-besetninger. Besetninger som har to raser er beskrevet med to linjer. Alle linjene er tynne, uavhengig av om effekten av vekt er signifikant eller ikke.



Figur 7. Dette er resultatene fra figur 6 for de besetningene der effekten av vekt på effektiviteten er signifikant på 5%-nivå. Hver linje beskriver en signifikant sammenheng mellom søyas vekt og produksjonseffektivitet i en besetning. Her er også linjene tynne, selv om de beskriver signifikante sammenhenger.



Figur 8. Etter samme analyse som i figur 6, men her er kun resultatene fra de besetningene som har mer enn 50 dyr av den aktuelle rasen presentert. De tykke linjene angir at det er en signifikant effekt av vekt på effektiviteten innen denne besetningen og rasen.

## 5. Diskusjon

### 5.1 Datasettet

Oppfordringen til bøndene om å veie sauene sine gikk ut til alle produsentene gjennom deres medlemsblad "Sau og Geit". Vektene som ble innmeldt kom fra hele landet og fra besetninger av varierende størrelse. Spennvidden var stor både når det gjaldt søyenes vekt og besetningsstørrelse. Det ser altså ikke ut som om oppfordringen appellerte mest til store eller små besetninger eller til produsenter med spesielt store eller spesielt små sauer. Alt i alt ble omtrent 1% av søyene i sauekontrollen veid. Det ble veid flere spælsauer enn nks. Dette er interessant siden det er registrert omtrent fire ganger så mange nks-sauer som spælsauer i sauekontrollen (Eikje, 2001a). Det kan se ut som om problemstillingen har fengst produsenter som driver med spæl mer enn produsenter som driver med nks. Tabell 1 viser at prosentandelen av sauene i sauekontrollen som er veid av de ulike rasene er ganske forskjellig. Det er veid en svært liten andel av nks-sauene, en litt større andel av sjeviot-sauene er veid og en forholdsvis stor andel av spælsauene. At så mange spælsauer har blitt veid i forhold til nks skaper ikke problemer med resultatene så lenge de dyrene som er veid er representative innen sin rase. Hovedårsaken til at de besetningene ble ekskludert som bare hadde veid en del av besetningen var at de veide individene fra disse besetningene ikke nødvendigvis er representative for hele flokken.

Tabell 2 viser at sjeviotlammene i undersøkelsen ble både veid og slaktet senere enn de andre rasene. Dette gjør at sjeviot kommer bedre ut av sammenligningen her enn når det senere er korrigert for lammenes alder ved veiing og ved slaktning. Siden sjeviotsauene i undersøkelsen kommer fra bare tre besetninger, og bare en av disse har annen rase ved siden av, er det vanskelig å si om sjevioten krever lenger beitesesong og senere slaktning, eller om de besetningene som har sjeviot har en lang beitesesong og slakter senere.

I tillegg til oppfordringen i "Sau og Geit" var det enkeltpersoner som stod på ekstra for å få bøndene til sitt distrikt til å veie. Det er påfallende at det er meldt inn vekter fra svært mange produsenter i Hedmark og Hordaland, mens fra større sauefylker som Rogaland og Sogn og Fjordane er det meldt inn vekter fra henholdsvis to og ingen produsenter. Det at bøndene interesserer seg for denne problemstillingen og er villige til å ta del i en slik dugnad for forskningens skyld kan også indikere at det er bønder som holder seg oppdatert og arbeider aktivt med å stadig forbedre saueholdet sitt. Det er således nærliggende å anta at flesteparten av sauene som er inkludert i analysen kommer fra bruk med et godt produksjonsmiljø hos engasjerte produsenter. Det at en stor andel av disse driver med spælsau kan skyldes at spælsauen har hatt vanskeligheter etter at EUROP-klassifiseringen ble innført. Denne undersøkelsen bare bekrefter at spælsauen scorer lavt i dette systemet, og det gjør det vanskelig for spæl-produsenter å få et akseptabelt overskudd fra saueholdet sitt. Det at mange bønder likevel velger å drive med spæl skyldes ganske sikkert en tro på at spælsauen har kvaliteter der nks kommer til kort. Produksjonseffektivitet er en egenskap som til tross for sin

relevans har fått lite oppmerksomhet i saueavlen. Mange spælbønder har nok, tydeligvis med rette, antatt at dette er et mål der spælsauen kan komme bra ut.

For å kunne foreta en god sammenligning av de ulike rasene skulle ideelt sett alle rasene vært representert i alle besetningene. Omtrent en tredjedel av produsentene som meldte inn søyevekter hadde mer enn én rase, men flere av disse hadde svært få av den ene rasen. I tillegg til at den skjeve fordelingen av antall observasjoner mellom raser innen en besetning gjør det vanskelig å estimere forskjellen mellom rasene, øker også faren for kryssingsavl og feilkoding når det er få dyr av en rase i en besetning. I sauekontrollen får lammene automatisk morens rasekode, uavhengig av fars rase. Dersom bøndene ikke aktivt går inn og koder om lammene til ny rasekode, blir de stående med gammel rasekode selv om det i gjentatte generasjoner er brukt vær av en annen rase. Fortsatt foregår størstedelen av parringen i saueholdet på naturlig vis, og det er lite trolig at en produsent sitter med en egen spælvær fordi den har tre spælsauer. Produsent og rase blir i stor grad konfunderte variabler i forsøket. Det er problematisk å skille mellom effekten av produsent og av rase. I tillegg kan en del søyer være feilkodet.

Det er trolig at de produsentene som har veid søyene sine er et utvalg blant de mest engasjerte og oppdaterte produsentene. Effektivitetsnivået kan dermed ligge litt over landsgjennomsnittet. Samtidig er disse produsentene spredd over stort sett hele landet, og har varierende besetningsstørrelse, slik at de veide søyene kommer fra ganske ulike produksjonsmiljøer innenfor det som er vanlig i Norge. Det er ingen grunn til å tro at søyene ikke er representative for sauene innen sin rase.

Oppfordringen til bøndene gikk ut på å helst veie søyene sine sammen med lammene ved avvenning, både av praktiske årsaker og av hensyn til forsøksoppsettet. På grunn av litt dårlig oppslutning i starten ble enkeltbønder oppfordret til å veie senere på høsten, da det var viktigere å få inn flere vekter enn at alle søyene skulle veies på samme tid. Det lange spennet i veietidspunkt gjør at variasjonen mellom besetninger kan blir større. Det er og en mulighet for at en del av sauene i datamaterialet er veid på et tidspunkt der den genetiske vekta kommer dårligere til uttrykk enn den ville gjort ved innsett om høsten. Variasjonen mellom besetninger blir tatt hensyn til ved å inkludere produsent som en variabel i modellen, men det blir ikke korrigert for at de søyene som er veid sist har ulikt antall nye foster.

Ved å ekskludere de eldste sauene, som har vært utsatt for sterk seleksjon, blir materialet silt for en del utypiske individer. De sauene som hadde blitt fratatt lam eller som hadde fått andres lam til oppfostring ble ekskludert ganske enkelt fordi det var problematisk å finne et godt mål på deres effektivitet. Det er ofte en nær sammenheng mellom søyas evne til å fostre opp egne lam og hennes evne til å fostre opp fosterlam, men det finnes unntak (Snowder og Knight, 1995). Targhee-sauen er et eksempel på en sauserase som gir dårligere resultater når de fosterer andres lam enn en kunne forvente ut fra hva slags resultater de får ved å fostre sine egne lam.

