



Institutionen för husdjursgenetik

Samband mellan hull, underhudsfett, levande vikt och fruktsamhet hos SRB och SLB

av

Johanna Hjertén

Handledare:

Britt Berglund

Karl-Johan Petersson

Examensarbete 281

2006

Examensarbete ingår som en obligatorisk del i utbildningen och syftar till att under handledning ge de studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Föreliggande uppsats är således ett elevarbete och dess innehåll, resultat och slutsatser bör bedömas mot denna bakgrund. Examensarbete på D-nivå i ämnet husdjursgenetik, 20 p (30 ECTS).



Institutionen för husdjursgenetik

Samband mellan hull, underhudsfett, levande vikt och fruktsamhet hos SRB och SLB

av

Johanna Hjertén

Agrovoc: Dairy cattle, body condition score, live weight, ultrasound, fertility

Handledare:

Britt Berglund

Karl-Johan Petersson

**Examensarbete 281
2006**

Examensarbete ingår som en obligatorisk del i utbildningen och syftar till att under handledning ge de studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Föreliggande uppsats är således ett elevarbete och dess innehåll, resultat och slutsatser bör bedömas mot denna bakgrund. Examensarbete på D-nivå i ämnet husdjursgenetik, 20 p (30 ECTS).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

REFERAT	1
INLEDNING	3
LITTERATURSTUDIE	4
MOBILISERING AV KROPPSVÄVNAD	4
<i>Förändring av hullet</i>	<i>4</i>
<i>Förändring av levande vikten</i>	<i>5</i>
<i>Samband med fruktsamhet</i>	<i>6</i>
SAMBAND MELLAN HULL, LEVANDE VIKT OCH KROPPSFETT	7
<i>Hull och vikt</i>	<i>7</i>
<i>Hull och kroppsfett</i>	<i>8</i>
<i>Vikt och kroppsfett</i>	<i>9</i>
SAMBAND MELLAN SAMMA MÅTT UNDER LAKTATIONEN	9
<i>Hullpoäng</i>	<i>9</i>
<i>Ultraljudsmätning av underhudsfett</i>	<i>10</i>
<i>Vikt och viktsförändring</i>	<i>10</i>
ARVBARHET	11
<i>Hull</i>	<i>11</i>
<i>Vikt</i>	<i>11</i>
MATERIAL OCH METODER	12
DJURMATERIAL	12
MÄTNINGAR	13
<i>Vikt</i>	<i>13</i>
<i>Hull</i>	<i>13</i>
<i>Ultraljudsmätning av underhudsfett</i>	<i>13</i>
<i>Reproduktionsegenskaper</i>	<i>13</i>
<i>Mjölkkavkastning</i>	<i>13</i>
REDIGERING AV DATA	14
STATISTISK ANALYS	14
RESULTAT	16
OKORRIGERADE VÄRDEN	16
VARIANSANALYSER	19
<i>Regressionsanalyser</i>	<i>22</i>
<i>Residualkorrelationer</i>	<i>23</i>
DISKUSSION	26
HULL	26
ULTRALJUDSMÄTNING AV UNDERHUDSFETT	27
VIKT	28
SAMBANDEN MELLAN HULLPOÄNG, ULTRALJUDSMÅTT OCH VIKT	29
REPRODUKTION	29
SLUTSATSER	30
SUMMARY	31
LITTERATURFÖRTECKNING	33

REFERAT

Efter kalvning hamnar kon ofta i negativ energibalans. Den ökade mjölkproduktionen ställer högre krav på energi än vad kon klarar av att konsumera via fodret. Som kompensation för den bristande energitillförseln mobiliseras kroppsvävnad. Mobiliseringen leder till att kon minskar i hull och går ner i vikt.

Syftet med detta arbete var att analysera sambandet mellan levande vikt, tjockleken på underhudsfett uppmätt med hjälp av ultraljud samt levande vikt. Förändringarna av dessa mått undersöktes och eventuella skillnader analyserades mellan svensk lågland (SLB) och svensk röd och vit boskap (SRB), indelade i olika selektionslinjer för hög respektive låg mjölkfetthalt. Dessutom analyserades relationen mellan nämnda mått och intervallet från kalvning till första lutealfas respektive intervallet från kalvning till första ovulatoriska brunst.

Studien baserades på observationer från Institutionens för husdjursgenetik försöksbesättning (Jälla). Hullbedömningar, mätningar av vikt och tjocklek på underhudsfett genomfördes under 1997 till 2002. Hullbedömningen skedde enligt den framtagna metoden av Edmonsson *et al.* (1989). Totalt 211 mjölkkor med varierande antal laktationsnummer ingick, varav 88 SLB och 123 SRB. SRB har sedan 1985 ingått i ett försök där man selekterat för hög (SRB-hög) och låg (SRB-låg) mjölkfetthalt. Selektionslinjerna hanterades som olika raser. I studiens dataset ingick 4036, 639 respektive ca 1260 registreringar för levande vikt, hull och ultraljudsmått.

Skillnaden i hullpoäng och tjocklek på underhudsfettet var signifikant mellan ras och selektionslinje. Laktationsnumret hade ingen effekt på dessa mått. SLB hade i genomsnitt 2,82 hullpoäng. SRB-låg hade 3,18 och SRB-hög 3,10 hullpoäng. SRB-låg hade högsta hullpoängen under laktationsvecka 1 till laktationsvecka 36 jämfört med SRB-hög och SLB. SLB och SRB-låg minskade i hull med ca 20 %. Motsvarande minskning för SRB-hög var 5 %. SLB hade signifikant högre hullpoäng under laktationsvecka 36 än under laktationsvecka 4 till 16, medan SRB inte hade det.

Tjockleken på underhudsfettet var i genomsnitt mellan 0,41 cm, 0,44 cm samt 0,49 cm för SLB, SRB-hög respektive SRB-låg. Skillnaden var mycket liten mellan två mätpunkter på kroppen. Fettlagret mobiliserades fram till laktationsvecka 16. SLB och SRB-hög ökade tjockleken på fettlager fram till laktationsvecka 36 och återfick ungefär samma hull som vid kalvning medan SRB-låg inte återfick samma tjocklek på fettlagret.

Ras och selektionslinje samt kalvningsintervall hade en signifikant effekt på levande vikten. SLB vägde i genomsnitt 670 kg, SRB-låg 653 kg och SRB-hög 620 kg. SLB vägde mer än SRB-linjerna under hela laktationen. Vidare vägde SRB-låg mer än SRB-hög. Båda raserna minskade i vikt efter kalvning fram till laktationsvecka 16. Ökad vikt var relaterat till högre laktationsnummer.

Residualkorrelationen mellan måttet på underhudsfettets tjocklek vid två mätpunkter på kroppen varierade mellan 0,70 och 0,90. Resultatet indikerade att det räcker att mäta vid en punkt på kroppen för att få ett tillräckligt säkert mått på underhudsfettets tjocklek. Residualkorrelationen mellan tjockleken på underhudsfettet och hull respektive vikt varierade mellan 0,35 och 0,64 respektive mellan 0,26 och 0,47 under laktationsvecka 1 till 16. Residualkorrelationen mellan förändringar av hull, vikt respektive tjocklek på underhudsfett

under olika perioder av laktationen var negativ. Resultatet visar att korna mobiliserar kroppsvävnad i början av laktationen för att senare under laktationen öka i vikt och hull.

En ökning med 1 hullpoäng var signifikant relaterat till en viktökning med 47-72 kg under laktationsvecka 1 till 16. En ökning av fettlagret med 0,1 cm var signifikant relaterat till en hullökning med 0,13-0,31 poäng respektive en viktökning med 21-33 kg.

Sambanden mellan hull, tjockleken på underhudsfett samt vikt och intervallet från kalvning till första lutealfas respektive kalvning till första ovulatoriska brunst var mycket låga och med undantag för några tillfällen inte signifikanta.

INLEDNING

Den ökade mjölkproduktionsnivån ställer allt högre krav på att kunna näringsförsörja kon. De flesta kor står i en negativ energibalans efter kalvning och denna riskerar att bli alltmer accentuerad med ökande produktionsnivåer. Att följa kons hullstatus kan därför bli allt viktigare i takt med att mjölkproduktionen ökar. Kornas fettdepåer är en källa för energimobilisering. Hullet har i olika stadier visat sig inverka på mjölk kvaliteten, fruktsamhet och djurhälsa.

Bruckmaier *et al.* (1998) visade att korna befinner sig i negativ energibalans fram till 12:e laktationsveckan. Som kompensation för den bristande näringstillförseln mobiliseras kroppsvävnad, framförallt fettvävnad (Butler-Hogg *et al.*, 1985). Mobiliseringen leder till korna minskar i hull (Bruckmaier *et al.*, 1998) och går ned i vikt (Berry *et al.*, 2002 och Butler-Hogg *et al.*, 1985). Försämringen i hull är en indikation på förändringar av underhudsfett och därmed den nutritionella statusen. Både hull och vikt kan ses som mått på energibalansen. Gillund *et al.* (2001) redovisade att kor som drabbats av acetonemi förlorade mer i hull än friska kor.