Uansett vil fosterlam gjerne være lettere enn lam som har gått med egen mor om høsten, slik at dette måtte en ha korrigert for. Den eneste situasjonen der det ville vært interessant å måle effektivitet på sauer som har født flere lam enn hun fosterer selv er hvis en ønsker overskuddslam som kan føres intensivt hjemme mens de andre går på utmarksbeite. Disse kan slaktes tidlig i sesongen mens prisen på lammekjøtt er høy, og for produsenter som har rikelig med innmarksbeite og kapasitet til å føre opp en del dyr hjemme, kan lammetallet spille en større rolle. Den vanligste produksjonsformen for sau i Norge er at lammene går med søya hele beitesesongen, og da er det naturlig å foreta analysene med de sauene som har gått i et slikt system.

Det vanligste systemet for lammeproduksjon i Norge er utmarksbeite om sommeren, inneføring om vinteren og innmarksbeiting vår og høst. Enkelte bruk lar sauene beite innmark hele sommeren. Mesteparten av produksjonen på gammelnorsk sau foregår med utmarksbeiting hele året og minimalt med tilleggsføring. Siden de gammelnorske sauene som ble veid er utelatt før analysene er foretatt, er det sannsynlig at alle sauene i utvalget har gått på inneføring om vinteren, lammet om våren og vært på beite om sommeren. Noen få kan ha vært på innmarksbeite hele beitesesongen, mens flesteparten sannsynligvis har vært på utmarksbeite.

## **5.2 Diskusjon av resultatene**

Tabell 2 viser at norsk kvit sau er i gjennomsnitt over ti kg tyngre enn spælsauen og nesten ni kg tyngre enn sjeviot. Den er samtidig den minst produksjonseffektive på grunn av de høye kravene til vedlikehold som følger den høye kroppsvekt. Tallene i tabell 2 er derimot ikke korrigert for verken effekt av produsent, alder på sauen eller alder på lammene. Tabellen viser også at sjeviotlammene i datasettet er både veid og slaktet senere enn spæl og nks. Derfor er det vanskelig å trekke noen konklusjoner ut av denne sammenligningen.

### **5.2.1 Lammetall**

Figur 2 viser at sjeviot og spæl har en signifikant økning i lammetallet når søyas vekt øker, mens nks ikke har det. Norsk Sau- og Geitavlslag har i sitt avlsmål en målsetning om gjennomsnittlig lammetall på 2 lam pr voksen sau (Eikje, 2001b). Da ser vi at nks har et ønsket nivå på lammetallet. De største spælsauene får litt for mange lam, mens de minste sjeviot-sauene får litt for få. Sammenligningen av rasene ved 72.1 kg viser at det ved lik vekt er liten forskjell i lammetallet mellom de tre rasene. Alle rasene ligger nært opptil det lammetallet som er satt i avlsmålet. Siden sammenhengen mellom kroppsvekt og lammetall er positiv, ser det ikke ut som om søyene er veid for tidlig. Tidlig veiing kunne gi en negativ sammenheng, fordi de søyene som hadde hatt mange lam ikke hadde hatt tid nok til å komme seg opp igjen i hold etter å ha gitt mye melk. For sen veiing kan imidlertid gi en falsk positiv sammenheng, siden de som hadde mange lam ett år, kan være drektig med mange lam igjen året etter. Vi kan ikke se bort fra at en del av sammenhengen skyldes dette. Mer sannsynlig er det kanskje at det hos disse rasene er en positiv sammenheng mellom kroppsvekt og ovulasjonsrate eller at uteruskapasiteten er den begrensende faktoren på lammetallet, slik at en økning i kroppsstørrelse, som vil gi en økning i uterusstørrelse, påvirker lammetallet positivt.

### 5.2.2 Lammenes gjennomsnittlige høstvekt

Figur 3 viser videre at lammenes gjennomsnittlige høstvekt øker med rundt 0.1 kg når søyas vekt øker med 1 kg hos rasene spæl og nks. Sjevioten viser omtrent den samme sammenhengen, men her er den ikke signifikant, noe som kan skyldes at det var få sjeviot med i undersøkelsen. Det at det var et signifikant samspill mellom rase og vekt i modellen kan tyde på ulik arvbarhet eller ulik korrelasjon mellom høstvekt og vekt som voksen mellom rasene.

Hvis en forutsetter en arvegrad på individuell høstvekt på 0.2, og samtidig tenker seg at høstvekt og kroppsvekt senere i livet er samme egenskap, skal hvert lam øke ca 100 gram i høstvekt når søya øker med 1 kg, siden søya har bidratt med halvparten av genene til lammene sine. Da er det forutsatt at det ikke er noen sammenheng mellom søyas kroppsvekt og kroppsvekt på den væren som blir brukt. Det er også sett bort fra en evt. sammenheng mellom søyas kroppsvekt og hennes maternale evner. Dette stemmer greit med resultatene som er presentert i figur 3, og som viser en sammenheng mellom søyas vekt og den gjennomsnittlige vekta av hennes lam på ca 0.1.

Høstvekt og vekt senere i livet kan også betraktes som ulike egenskaper. Bathaei og Leroy (1998) fant en genetisk korrelasjon mellom vekt ved 6 måneder og vekt ved 30 måneder hos mehraban-sheep på 0.48, og en fenotypisk korrelasjon på 0.39. Dersom en forutsetter lignende sammenhenger hos de norske sauene, skulle responsen i gjennomsnittlig høstvekt på økning i søyevakta blitt lavere.

Årsaken til at responsen likevel ligger rundt 0.1 kan være en positiv korrelasjon mellom maternal effekt og kroppsvekt hos sau, slik det ble funnet hos Näsholm og Danell (1996). Dette forventes likevel ikke å ha veldig stor effekt, siden maternal arvbarhet på høstvekt er liten. Det kan også helt eller delvis skyldes at sau og lam har gått på de samme beitene, og at det dermed er en positiv sammenheng mellom de miljøeffektene som har påvirket søyas vekt og de som har påvirket lammenes vekt. Siden det er en sammenheng mellom kvaliteten på vårbeitet og lammenes høstvekt, og sau og lam har gått på det samme vårbeitet, vil de søyene som har hatt best miljø på vårbeitet også ha de største lammene. Dersom kvaliteten på vårbeitet også har en positiv innvirkning på søyas vekt om høsten, vil dette gi en sterkere positiv sammenheng mellom søyas vekt og lammenes gjennomsnittlige høstvekt.

### 5.2.3 Slakteklasse

Figur 4 viser at lammenes slakteklasse ikke blir påvirket av søyas vekt hos sjeviot og nks. Hos spæl var det en positiv sammenheng mellom gjennomsnittlig slakteklasse hos lammene og søyas vekt. Det ble påvist en signifikant forskjell på rasene når det gjelder slakteklasse ved sammenligning ved 72.1 kg. Sjevioten kommer her best ut med estimert slakteklasse mellom R- og R. Nks kommer noe dårligere ut med en estimert slakteklasse på mellom O+ og R-. Spælen kommer dårligst ut med en estimert slakteklasse rundt O. Dette bekrefter at spælsauen kommer dårlig ut i EUROP-systemet. Klassifiseringen avgjør kiloprisen på lammekjøttet og har dermed innvirkning på bondens inntekt fra slaktet. Den viser også at de største spælsøyene får litt bedre



klassifisering på lammene sine. Dette kan oppveie en del av nedgangen i effektivitet når søya blir større, slik at de negative økonomiske konsekvensene av å ha større sauer ikke blir like store som en ren betraktning av produksjonseffektiviteten skulle tilsi.