Hullbedömning är en subjektiv metod för att uppskatta underhudsfettets tjocklek. Det finns olika modeller för hur bedömningen går till. Gemensamt för alla är palpation och/eller okulär bedömning av olika delar av kroppen. Subjektiviteten ger naturligt en viss osäkerhet vid jämförelse mellan olika bedömningsmodeller eller med andra egenskaper. Ett annat sätt att mäta underhudsfett är genom ultraljud. Ultraljudsmätningar anses ge ett relativt säkert värde för tjockleken av underhudsfettet. Eftersom metoden är kostsam är den inte relevant att använda i kommersiella besättningar, men kan med fördel användas som ett valideringsverktyg. Levande vikten kan relateras till underhudsfettet och registreras eller beräknas genom kroppsmått.

Det finns få studier i litteraturen som samtidigt undersökt sambandet mellan ultraljudsmätningar, hullbedömning och levande vikt. Holstein har varit i fokus i de flesta av de studier som har undersökt hull. Det finns behov av undersökningar som studerar dessa samband samt skillnaden mellan olika raser däribland SLB och SRB.

Syftet med detta examensarbete var därför att studera relationen mellan hull, levande vikt och mått på tjockleken av underhudsfettet uppmätt med hjälp av ultraljud, förändringen av dessa under laktationen, samt eventuella skillnader mellan SLB och SRB. Relationen mellan måtten analyserades dels inom enstaka laktationsveckor och dels som förändringar mellan olika laktationsveckor. Dessutom analyserades sambandet mellan nämnda mått till tidiga fruktsamhetsmått såsom antalet dagar från kalvning till första luteala aktiviteten (CLA) samt första ovulatoriska brunst. (FOB).

LITTERATURSTUDIE

Mobilisering av kroppsvävnad

Efter kalvning är det vanligt att korna står i negativ energibalans eftersom de inte klarar av att tillräckligt försörja sig med näring (Berglund & Danell, 1987). Mjölproduktionen ökar i början av laktationen samtidigt som konsumtionsförmågan inte är tillräcklig. Sambandet mellan energibalans och mjölkavkastning är tydlig eftersom energibalansen är en funktion av avkastningen. I en studie med högmjolkande kor av Bruckmaier *et al.* (1998) kvarstod den negativa energibalansen fram till 12 veckor efter kalvning. Veerkamp *et al.* (2000) visade att en ökad mjölkavkastning och minskad konsumtion av torrs substans var relaterad till en sämre energibalans.

Energibalansen har visat sig vara relaterad till förändring av både hull och vikt (Berglund & Danell 1987; Kadarmideen, 2004 och Walters *et al.*, 2002). Anledningen är att korna, som kompensation för den bristande näringstillförseln under tidig laktation, mobiliserar kroppsvävnad (Berry *et al.*, 2003). Tamminga *et al.* (1997) fann att mobiliseringen var störst under första veckan efter kalvning. Resultat från en annan studie visade att mobiliseringen omfattade både muskelvävnad och fettvävnad från olika depåer (Butler-Hogg *et al.*, 1985). I samma studie ändrades mängden kroppsfett signifikant under laktationen i motsats till muskelvävnad, skelett och inre organ som inte ändrades signifikant. Tamminga *et al.* (1997) redovisade i likhet med föregående studie att Holsteinkor i negativ energibalans mobiliserade fettvävnad i större utsträckning jämfört med muskelvävnad, 30,9 kg respektive 4,6 kg, under de första åtta veckorna efter kalvning. Dessutom mobiliserades muskelvävnad under de första fem veckorna medan fettvävnad mobiliserades under alla åtta veckorna studien pågick, men skillnaden mellan kor var stor. Mobiliseringen av fettvävnad ledde, i en studie av Butler-Hogg *et al.* (1985), till att korna fick ett tunnare hull. Kadarmideen (2004) rapporterade att kroppsfettet minskade under de första fem månaderna efter kalvningen för att sedan successivt öka fram till nästa kalvning och mobiliseringen gjorde att korna minskade i både hull och vikt.

I en studie av Butler-Hogg *et al.* (1985) mobiliserades den största mängden fett från det intramuskulära fettlagret i jämförelse med andra fettdepåer, men det var underhudsfettet som proportionellt sett ändrades mest. Gregory *et al.* (1998) fann att fettvävnaden vid revbenen ändrades signifikant mer än invärtes fett i takt med att hullpoängen minskade. Butler-Hogg *et al.* (1985) fann att poportionerna mellan olika fettdepåer ändrades signifikant mellan olika perioder under laktationen.

Förändring av hullet

Flera studier har visat att korna minskar i hull efter kalvning för att senare i laktationen gradvis öka (Banos *et al.*, 2004; Berglund & Danell, 1987; Bruckmaier *et al.*, 1998; Ekström (2002); Koenen *et al.*, 2001; Mao *et al.*, 2004 och Pryce *et al.*, 2001). Bruckmaier *et al.* (1998) fann att den period när korna var i negativ energibalans sammanföll med försämrat hull. Hullminskning anges pågå till 2-3 månader efter kalvning (Banos *et al.*, 2004; Koenen *et al.*, 2001; Mao *et al.*, 2004 och Pryce *et al.*, 2001). Bruckmaier *et al.* (1998) fann att fettvävnaden i ryggen minskade under de första åtta veckorna av laktationen. Tjockleken på fettlagret vid stora ryggmuskeln ändrades signifikant under laktationen och förändrades mest i

mitten av laktationen. Under sinperioden är kornas hull som högst (Dechow *et al.*, 2001; Jaurena *et al.*, 2005).

Hullförändringen har visat sig skilja sig mellan magra och feta kor. Berry *et al.* (2002), Garnsworthy and Jones (1987) och Lacetera *et al.* (2005) fann att kor som är feta vid kalvning tenderade att minska mer i hull jämfört med magra kor. Berry *et al.* (2002) analyserade effekten av selektion för kraftigare hullminskning i början av laktationen i ett försök med Holstein. De kor som minskade mest i hull fram till 60 dagar efter kalvning, och fortsatte minska i hull fram till 180:e laktationsdagen, var därefter de som återhämtade sig snabbast (Berry *et al.*, 2002).

Holstein har ett tunnare hull jämfört med andra mjölkkraser (Kadarmideen 2004 och Koenen *et al.*, 2001). Andelen Holsteingener har också visat sig ha en signifikant effekt på hullet (Kadarmideen 2004). Ekström (2002) jämförde hullet på svensk lågland (SLB) och svensk röd och vit boskap (SRB) och fann att SRB i genomsnitt hade 0,2 högre hullpoäng (skala 1-5) än SLB. Vid jämförelse mellan Holstein och Jersey och Röd Dansk boskap (RDM) visade Mao *et al.* (2004) att den sistnämnda hade det tjockaste hullet. Holstein och Jersey hade ca 0,5 poäng lägre hull vid lägsta nivå jämfört med den röda rasen. I en studie av Koenen *et al.* (2001) minskade Holstein mer i hull än den röda rasen som ingick i försöket. Koenen *et al.* (2001) visade att det tog längre tid för Holstein jämfört med en röd mjölkkras att återfå samma hull senare i laktationen som vid kalvning. Schwager-Suter, *et al.* (2000) fann att effekten av laktation och ras (Holstein, Jersey och en korsning av dessa) på hullet var liten.

Flera forskare har visat att sambandet mellan hull och mjölkavkastning är negativt, vilket anses tyda på att en kraftigare hullminskning är relaterat till högre mjölkavkastning (Berry *et al.*, 2002; Berry *et al.*, 2003; Dechow *et al.*, 2001; Gallo *et al.*, 2001; Kadarmideen 2004 och Pryce *et al.*, 2001). Butler-Hogg *et al.* (1985) rapporterade att kroppsfettet minskade under perioden då mjölkproduktionen ökade, vilket i försöket var till omkring 38 dagar efter kalvning. Den genetiska korrelationen mellan hull och mjölkavkastning har angivits vara mellan -0,39 och -0,50 (Gallo *et al.*, 2001 och Kadarmideen, 2004). I en studie av Berry *et al.* (2002) var den fenotypiska korrelationen mellan hull vid kalvning och avkastning nära noll. Detta stöds av Kadarmideen (2004) som visade att laktationsstadiet har en signifikant effekt på kornas hull.

Pryce, *et al.* (2001) kunde visa att Holstein selekterade för högt fett- och proteininnehåll i mjölken var tunnare och förlorade mer hull från kalvning till laktationsvecka 10 jämfört med en kontrollinje och detta påverkade reproduktionsresultatet negativt. Selektionslinjen hade tunnare hull i alla stadier av laktationen. Korrigering för mjölkavkastning vid laktationsvecka 26 ändrades inte skillnaderna mellan linjerna, med undantag för under laktationsvecka 1 (Pryce *et al.*, 2001). Gallo *et al.* (2001) påvisade också ett negativt samband mellan mjölkfett och hull. Den genetiska korrelationen mellan mjölkfett och hull var -0,43 och motsvarande fenotypiska korrelation var -0,15.