Det er et tema for diskusjon om EUROP-systemet er et riktig kriterium for prissetting av lammekjøtt. Pr i dag er det vanskeligere å drive lønnsom produksjon på spælsau fordi prisen pr kg kjøtt blir lav når en leverer lam i lave klasser. Det kan være god økonomi for bonden å skifte ut spælsauen med en mer kjøttfull rase pga dette. Dette vil være å tilpasse sauen etter et system som er dårlig tilpasset norske miljøforhold. Det er importert fra Europa, og det er også felles for alle de husdyrene vi får kjøtt fra. Sett i et langsiktig perspektiv vil det trolig alltid være etterspørsel etter kjøtt, men det er ikke sikkert at EUROP-systemet vil være avgjørende for prisen også i fremtiden. Selv om forbrukeren stadig er mer opptatt av kjøttkvaliteten ved valg av matvarer, er det ikke dermed sagt at den er nevneverdig opptatt av slaktekvaliteten (målt i EUROP-klasse). Det er ingenting som tyder på at det er noen positiv sammenheng mellom disse. Når en skal legge langsiktige strategier for sauen i Norge, er det viktig at det blir avlet fram en sau som ikke bare dekker dagens behov for inntekter til bonden, men også framtidens behov for effektiv lammekjøtt-produksjon.

#### **5.2.4 Produksjonseffektivitet**

Figur 5 viser hvordan søyas rase og vekt påvirker deres produksjonseffektivitet. Her tas det ikke hensyn til slakteklasse, så dette er et mål på hvor mye lammekjøtt vi får igjen for den mengden fôr vi må bidra med, forutsatt at fôrbehovet er proporsjonalt med søyas metabolske vekt, og ikke varierer mellom raser. Figuren viser at siden produksjonen øker langt fra proporsjonalt med kroppsvekta får spæl og nks lavere effektivitet når kroppsvekta øker. Når det gjelder sjeviot påvirkes ikke effektiviteten av kroppsvekta. Siden lammetallet går opp når sauen blir større, er sjevioten like effektiv når kroppsvekta øker, selv om ikke lammenes vekt øker proporsjonalt med sauens metabolske vekt. Sjevioten er mindre effektiv enn de andre to rasene ved samme vekt, mens det er ingen signifikant forskjell på spæl og nks ved samme vekt. I tabell 2, som beskriver rå middeltall, er det sjevioten som får høyest effektivitet. Dette skyldes antagelig at den er eldre ved veiing enn de andre. Siden det bare var tre produsenter med sjeviot som bidro til dette datasettet, skyldes dette sannsynligvis at disse produsentene veier litt senere enn landsgjennomsnittet, og det trenger ikke si noe om sjeviot som rase.

Siden det er en samspillseffekt av søyevikt og rase på effektiviteten, kan det tyde på at de ulike sauerasene har ulik optimumsvekt. Dersom målet er å få mest mulig produksjonseffektive sauer, målt som  $(\text{kg avvendt lam})/(\text{metabolsk søyevikt})$ , tyder dette på at sjeviotsauen i materialet ligger rundt sin optimale størrelse, mens spæl og nks er tyngre enn sin optimumsvekt i det norske produksjonsmiljøet.

I tabell 3 er det også tatt høyde for at sauer av de ulike rasene har ulik gjennomsnittsvikt. Da kommer spælsauen best ut i alle aldersklassene fordi den er mer effektiv enn sjevioten ved samme vekt og lettere enn nks, og dermed mer effektiv, innen hver aldersklasse. Forskjellen på

spæl og nks øker etter hvert som sauene blir eldre, mens sjevioten nærmer seg de andre etter hvert som alderen øker. En glm-analyse der vekt(alder) ble brukt i stedet for vekt(rase) viste at det er en negativ sammenheng mellom vekt og effektivitet i alle aldersklassene. Her var produsent inkludert som en fast effekt. Det at effektiviteten øker med økende alder viser at det kan være god økonomi å holde på søyene lenger for å utnytte det at de eldste søyene produserer mest. Dette gjelder først og fremst bruksbesetninger, da en i avlsbesetninger også må ta hensyn til at for den genetiske framgangen er det positiv med kort generasjonsintervall. I tillegg tar modellen ikke hensyn til at de yngste søyene har et høyere fôrbehov fordi de også har behov for energi til egen vekst. Forskjellen i effektivitet mellom de unge og de gamle søyene skulle derfor vært enda større enn det som kommer fram i tabell 3.

Egenskapen produksjonseffektivitet er sammensatt av egenskapene kullvekt ved avvenning og metabolsk kroppsvekt. Begge disse er delvis miljøbestemt og delvis genetisk bestemt. Det er også en sammenheng mellom de to størrelsene, siden kroppsvekt på et stadium i livet er korrelert med kroppsvekt på et annet stadium.

Siden egenskapen kullvekt ved avvenning er en lite arvbar egenskap, er det naturlig at regresjonslinjene skal ha tilnærmet samme form som linja "90 kg", som representerer en situasjon der kullvekta ikke har noen som helst sammenheng med søyas vekt. Det faktum at det er en genetisk komponent i egenskapen, gjør at regresjonslinjene beveger seg bort fra formen til "90kg"-linja og mot formen til "50%"-linja. Dersom kullvekta ved avvenning var bestemt av søyevekta alene ville grafene hatt samme form som "50%"-linja.

Siden sammenhengen mellom kroppsvekt hos søya og kullvekt om høsten ikke er 1 til 1, blir linja "50%" en ren teoretisk betraktning. For det første har væren bidratt med halvparten av genene. Det er i utgangspunktet ingen grunn til å tro at det er noen sammenheng mellom værens og søyas størrelse. Det måtte være hvis enkelte produsenter valgte å parre de største søyene sine med de værene med høyest indeks eller høyest kroppsvekt. Det er heller ikke en korrelasjon på 1 mellom høstvekt og kroppsvekt senere i livet. I tillegg kommer sammenhengen mellom søyas kroppsvekt og maternale effekt og arvbarheten på søyas kroppsvekt.

Hvis en tenker seg at de søyene med de største lammene (fenotypisk) fordi de har hatt et svært godt maternalt miljø kunne være de som var lettest (fenotypisk) i forhold til sin genetiske vekt, fordi de har fordelt ressursene på en slik måte at det blir mye til lammenes vekst og lite til å opprettholde sin egen vekt, ville dette også gi en situasjon der de lette søyene var mest effektive, da de ville være lette som følge av et høyt produksjonsnivå. Da skulle en seleksjon for produksjonsnivå gi søyer som var lette om høsten, og det skulle ikke påvirke det genetiske vekstpotensiale til søya. Dette ser ikke ut til å være tilfelle, da det er vist at avlsarbeidet har medført høyere søyevekter. Siden den maternale effekten på høstvekt er liten, særlig når lammene blir avvendt så sent som i Norge, ville det også være påfallende om det kunne eksistere en negativ sammenheng mellom søyevekt og effektivitet på dette grunnlaget.

I Norge er det vanlig å avvenne lammene ved nærmere 150 dagers alder. Dette gjør at de amerikanske varianskomponentene på vekt ved avvenning må brukes med forsiktighet. Her blir lammene avvendt tidligere. I noen kilder var avvenning satt til 60 dager, og andre 120. Avvenning ved 60 dager gjenspeiler sannsynligvis avvenning fra melk som næringskilde, da dette stemmer med det tidspunktet da lammenes drøvtyggerfunksjon er fullstendig utviklet. Avvenning ved 120 dager gjenspeiler sannsynligvis det tidspunktet da søye og lam blir fysisk skilt. Den maternale effekten på lammenes vekt blir mindre jo eldre lammene blir. Selv om den maternale effekten blir viktigere på 150-dagers vekt når lammene går sammen med søya helt til de er 150 dager, vil den maternale effekten på 150-dagers vekt være mindre enn effekten på 120-dagers vekt.