Förändring av levande vikten

Butler-Hogg *et al.* (1985) visade att vikten påverkades av kornas fysiologiska stadium såsom dräktighet, laktation och sinperiod. Vikten var högst vid kalvning och minskade i tidig laktation. Veerkamp *et al.* (2000) visade att det fanns ett positivt samband mellan vikten de första 15 veckorna efter kalvning och energibalansen. I slutet av laktationen var vikten åter i

nivå med kalvningsvikten (Butler-Hogg *et al.*, 1985). Jaurena *et al.* (2005) redovisade att kornas vikt var högre under sinperioden jämfört med under laktationen. Berry *et al.* (2002) fann att viktökningen kommer i gång tidigare under laktationen jämfört med hullökningen. I samma studie såg man att kor som vägde mycket 5 dagar efter kalvning tenderade att minska mer i vikt än kor som vägde lite.

Sambandet mellan vikt och mjölkavkastning har konstaterats vara lägre än mellan hull och mjölkavkastning. Berry *et al.* (2003) angav att den genetiska korrelationen mellan vikt och avkastning var nära noll, -0,07 och 0,09. Efter korrigerig för hullförändring blev relationen mellan vikt och avkastning mer positiv 0,01 – 0,39 (Berry *et al.*, 2003). Veerkamp *et al.* (2000) angav att den genetiska korrelationen mellan vikten vid enstaka tillfällen i början av laktationen och avkastning var låg, mellan -0,18 och -0,06, och lägst under första veckan efter kalvning. Motsvarande fenotypiska korrelation var nära noll. Veerkamp *et al.* (2000) angav att den genetiska och fenotypiska korrelationen mellan viktsförändring i tidig laktation och avkastning var -0,38 respektive -0,33. Berry *et al.* (2002) fann att vikten tenderar att ha en positiv genetisk korrelation till avkastning i början av laktationen och en negativ korrelation i slutet av laktationen. Den fenotypiska korrelationen mellan vikt och avkastning var positiv i början av laktationen och nära noll i slutet. I Gallos studie (2001) var den genetiska korrelationen mellan bröstomfång och mjölkfett respektive mjölkprotein nära noll.

Samband med fruktsamhet

Flera studier har konstaterat att negativ energibalans i början av laktationen påverkar reproduktionen negativt (Berglund *et al.*, 1989 och Buckely *et al.*, 2003). Hull, som är mått på kons energibalans har haft ett fördelaktigt samband med fruktsamhet (Banos *et al.*, 2004; Berry *et al.*, 2003; Buckely *et al.*, 2003; Dechow *et al.*, 2001; Kadarmideen 2004; Pryce *et al.*, 2001; Shrestha, *et al.*, 2005 och Veerkamp *et al.*, 2000). Banos *et al.* (2004) visade att sambandet var starkast i början av laktationen. Kons hull före kalvning och vid kalvning har inte verkat ha någon effekt på reproduktionen (Buckely *et al.*, 2003 och Gillund *et al.*, 2001). Pryce *et al.* (2001) och Veerkamp *et al.* (2000) visade att hullet under första veckan efter kalvning hade ett svagare samband med reproduktionen jämfört med hullet vid 10 veckor respektive 15 veckor efter kalvning.

Reproduktionen har i några studier visat sig ha ett starkare samband med hullet vid enstaka tidpunkter jämfört med hullförändringar (Banos *et al.*, 2004 och Pryce *et al.*, 2001). Pryce *et al.* (2001) fann att hullet vid laktationsvecka 10 var starkare relaterat till reproduktionen än hullförändringen mellan vecka 1 och 10. Mösenfechtel *et al.* (2002) påvisade inte heller något samband mellan minskning av tjockleken på ryggefettet i början av laktationen och reproduktionen. Däremot fann Gillund *et al.* (2001) att kor som minskade kraftigt i hull under tidig laktation hade hälften så stor möjlighet att bli dräktiga vid första inseminationen. En hullminskning på mer än 0,5 poäng (skala 1-5) påverkade reproduktionen negativt (Buckley *et al.*, 2003). Gillund *et al.* (2001) visade också att det fanns ett samband mellan minskning av hull under tidig laktation och förlängt intervall från kalvning till dräktighet eller ökat antal insemineringar per dräktighet, däremot fanns det inget samband till antal dagar från kalvning till första inseminationen (Gillund, *et al.*, 2001).