Det er ingenting som tyder på at søyene blir lettere på grunn av avl på kullvekt om høsten. En grunn til dette kan være at avlsarbeidet konsentrerer seg mer om individuelle høstvekter enn om kullvekt. En potensiell avlsvær får korrigert poengene sine etter antall kullsøsken, men det blir ikke tatt hensyn til kullsøsknenes vekt. En annen medvirkende årsak kan være at høstvekta blir målt så sent at den maternale effekten er liten i forhold til den direkte genetiske effekten på høstvekta. Dette blir bekreftet av Asplin (1991) når hun finner at de største avlsværene får høyest indeks.

### **5.3 Produksjonsnivå eller produksjonseffektivitet**

I dag foregår vurderinga av ei søye i forhold til hennes og slektingers produksjon. Det måles hvor mye kjøtt og ull hun produserer og dette gir grunnlaget for en indeks. Alle målinger blir gjort pr individ. Så lenge søyene ikke blir veid og det heller ikke blir registrert fôrmengden som har gått med til den enkelte søye, er dette det eneste målet vi har på hennes produksjon. Dette er bare en av mange muligheter for å registrere produksjon og rangere individer i forhold til hverandre. Man kan alltid produsere mer ved å bruke mer ressurser på det. Spørsmålet er om det er mest ressursøkonomisk gunstig å gjøre dette ved å øke størrelsen og fôrforbruket pr dyr eller ved å øke antallet dyr. Morris et al (1994) skriver: "...if biological efficiency is ignored then output (weight of calf weaned) may be increased simply by increasing cow size but with no consideration of the extra feed inputs necessary to maintain larger cows, or the pressure that additional feed requirements may place on other components of the system at particular times of the year." Den videre konklusjonen er at denne løsningen er for enkel, og at biologisk effektivitet er høyst relevant. Det neste spørsmålet i denne sammenhengen blir hvordan produksjonseffektiviteten bør måles. Den bør ha både økonomisk og biologisk relevans, og i en avlssammenheng bør den være så allmenngyldig at den kan brukes både nå og i framtiden, selv om rammebetingelsene for produksjonen endrer seg.

Antall sau vi bruker på å produsere det lammekjøttet som skal produseres er ikke en fast størrelse, men noe som kan varieres etter behov. Det er heller ikke den størrelsen som styrer flest av kostnadsfaktorene i produksjonen. Andre mål på effektivitet som er nevnt tidligere i oppgava er produksjon pr kg fôr, pr hektar, pr kg egenvekt eller pr kg metabolsk vekt. Av disse

er produksjon pr kg fôr forbrukt det mest direkte og nøyaktige målet, men dette krever registreringer av fôrforbruket på individnivå dersom en skal rangere enkeltindivider. For sau som blir føret i samlebing er dette derfor ikke noen realistisk mulighet i praktisk avlsarbeid. Dersom det er tilgangen på jord som er begrensende for produksjonen, er produksjon pr hektar høyst relevant, men dette gir heller ingen mulighet til å rangere enkeltindivider. Dette målet er best egnet til å rangere produksjonssystemer og ikke til utvalg av avlsdyr. Det brukes på New Zealand, der et vanlig system er sambeiting av storfe og småfe. Å måle produksjonen pr kg egenvekt er også brukt på New Zealand. Dette baserer seg delvis på at fôrbehovet øker med økende kroppsvekt, men det tar ikke hensyn til at fôrbehovet pr kg synker med økende kroppsvekt. Det favoriserer dermed små dyr. Dette kan være hensiktsmessig i systemer der andre kostnader varierer med kroppsvekt direkte, eller der det er ønskelig med mindre dyr av praktiske årsaker.

Litteraturen inneholder flere eksempler på at man kan få en omrangering av raser eller individer innen rase ved å korrigere produksjonen for ulikt fôrbehov og/eller fôropptak (eks. Nawaz et al, 1992; Schoeman et al, 1994; Bedier et al, 1992; McMillan et al, 1992). Felles for alle disse kildene er at de kommer fram til et resultat der de største og tyngste dyrene ikke er de mest effektive. Selv om produksjonen generelt øker med økende kroppsvekt, øker også fôrbehovet til vedlikehold, slik at effektiviteten ikke øker i takt med den økte produksjonen. En rangering av raser eller individer innen raser bør skje etter et mest mulig relevant mål i forhold til de kostnadsfaktorene og inntektskildene som finnes i systemet dyrene skal brukes i.

De store utgiftene i saueholdet i Norge er fôrproduksjon/innkjøp av fôr og vedlikehold av bygninger. Den begrensende faktoren på antallet sau på et bruk er enten arbeidsmengden, tilgangen på fôr eller størrelsen på sauefjøsset. Siden sauene står i samlebing og blir føret i grupper er det liten forskjell i arbeidsmengden til daglig på å føre noen flere eller færre sauer. Systemet med samlebing gjør også at det er noe fleksibilitet i antallet dyr en kan ha inn i et fjøs. Dersom sauene er vesentlig mindre, blir det plass til noen flere. De periodene da arbeidskraften tilgjengelig begrenser mulighetene for å øke produksjonen er vanligvis under lamminga eller i forbindelse med produksjon av fôr. Produksjonen av fôr følger sauenes totale fôrbehov og ikke antallet sau, slik at dette arbeidet er avhengig av sauenes fôrbehov i tillegg til antallet sau.

Siden det er vedlikeholdsføret til søyene som utgjør den største variable kostnaden i saueholdet, er dette et godt mål på ressurser som er putt inn i systemet. Det representerer en stor del av både de direkte variable kostnadene og arbeidsmengden som kreves av bonden selv. Siden fôrmengden som går med til hver enkelt søye er en størrelse som er vanskelig å registrere, kan søyas metabolske vekt brukes som et uttrykk for hennes fôrbehov. Dette er riktignok ingen fullstendig kostnads – inntekts – analyse. Det er mange andre faktorer som koster penger i saueholdet. Ved å korrigere søyenes produksjon for ulikt fôrbehov, kommer man

likevel nærmere et svar på hvilken søye som gir mest igjen for de ressursene som er brukt for at hun skal kunne produsere lam.

Ved dette målet på produksjonseffektivitet er det ikke tatt hensyn til arbeidsmengden i saueholdet, bortsett fra arbeidet knyttet til fôrproduksjon. Det praktiske arbeidet i fjøset gjennom vinteren og i lamminga kan til en viss grad knyttes opp mot antall vinterfôra sau. Dersom en har en viss mengde fôr tilgjengelig, og velger å øke antallet sau og redusere størrelsen på sauene, vil dette medføre økt lammekjøttproduksjon fra den samme fôrmengden. Samtidig vil det medføre et visst merarbeid i vintermånedene med å føre og følge opp flere dyr, og i lamminga da det blir flere lamminger å ta seg av. På den andre siden vil arbeidet med hver enkelt sau bli enklere. Det er letter å flytte, klippe og ellers å håndtere en sau på 70 kg enn en på 90 kg.

#### **5.4 Metabolsk vekt hos søya som uttrykk for fôrbehov**

Ved å bare bruke søyas metabolske vekt som mål på behov for ressurser inn i systemet, ser en bort fra fôrbehovet til lammene. For lammeproduksjon i Norge er dette likevel et fornuftig mål på fôrbehovet. Om sommeren går sau og lam på utmarksbeite, og det er veldig billig fôr som representerer en svært liten del av kostnadene i saueholdet. Resultatet som er presentert i figur 5-8 blir dermed relevant i en situasjon der en har en begrenset mengde vinterfôr tilgjengelig og problemstillingen er hvordan en skal få mest mulig lammekjøtt for den tilgjengelige fôrmengden. Den er også relevant dersom målet er å ha en sau som gir mest mulig lammekjøtt igjen pr kg vinterfôr forbrukt, dvs. i systemer der produksjon og/eller innkjøp av vinterfôr er den dominerende variable kostnaden. Dersom sauene er lettere krever de mindre vedlikeholdsfor. En kan da ha flere sauer på samme mengde fôr, og selv om hver sau produserer litt mindre, blir den samlede produksjonen høyere.

En ser også bort fra fôrbehov til søya utover behovet til vedlikehold. Søylene trenger også energi til bevegelse, fosterproduksjon og egen vekst. Ved å forutsette at ingen av disse varierer systematisk med søyas kroppsvekt eller rase, oppstår en del mulige feilkilder. Aktivitetsnivået kan variere mellom raser og /eller med kroppsvekt innen rase. Energibehov til fosterproduksjon kan variere med antall foster og størrelsen på disse. Begge disse to representerer imidlertid en forholdsvis liten del av fôrbehovet størstedelen av vinteren. Energibehovet til egen vekst har helt sikkert sammenheng med tilveksten, slik at de dyrene med høyest voksenvekt også har høyest fôrbehov til egen vekst. Resultatene hadde gitt et bedre helhetlig bilde av lønnsomhet og ressursøkonomi ved å bruke de ulike rasene dersom energibehovet for egen tilvekst var inkludert. For å få til dette burde produksjonen ha blitt målt over flere år og kumulativ produksjon blitt sammenlignet med fôrbehov til vedlikehold og egen vekst av søylene. Dersom en hadde inkludert behovet for energi til egen vekst og fortsatt bare gjort beregningene for ett produksjonsår, ville de eldste søylene vist seg å være enda mer effektive enn de yngre, siden disse er ferdig utvokste.

Ulik relativ vekt av vom og tarm hos rasene som er presentert i forsøket, gjør at det kan være en raseforskjell i vedlikeholdsbehov som følge av ulik evne til å fordøye fiber. Det at nks har en

relativt større vom og lenger tarm, gjør at den har et fordøyelsessystem som er bedre tilpasset en fiberrik diett. Vedlikeholdsbehovet om vinteren, målt pr kg metabolsk vekt, kan derfor variere mellom raser, avhengig av kvaliteten på vinterfôret.

Søyene ble bare veid og ikke holdvurdert. Det gjør også at forutsetningen om at fôrbehovet følger sauens metabolske vekt proporsjonalt ikke er oppfylt. En sau i godt hold vil ha et lavere fôrbehov enn en sau i dårlig hold med samme vekt. Søyas genetiske vekt ville vært en bedre mål på fôrbehovet, men den er mye vanskeligere å finne. Jo eldre søyene blir, jo høyere blir arvbarheten for kroppsvekt. På de eldste søyene i materialet er fenotypisk vekt et brukbart estimat for den genotypiske vekta, men for de yngste søyene vil den genetiske vekta avvike mer fra den fenotypiske vekta.

Man kunne ha brukt slektskapsinformasjon og beregnet en avlsverdi for vekt. Denne kunne vært brukt som forklaringsvariabel i stedet for den fenotypiske vekta. Alternativt kunne søyene ha blitt veid flere ganger med for eksempel en måneds mellomrom for å minske de tilfeldige miljøvariasjonene eller søyene kunne ha blitt holdvurdert sammen med veiinga, slik at en kunne korrigert for ulikt hold. Alle disse metodene kunne gitt sikrere resultater, men medført betydelig merarbeid i forbindelse med å samle inn og bearbeide data.

## **5.5 Mulige årsaker til negativ sammenheng mellom søyevekt og effektivitet**

Det er en sammenheng mellom søyas fenotypiske vekt og hennes produksjonseffektivitet, men resultatene forklarer ikke om det er miljøkomponentene i søyas vekt som påvirker produksjonseffektiviteten eller om det er de genetiske komponentene.

Dersom det er søyas genetiske vekt som påvirker produksjonseffektiviteten, kan man avle fram en mindre sau som krever mindre vedlikeholdsfor og produserer nesten like mye. Dette kan testes med et annet forsøksoppsett der en lager seg et bedre estimat av søyas genetiske vekt. De praktiske konsekvensene av dette vil være at en bør veie voksne søyer systematisk og enten tillegge dette en negativ økonomisk vekt, eller beregne produksjonseffekt pr søye og bruke dette som kriterium for seleksjon.

Dersom det er variasjonen i vekt som skyldes miljø som gir variasjon i produksjonseffektivitet, kan man fôre sauene mindre slik at den blir magrere og lettere uten at det slår noe særlig negativt ut på produksjonen. Dette stemmer også med ulike ressursallokeringsteorier ved begrensede ressurser (Elasser et al, 2000). Placenta og foster er noe av det som får høyest prioritet ved mangel på ressurser. Det er likevel grenser for hvor stor underfôring som er helsemessig og dyrevernmessig forsvarlig.

Siden kvaliteten på vårbeitet er så viktig for lammenes høstvekt, er det sannsynlig at underfôring av sau i denne perioden vil slå negativt ut på produksjonen. Siden søyene og

lammene siden går på de samme beitenene, og siden lammene følger sin egen mor, er det en nær sammenheng mellom det miljøet lammet har hatt de siste månedene og det miljøet søya har hatt. Som diskutert i kapittel 5.2.2, er sammenhengen mellom søyas kroppsvekt og lammenes gjennomsnittlige høstvekt høyere enn en skulle forvente ut fra direkte arvbarhet for egenskapen og korrelasjonen mellom høstvekt og levende vekt senere i livet. Det negative miljøet søya kan ha hatt som lammet ikke har hatt må i stor grad være miljøeffekter fra før lammet ble født.

En del av forklaringen på den negative sammenhengen mellom søyevikt og effektivitet kan således forklares ved at søyene tåler en viss underfôring i drektighetsperioden. For at dette skulle synes ved veiing neste høst igjen, måtte imidlertid underfôringen være så sterk at søyene ikke klarer å komme seg opp igjen i hold i løpet av beitesesongen. Et slikt system ville være selvdestruerende, da sauene ville være i dårligere og dårligere hold for hvert år, dersom det ikke representerer et engangstilfelle, et dårlig år.

En eventuell underfôring av søyer som ikke skulle slå negativt ut på produksjonen, men gi en lavere søyevikt må mest sannsynlig skje tidlig i livet. Da møter man problemer med at søyer som er i for dårlig hold, kan få nedsatt fruktbarhet. Alt i alt er det vanskelig å forestille seg at en kan gi søyene et så dårlig miljø at de blir vesentlig lettere uten at det skulle få større negative konsekvenser for produksjonen. Det er derfor mer nærliggende å tro at de genetisk lette sauene er mer effektive enn de tyngre.

## **5.6 Optimal størrelse på sau i ulike miljø**

Selv om figur 5 viser en negativ lineær sammenheng mellom vekt og effektivitet, er det ikke sikkert at det alltid er mest lønnsomt å ha så lette sauer som mulig. Tallene fra Engdahl (1939) viste at det var de største sauene som kom best ut av sammenligningen den gangen. Da bør det nevnes at de tyngste sauene da var omtrent like tunge som de letteste er nå.