Extremt feta respektive magra kor har i flera studier haft samband med sämre reproduktion jämfört med kor med ett medelhull (Pryce *et al.*, 2001 och Mösenfechtel *et al.*, 2002). Mösenfechtel *et al.* (2002) menade att det finns en optimal tjocklek på ryggefettlagret i

relationen till reproduktionen. Buckley *et al.* (2003) rapporterade att kor som mellan 60 och 100 dagar efter kalvning hade mindre än 2,5 hullpoäng (skala 1-5) hade sämre reproduktion. López-Gautius *et al.* (2003) angav att kor med låg hullpoäng vid kalvning hade ett längre intervall till dräktighet än kor med normalt hull. Shrestha *et al.* (2005) fann att ett tunnare hull samt hullminskning ökade risken av försenad första ovulation eller försenad brunst.

Den genetiska korrelationen mellan hull och fertilitet är högre än den fenotypiska korrelationen (Dechow *et al.*, 2001; Kadarmideen 2004 och Veerkamp *et al.*, 2000). Den genetiska korrelationen mellan hull och antal dagar från kalvning till första inseminationen samt antal dagar från första inseminationen till dräktighet varierade mellan -0,44 och -0,04, varav den senare egenskapen hade en lägre korrelation (Berry *et al.*, 2003 och Kadarmideen 2004). Den genetiska korrelationen mellan hull och antal inseminationer per dräktighet har rapporterats vara mellan -0,52 och -0,33 (Berry *et al.*, 2003) samt mellan -0,25 och -0,08 (Dechow *et al.*, 2001). Berry *et al.* (2003) angav att den genetiska korrelationen mellan hull och dräktighetsprocenten vid första inseminationen var 0,24-0,46. Den genetiska korrelationen mellan hull och icke-omlöparprocent rapporteras vara mellan -0,19 och -0,32 (Banos *et al.*, 2004) respektive -0,35 (Kadarmideen 2004). Motsvarande korrelation mellan hullförändring (10: e - 305: e laktationsdagen) och icke-omlöparprocent var mellan 0,00 och -0,21 (Banos *et al.*, 2004). Korrelationen mellan vikt och fertilitet är lägre jämfört med hull och fertilitet (Berry *et al.*, 2003). Den fenotypiska korrelationen mellan vikt och CLA var -0,10 till -0,16, vilket var svagare än den genetiska korrelationen (Veerkamp *et al.*, 2000).

Pryce, *et al.* (2001) visade att mjölkavkastning hade en negativ genetisk korrelationen till reproduktionen. I en studie av Kadarmideen (2004) var sambandet negativt mellan mjölktyp och antal dagar till första insemination. Veerkamp *et al.* (2000) konstaterade att sambandet mellan CLA och mjölkavkastning var ogynnsamt. Shrestha, *et al.*, (2005) fann inget samband mellan 305 dagars mjölkavkastning och normal, förlängd respektive försenad första ovulation. I flera studier har korrigering för mjölkavkastning inte påverkat sambandet nämnvärt mellan hull och reproduktionsegenskaper (Berry *et al.*, 2003; Dechow *et al.*, 2001 och Pryce *et al.*, 2001).

Samband mellan hull, levande vikt och kroppsfett

Hull och vikt

Hull har i ett flertal studier visat sig ha ett positivt samband med levande vikt (Berry *et al.*, 2002; Berry *et al.*, 2003; Frood & Croxton, 1978; Gallo *et al.*, 2001; Gillund *et al.*, 1999; Gregory *et al.*, 1998; Jaurena *et al.*, 2005; Nielsen *et al.*, 2003 och Otto *et al.*, 1991). Frood & Croxton (1978) och Jaurena *et al.* (2005) fann att detta samband var linjärt. Jaurena *et al.* (2005) studerade Holstein, under sex veckor före till åtta veckor efter kalvning, och fann att en ökning med 1 hullpoäng (skala 1- 5) var relaterad till + 35 kg och + 21 kg under sinperioden respektive laktationen. I en annan studie var varje hullpoäng (1-5) relaterat till en ökning med 56 kg (Otto *et al.*, 1991). Gillund *et al.* (1999) redovisade att för kor med gott hull är varje hullpoäng relaterad till en ökning av vikten med 74 kg. I studien ökade magra kor i vikt utan att öka i hull. Detta förklarar författarna med att norsk röd boskap, jämfört med andra raser, lagrar en större andel av kroppsfettet på andra platser än subkutant (Gillund *et al.*, 1999).

Den genetiska respektive den fenotypiska korrelationen mellan hull och vikt mätta vid samma dag var omkring 0,50 i en studie av Berry *et al.*, (2002). Gillund *et al.* (1999) redovisade att sambandet mellan hull- och viktsförändring varierade med laktationsstadiet. Den var starkt positiv i mitten och slutet av laktationen medan den i början av laktationen endast var signifikant för feta kor (Gillund *et al.*, 1999). Hull var positivt korrelerat till bröstomfång, 0,30 (Gallo *et al.*, 2001). Bröstomfånget ökade för hullpoäng över 2 (skala 1-5) (Otto *et al.*, 1991). I en studie av Gregory *et al.* (1998) fann man en tendens att slaktkroppsvikten och levandevikten ökade med ökat hull. Den fenotypiska och genetiska korrelationen mellan vikt- och hullförändring under samma period var 0,21-0,44 respektive 0,42-0,55 (Berry *et al.*, 2002). Motsvarande korrelation i studien av Gillund *et al.* (1999) var 0,33 men variationen i materialet var stor.

Nielsen *et al.* (2003) undersökte Röd Dansk boskap, dansk Holstein och Jersey. De båda första raserna var selekterade för mjölkavkastning respektive mjölk- och köttproduktion och Jersey var indelad i dels en amerikansk och en dansk genetisk grupp. I studien fann man inga skillnader mellan selektionslinjerna inom respektive ras för sambandet mellan vikt och hull.

Hull och kropps fett

Jaurena *et al.* (2005) rapporterade att hullförändringar reflekterar både förändringar i kropps fettet och muskelmassan. Sambandet mellan hull och kropps fett analyserades av Gregory *et al.* (1998) och de kom fram till att sambandet är positivt kurvilinear. Författarna menade utifrån sina resultat att endast hullpoäng över 3 (skala 1-8) reflekterar ändringar av kropps fettet. Jaurena *et al.* (2005) rapporterade däremot att detta samband är linjärt och att en ökning av tjockleken på ryggfettlagret med 33 mm var kopplat till en ökning av hullet med 1 hullpoäng. Sambandet mellan hull och muskelvävnad var däremot kurvilinear i undersökningarna av Jaurena *et al.* (2005) och Gibb & Ivings (1993). För varje ökning av hullet med en poäng (0-5 skala) ökade dock tjockleken av stora ryggmuskeln mer än ryggefettlagret (Jaurena *et al.*, 2005).

Jaurena *et al.* (2005) fann att sambanden mellan hullförändring och kropps fett respektive mellan hullförändring och muskelansättning skiljer sig längs hullskalan. Kropps fett hade en starkare koppling till förändring av höga hullvärden och muskelansättning till låga hullvärden (Jaurena *et al.*, 2005). Zulu *et al.* (2001) noterade att man på vissa kor med höga hullpoäng uppmätte låga ultraljudsvärden för tjockleken av underhudsfettet, vilket antydde att hullet inte fullt ut reflekterar fettlagret. Gillund *et al.* (1999) visade att det finns ett signifikant samband mellan hull och tjockleken på fettlagret uppmätt med ultraljud i en specifik mätpunkt. Schwager-Suter, *et al.* (2000) visade att variationen i hull till största delen kan förklaras av ultraljudsmått. I en studie av Otto *et al.* (1991) analyserades sambandet mellan hull och fettvävnaden mellan 9:e och 11:e revbenen. Den fenotypiska korrelationen mellan fettlagret och hullet var 0,59. När hullpoängen var lika eller mindre än 2,5 var det inte möjligt att dissekera fram fettvävnad. Tunna kor hade högre andel råprotein och mindre andel råfett i kropps vävnaden än kor med minst hullpoäng 4.

Korrelationen mellan hullet och tjockleken på underhudsfettet, uppmätt med hjälp av ultraljud, vid länden och korsryggen har angivits vara mellan 0,70 och 0,72 (Gillund *et al.*, 1999). Även Zulu *et al.*, (2001) och Domecq *et al.* (1995) har undersökt sambanden mellan hull och underhudsfett. Zulu *et al.* (2001) fann att den fenotypiska korrelationen varierade mellan 0,62 och 0,67 medan korrelationen mellan hull och ett medelvärde från flera

ultraljudsmätningar var något högre 0,72. Domecq *et al.* (1995) angav att underhudsfettet hade en signifikant fenotypisk korrelation med hull, 0,35 – 0,65 och sambandet kvarstod om endast ena kroppssidans mått användes.

Vikt och kropps fett

Gibb & Ivings (1993) fann att hull och levande vikt svarar för den största andelen av variationen i det totala kropps fettet. Däremot visade Butler-Hogg *et al.* (1985) att det inte fanns något signifikant samband mellan levande vikt och underhudsfett eller andra fettdepåer och författarna drog slutsatsen att levande vikten inte är någon bra indikator på kon energibalans. Sambandet var i en studie av med Friesiankor starkare mellan hull och kropps fett jämfört med sambandet mellan levande vikt och kropps fett (Gregory *et al.*, 1998).