Selv om det i hele datasettet sett under ett var en signifikant negativ sammenheng mellom vekt og effektivitet, er ikke resultatet fra hver enkelt besetning like entydig. Det ser ut som at effekten av vekt er ulik hos ulike besetninger. Dette kan være en konsekvens av ulik fôr kvalitet og annen miljøvariasjon. Figurene 6 – 8 viser at det er en viss forskjell i helningsgraden på grafene for de ulike produsentene, men ingen produsenter har en signifikant positiv sammenheng mellom vekt og effektivitet. Det ser ut som effektiviteten synker med 0 til 0.04 kg/kgMBW når sauens kroppsvekt øker med en kg. Dette gjelder både spæl og nks. Den generelle trenden er at effektiviteten er høyest på de letteste dyrene, men at i enkelte miljøer spiller søyas vekt mindre rolle. Dette kommer særlig fram i figur 8, der alle besetningene som det er presentert resultater for er rimelig store. Likevel viser bare halvparten en signifikant effekt av vekt på produksjonseffektiviteten.

At det eksisterer et genotype-miljø-samspill for egenskapen produksjonseffektivitet er ikke urimelig å anta. Forsøket fra Egypt viste at optimalstørrelsen for Barki-sauer lå på under 46 kg.

Det betyr ikke at vi i Norge burde avle sauene våre 40 kg lettere. Ulike produksjonsmiljø etterspør forskjellige kvaliteter hos dyrene. Generelt vil et bedre miljø etterspørre større og mer høytstående dyr, mens et dårligere miljø vil etterspørre mindre dyr som er mer nøysomme. Besetningene i datasettet kom fra ulike steder i landet, og de var av varierende størrelse. Søyevektene varierte også mellom besetninger. Ved å anta at disse besetningene dekker de fleste produksjonsmiljøene som finnes i Norge, kan en konkludere med at det vil ikke være til ulempe for noen å ha lettere sauer slik som situasjonen er i dag. Sammenhengen mellom vekt og effektivitet kan endre seg dersom søyene blir lettere. Det kan tenkes at det er en optimumsvekt for søyene i Norge og at grunnen til at de letteste søyene i materialet nå er de mest produksjonseffektive er at det generelle vektnivået ligger over optimum. Da er det viktig å huske på hvis søyene blir lettere at målet ikke er at de skal bli lettest mulig, men at de skal bli mest mulig produksjonseffektive. Dersom det finnes et optimumspunkt der sauene er mest effektive, som ligger et sted i mellom søyevakta i 1938 og søyevakta i dag, kan dette variere mellom produksjonsmiljøer og dermed variere fra besetning til besetning i Norge.

Dersom det finnes en optimumsvekt for spæl og nks i Norge, som ligger under dagens gjennomsnittsvekt, og dette er årsaken til den negative sammenhengen mellom søyas vekt og produksjonseffektivitet, kunne en forvente at de besetningene med de tyngste søyene skulle hatt en sterkest negativ konsekvens av søyevakta på effektiviteten. Figur 8 er best egnet til å se etter en slik sammenheng, da denne bare inneholder besetninger som er store nok til at en kunne forvente at en eventuell effekt av vekt på effektiviteten skulle kunne avdekkes. Den viser ikke noe entydig bilde av en sammenheng mellom søyevekt og signifikans/ikke signifikans, men de to besetningene med de minste spælsauene har ingen signifikant effekt av vekt, mens den ene besetningen med større nks-sauer enn de andre har en slik effekt. Ved å sammenligne figur 6 og 7, ser en også at de minste sauene i materialet tilhører ikke de besetningene med signifikant effekt av vekt på effektiviteten.

Dersom optimumsvekta for sau varierer med ulikt produksjonsmiljø innenfor det vi se i Norge, på en slik måte at det i bedre miljø var høyere optimumsvekt, kunne man tenke seg at de besetningene med lavest produksjonseffektivitet skulle ha sterkest negativ effekt av søyevekt. Det målet som er brukt på effektivitet her beskriver produksjonen i forhold til vinterfôret som er brukt. I et område med gode sommerbeiter, skulle en derfor anta at effektiviteten ville være høyere enn i et område med dårlige beiter. På figur 8 ser vi også at alle besetningene med lavest produksjonseffektivitet har en signifikant negativ effekt av søyevekt på effektiviteten. Flere av de med høyere effektivitet, har ingen slik effekt.

Vi bør ha en sau som ikke bare er optimal i det miljøet vi har i dag, men også i et framtidig produksjonsmiljø. Det er vanskelig å forutse hvordan produksjonsmiljøet vil se ut i Norge i framtida. Rovdyrproblematikken kan medføre mindre utmarksbeiting. Den dårlige økonomien i landbruket generelt har også medført at det er færre bruk i drift, og mange har svært god tilgang på tilleggsjord fra nedlagte nabobruk. Dette kan føre til utstrakt bruk av innmark til fordel for



utmark. Samtidig er trenden i landbruket generelt større og færre bruk. Et system med mindre bruk av utmark er et mer intensivt system som muligens krever mer høytstående dyr. I et intensivt produksjonssystem får sauene utnyttet hele produksjonspotensialet sitt, og dette gjør at det er viktigere å ha dyr med høyt potensiale. Det er godt mulig at det i framtida vil være bruk for dyr av den størrelsen vi har nå, selv om det ikke er optimalt i dag.

## 5.7 Avlsstrategier

Siden det er ønskelig med høye høstvekter er dette vektlagt i avlsarbeidet. Da tas det imidlertid ikke hensyn til søyas vekt og som figur 3 viser er det de tyngste søyene som får de tyngste lammene. Dette gjør at det indirekte blir avlet på høyere voksenalder. De egenskapene som blir målt og brukt til indeksberegning i avlsarbeidet blir målt pr sau og ikke pr kg sau eller pr kg metabolsk sau. Som Asplin (1991) viste er det også en positiv sammenheng mellom levendevekt og avlsindeks hos avlsværer. Tilbakemelding fra bønder sier også at sauene stadig blir større og tyngre, og at dette gjør dem vanskeligere å håndtere ved for eksempel klipping.

Produksjonseffektivitet kunne være et mål som ble inkludert i avlsarbeidet, men dette ville kreve systematiske registreringer av søyenes kroppsvekt. Det er også en veldig sammensatt egenskap med høy miljøkomponent som det kunne være vanskelig å få genetisk framgang for.

En annen mulighet er å legge inn restriksjoner på kroppsvekt til avlsdyr. For å redusere fôrbehovet er det ønskelig å holde søyevakta nede samtidig som det blir selektert for økt produksjon. Da vil en også oppnå økt effektivitet, siden dette er en funksjon av disse. Clarke et al (2000) undersøkte effekten av å legge inn en restriksjon på null økning av kroppsvekt hos sau, målt rett før parring, som ble brukt til kombinert kjøtt- og ullproduksjon på New Zealand. Dette ville kreve en tidobling av den negative økonomiske vekta for egenskapen kroppsvekt i forhold til det den er i dag. Det ville også medføre at en relativt høyere andel av den genetiske framgangen, målt i økonomiske vekter, ville komme fra økt ullproduksjon, mens andelen fra tilvekst ville synke. Den maternale effekten på høstvekta ville bli relativt viktigere.

For å ha mulighet til å måle individuell produksjonseffektivitet eller ha restriksjoner på vekt av avlsdyr, kreves systematiske vektregistreringer av voksne dyr. Avlsværene kunne blitt veid, og dette kunne vært inkludert i deres indeksberegning. Hovedproblemet med dette er at kroppsvekt hos hanndyr og hunndyr ikke nødvendigvis er styrt av de samme genene. Näsholm (2003) viste at fire-måneders-vekt hos svenske sauer kunne betraktes som to ulike egenskaper hos hanndyr og hunndyr. Dersom store hanndyr i avl gir store værlam, kan dette være ønskelig, mens store søyelam er mindre ønskelig, da det er disse som representerer framtidige avlssøyer. Det er derfor vanskelig å avle for økt effektivitet uten å veie søyene systematisk. Bøndene kan imidlertid gjøre dette til en viss grad i egen flokk ved å unngå å sette på de største søyelammene, og ved å utrangere de største søyene hvis de ikke produserer veldig mye mer enn de som er mindre.

Systematiske registreringer av søyevokter vil kunne gjøre det mulig å beregne produksjonseffektivitet hos søyene og bruke dette i indeksberegning. Dette vil være et godt hjelpemiddel for bøndene når de skal velge ut hvilke søyer det er mest økonomisk gunstig å satse på videre. Det vil og kunne brukes som et seleksjonskriterium for avlsværer ved at en helst rekrutterer værer etter små mødre. Det vil i liten grad kunne brukes til å rangere værer som allerede er i avl, da sauene bruker flere år på å bli voksne enn det deres far står i avlen. Registrering av søyevokter er også et godt redskap for videre overvåkning av vektnivået i populasjonen. Det ville vært en fordel om en kunne holde oversikt over hvilke bieffekter avlsarbeidet hadde på søyevektene.

## 6. Konklusjon

### 6.1 Sammenhengen mellom vekt og effektivitet

Årsaken til at de minste sauene i materialet er mest effektive, er at de produserer nesten like mye som de som er større, og de har et lavere estimert forbehold. Siden en del av variasjonen i vekt skyldes miljø, mens en del skyldes genetikk, får vi to mulig praktiske konklusjoner å trekke ut fra disse resultatene.

En mulig konklusjon er at søya klarer å produsere nesten like mye selv i et dårlig produksjonsmiljø. Et argument mot dette er at søya og lammene har stått i det samme miljøet, slik at et dårlig miljø for søya også burde virke negativt inn på lammenes tilvekst.

En mer nærliggende konklusjon å trekke er at de genetisk tunge søyene ikke har så mye større produksjonspotensiale at de klarer å kompensere for det økte vedlikeholdsbehovet. Alternativt kan det tenkes at potensialet er der, men at det produksjonsmiljøet vi har i Norge ikke er så godt at de største sauene klarer å utnytte potensialet sitt. Da har sauene i tilfelle blitt avlet opp til en kroppsvekt som er over optimal størrelse for det norske produksjonsmiljøet.

Videre avl bør i tillegg til å vurdere produksjonspotensialet til mulige avlsdyr også prøve å begrense størrelsen på avlssøyene slik at de blir mer effektive. Dette gjelder både innen spæl og nks, mens det ikke er noen klar sammenheng mellom vekt og effektivitet hos sjeviot.

### 6.2 Sammenligning av raser

Spælsauen er i dag den mest produksjonseffektive sauen i det norske systemet blant de rasene som var representert. Dette skyldes først og fremst at den er lettere enn nks. Siden nks oppnår bedre klassifisering, vil en lettere nks være en enda mer lønnsom sau slik systemet er i dag med klassifisering av slakt etter EUROP-systemet. Dersom en betrakter EUROP-klassifiseringssystemet som et dårlig mål på kvaliteten på et slakt, og ønsker å avle fram en mest mulig effektiv sau uavhengig av dette systemet, kan den beste løsningen være å bruke spælsauer, siden disse allerede er lettere enn nks, og er de mest effektive målt i kg avendt lam pr kg metabolsk søyevekt. Det som begrenser effektiviteten til sjeviotsauen er i stor grad fruktbarheten. Dette gjør at sjeviotsauen ikke har noen negativ effekt på effektiviteten av å bli større, da en større sjeviotsau får litt flere lam.

## 7. REFERANSER

- Asplin, E.H., 1991. Avlsarbeidets virkning på søyevektene. Hovedoppgave ved institutt for husdyrfag. Norges landbrukshøgskole.
- Bathaei og Leroy, 1997. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research* 29: 261-269.
- Bedier, N.Z., Younis, A.A., Galal, E.S.E. og Mokhtar, M.M. 1992. Optimum ewe size in desert Barki sheep. *Small Ruminant Research*. Vol. 7, Issue 1, Februar 1992, Side 1-7.
- Black, P.D. 1982. Selection priorities in high-fertility sheep flocks. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 42:55-58.
- Boujenane, I. og Kansari, J., 2002. Lamb production and its components from purebred and crossbred mating types. *Small Ruminant Research* 43:115-120.
- Bourdon, R.M. 2000. *Understanding Animal Breeding*, 2<sup>nd</sup> edition. Prentice-Hall, Inc. ISBN 0-13-096449-2.
- Bromley, C.M., Van Vleck, L.D. og Snowder, G.D. 2001. Genetic correlations for litter weight weaned with growth, prolificacy, and wool traits in Columbia, Polypay, Rambouillet, and Targhee sheep. *Journal of Animal Science* 79:339-346.
- Burfening, P.J., 1992. Direct and maternal genetic effects on lamb survival. *Small Ruminant Research* Vol 11, Issue 3, Side 267-274.
- Burfening, P.J. og Carpio, M.P., 1992. Genetic and environmental factors affecting growth rate and survival of Junin sheep in the central highlands of Peru. *Small Ruminant Research* Vol 11, Issue 3, side 275-287.
- Burfening, P.J. og Kress, D.D. 1992. Direct and maternal effects on birth and weaning weight in sheep. *Small Ruminant Research*. Vol 10, Issue 2, side 153-163.
- Burke, J.M., Jackson, W.G. og Robson, G.A., 2001. Seasonal changes in body weight and condition, and pregnancy and lambing rates of sheep on endophyte-infected tall fescue in the south-eastern United States. *Small Ruminant Research* 44:141-151.
- Clarke, J.N., Dobbie, K.R., Jones, A.L., Wrigglesworth, A.L. og Hickey, S.M., 2000. Genetic parameters for improvement of dual-purpose flock productivity with constraints on mature ewe body weight. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 60:203-206.
- Cunningham, E. P. og Gjedrem, T., 1970, Genetic Control of Ewe Body Weight in Selection for Higher Wool and Lamb Output. *Acta Agriculturae Scandinavica* 20 194-204.
- Demeke, S., Thwaites, C. J. og Lemma, S., 1993. Effects of ewe genotype and supplementary feeding on lambing performance of Ethiopian highland sheep. *Small Ruminant Research* 15:149-153.
- Eikje, L.S., 2001a. Sauerasar. I: Saueavl. Maurtvedt, A. (red.) Norsk sau og geitalslag, s.5-6.
- Eikje, L.S., 2001b. Avlsmål. I: Saueavl. Maurtvedt, A. (red.) Norsk sau og geitalslag, s.6-7.
- Elasser, T.H., Klasing, K.C., Filipov, N. Og Thompson, F. 2000. The Metabolic Consequences of Stress: Targets for Stress and Priorities of Nutrient Use. I *The Biology of Animal Stress. Basic principles and implications for animal welfare*. Moberg, G.P. og Mench, J.A. (red.) CABI Publishing, s.77-110.

- Engdahl, O.Th. 1936. Store eller små sauer. Landbrukstidende s.11-12.
- Engdahl,O.Th. 1939. Korleis ku og sau betalar foret. Landbrukstidende s.129.
- Ercanbrack og Knight, 1998. Responses to Various Selection Protocols for Lamb Production in Rambouillet, Targhee, Columbia and Polypay Sheep. *Journal of Animal Science* 76:1311-1325.
- Hanford, K.J., Van Vleck, L.D. og Snowder, G.D., 2002. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Columbia sheep. *Journal of Animal Science* 80:3086-3098
- Hanford, K.J., Van Vleck, L.D. og Snowder, G.D., 2003. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight, and wool characteristics of Targhee sheep. *Journal of Animal Science* 81:630-640
- Hight, G.K. og Jury, K.E. 1969. Lamb Mortality in Hill Country Flocks. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 29:219-232.
- Hofmann, R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78:443-457.
- Larsgard, A.G. og Olesen, I., 1998. Genetic parameters for direct and maternal effects on weights and ultrasonic muscle and fat depth of lambs. *Livestock Production Science*. Vol 55, Issue 3, s.273-278.
- Larsgard, A.G. og Kolstad, K., 2003. Selection for ultrasonic muscle depth; direct and correlated response in a Norwegian experimental sheep flock. *Small Ruminant Research* 48:23-29.
- Luiting, P., Schrama, J.W., van der Hel, W. og Urff, E.M., 1991. Metabolic differences between White Leghorns selected for high and low residual food consumption. *British Poultry Science*. Vol 32, Issue 4 s.763-782.
- Mavrogenis, A.P. og Papachristoforou, C. 2000. Genotypic and phenotypic relationships between milk production and body weight in Chios sheep and Damascus goats. *Livestock Production Science* 67:81-87.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. og Morgan, C.A., 1995. *Animal Nutrition*, fifth edition. Longman.
- McMillan, W.H., 1993. Changing the sex ratio at birth in lambs, calves and deer: Implications for productivity and genetic gain in breeding flocks and herds in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 53:259-262.
- McMillan, W.H., Morris, C.A. og McCall, D.G. 1992. Modelling herd efficiency in liveweight-selected and control Angus cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 52:145-148
- Meyer, K., Carrick, M.J. og Donnelly, B.J., 1994. Genetic parameters for milk production of Australian beef cows and weaning weight of their calves. *Journal Of Animal Science*. Vol 72, Issue 5, Side 1155-1165.
- Michels, H., Decuyper, E. og Onagbesan, O., 2000. Litter size, ovulation rate and prenatal survival in relation to ewe body weight: genetics review. *Small Ruminant Research* 38:199-209.

- Morris, S.T., Brookes, I.M., Parker, W.J. og McCutcheon, S.N. 1994. Biological efficiency: How relevant is this concept to beef cows in a mixed livestock, seasonal pasture supply context? *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 54:333-336.
- Nawaz, M., Meyer, H.H. og Thomas, D.R., 1991. Performance of Polypay, Coopworth, and Crossbred Ewes: II. Survival and Cumulative Lamb and Wool Production Over 4 Years. *Journal of Animal Science* 70:70-77.
- Näsholm, A., 1986. Viktsutveckling hos tackor av finullsras samt metoder att skatta vuxenvikt. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Näsholm, A. 2004. Influence of sex on genetic expressions and variance of 4-month weight of Swedish lambs. *Livestock Production Science* Vol 86, Issue 1-3. s.137-142.
- Näsholm, A og Danell, Ö., 1990. Growth and Mature Weight of Swedish Finewool Landrace Ewes. 2. Prediction of Breeding Values for Mature Weight. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40:83-92.
- Näsholm, A. og Danell, Ö., 1996. Genetic Relationships of Lamb Weight, Maternal Ability, and Mature Ewe Weight in Swedish Finewool Sheep. *Journal of Animal Science* 74:329-339.
- Nedkvitne, 1998, Föring av sau. I: Saueboka, 2. utgave. Landbruksforlaget. S119-158. ISBN 82-529-2026-8.
- Notter, D.R. og McClaugherty, F.S., 1991. Effects of ewe breed and management systems on efficiency of lamb production: 1. Ewe productivity. *Journal of Animal Science* 69:13-21.
- Okut, H., Bromley C.M., Van Vleck, L.D. og Snowden, G.D. 1999a. Genotypic Expression at Different Ages: I. Prolificacy Traits of Sheep. *Journal of Animal Science* 77:2357-2365.
- Okut, H., Bromley, C.M., Van Vleck, L.D. og Snowden, G.D., 1999b. Genotypic Expression with Different Ages of Dams: III. Weight Traits of Sheep. *Journal of Animal Science* 77:2372-2378.
- Paulenz, H. 2004. Mulige årsaker til dårlig tilslag på semin – orientering fra daglig leder i Team Semin, Heiko Paulenz, på møte i Fagforum for sau 8. – 9. mars 2004. *Sau og Geit* 2/04. s.15
- Peeters, R., Kox, G. og Van Isterdael, J., 1995. Environmental and genetic influences on growth performance of lambs in different fattening systems. *Small Ruminant Research* 18:57-67.
- Pryce, J.E, Coffey, M.P. og Simm, G., 2001. The Relationship Between Body Condition Score and Reproductive Performance. *Journal of Dairy Science* 84:1508-1515.
- Ratray, P.V. og Trigg, T.E., 1979. Minimal feeding of pregnant ewes. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 39:242-250.
- Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N. og Grommers, F.J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science* 56:15-33.
- Rosati, A., Mousa, E., Van Vleck, L.D. og Young, L.D. 2001. Genetic parameters of reproductive traits in sheep. *Small Ruminant Research* 43:65-74.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Animal Physiology. Adaptation and environment*. Fifth edition. Cambridge University Press. ISBN 0 521 57098
- Schoeman, S.J., de Wet, R., Botha, M.A. og van der Merwe, C.A., 1994. Comparative assessment of biological efficiency of crossbred lambs from two Composite lines and Dorper sheep. *Small Ruminant Research* 16:61-67.

- Snowder, G.D. og Glimp, H.A., 1991. Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *Journal of Animal Science* 69:923-930.
- Snowder, G.D., Glimp, H.A. og Field, R.A., 1994. Carcass Characteristics and Optimal Slaughter Weights in Four Breeds of Sheep. *Journal of Animal Science* 72:932-937.
- Snowder, G.D. og Knight, A.D. 1995. Breed Effects of Foster Lamb and Foster Dam on Lamb Viability and Growth. *Journal of Animal Science* 73:1559-1566.
- Snowder, G.D. og Van Vleck, L.D., 2003. Estimates of genetic parameters and selection strategies to improve the economic efficiency of postweaning growth in lambs. *Journal of Animal Science* 81:2704-2713.
- Snyman, M.A., Cloete, S.W.P. og Olivier, J.J., 1997. Genetic and phenotypic correlations of total weight of lamb weaned with body weight, clean fleece weight and mean fibre diameter in three South African Merino flocks. *Livestock Production Science* 55:157-162.
- Steinheim, G., Nordheim, L.A., Weladji, R.B., Holand, Ø. og Ådnøy, T. Digestive Tract Anatomy of Norwegian Sheep: Difference Between Breeds. *Acta Agric. Scand. A.* 53:155-158.
- Sæland, J., 1919. Gamle norske sauer. Internettokument. URL: [[http://www.midtgard.com/sauesia/Bibliotek/Klass/gml\\_no\\_sauer.htm](http://www.midtgard.com/sauesia/Bibliotek/Klass/gml_no_sauer.htm)]
- Taylor, C.S., 1985. Use of genetic size-scaling in evaluation of animal growth. *Journal of Animal Science* Vol. 61, Suppl. 2.
- Trodahl, S. 1998. Sauen som husdyr. I: Saueboka, 2. utgave. Landbruksforlaget, s11-27. ISBN: 82-529-2026-8
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edition. Ithaca, N.Y. :Comstock Publishing. ISBN: 0-8014-2772-x
- Ådnøy, T., Borgen, B., Eik, L.O., Nafstad, O., Nedkvitne, J.J., Nordrum, N.V., Rekdal, Y., Skurdal, E., Steinheim, G., Ulvund, M. og Vatn, S., 2004. (under trykking). Lønsamt sauehald - meir å hente i utmarka. (Arb.tittel). Norsk Sau- og Geiteavlslag.