I en studie av Ivings *et al.* (1993) undersökte man relationen mellan vikt och kropps fett hos mjölk kor. Fettvävnaden mättes med ultraljud, samt genom dissektion och kemisk analys av slakt kroppen. Ultraljudsmätningar av underhudsfettet gjordes på två punkter, bakben och skuldra. Relationen mellan ultraljudsmått och vikt till dissektion och kemisk analys visade att de båda första stod för 66-87 % av variationen. Såväl kemisk analys som dissektion hade ett signifikant samband med ultraljud och levande vikten. Varken laktationsnummer, utfodring eller laktationsvecka hade någon signifikant effekt på resultaten. Butler-Hogg *et al.* (1985) fann att underhudsfett hade ett starkt samband med den totala mängden kropps fett.

Samband mellan samma mått under laktationen

Hullpoäng

Flera studier har analyserat sambandet mellan hullpoäng under olika delar av laktationen. Dechow *et al.* (2001) angav att detta samband hade en hög genetisk korrelation, 0,74-1,0. Korrelationen var högre än 0,97 när hullpoängen vid kalvning togs bort (Dechow *et al.*, 2001). Berry *et al.* (2002) redovisade också en hög genetisk korrelation, 0,72-0,95 och ansåg att hull uppmätta i olika delar under laktationen är samma genetiska egenskaper. Koenen *et al.* (2001) ansåg också att hull i olika stadier av laktationen är samma egenskap eftersom den genetiska korrelationen var nära 1. Vid jämförelse mellan raser visade Koenen *et al.* (2001) att den genetiska korrelationen mellan hullvärden vid enstaka tillfällen var 0,97-1,00 för Holländsk svart och vit boskap (DBW) och 0,86-1,00 för Holländsk röd och vit boskap (DRW). Gallo *et al.* (2001) redovisade en hög genetisk korrelation (0,74-0,97) som överensstämmer med tidigare nämnda resultat. Tolkningen skiljer sig däremot eftersom Gallo *et al.* (2001) menar att hull i tidig respektive sen laktation är olika egenskaper. Banos *et al.* (2004) studerade förstagångskalvare och den genetiska korrelationen mellan hullpoäng under olika delar av laktationen var 0,50-0,96. De menar att hull inte är samma egenskap i alla stadier under laktationen. Koenen *et al.* (2001) och Gallo *et al.* (2001) ansåg dock att korrelationen trots allt var tillräckligt hög för att hull uppmätt en gång under laktationen ska ge ett representativt värde. Den fenotypiska korrelationen i samma studie var 0,49-0,57.

Gemensamt för många studier är att korrelationen minskar då tidsavståndet ökar mellan olika hullbedömningar (Banos *et al.*, 2004; Berry *et al.*, 2002; Gallo *et al.*, 2001 och Koenen *et al.*, 2001). Dechow *et al.* (2001) analyserade korrelationen mellan hullpoäng vid sinläggning och

kommande kalvning och visade att den genetiska korrelationen var mellan 0,84 och 0,96 samt att den fenotypiska korrelationen var mellan 0,30 och 0,72. Berry *et al.* (2002) angav att den fenotypiska korrelationen mellan hullpoäng vid olika stadier under laktationen var 0,64-0,89. Gallo *et al.* (2001) rapporterade en något lägre fenotypisk korrelation, 0,49-0,57.

I en studie av Berry *et al.* (2002) var den genetiska korrelationen mellan hullförändringar under olika stadier av laktationen mellan -0,61 och 0,58, medan den fenotypiska korrelationen var lägre, mellan -0,24 och 0,51. Korrelationen var negativ mellan tidig och mitt- respektive sen laktation. Samma studie visade också att ett hullvärde tidigt, i mitten eller sent i laktationen är en dålig genetisk indikator för hullminskningen efter kalvning. Berry *et al.* (2003) rapporterade att den genetiska korrelationen mellan hullet vid en tidpunkt och hullförändring var mellan -0,51 och -0,14. Pryce *et al.* (2001) fann att den genetiska korrelationen mellan medelvärdet för hullet under laktationsvecka 1 till 10 och hullet vid laktationsvecka 1 respektive 10 var starkare än sambandet med hullförändringen under samma period. Författarna menade att ett enstaka värde på hull eller ett mått på medelhullet var ett bättre selektionkriterium än hullförändring.

Mao *et al.* (2004) visade att hullpoängen inte skiljer sig mellan olika laktationsnummer och de ansåg att hull i olika laktationer är samma egenskap. Dechow *et al.* (2001) fann i sin studie att korrelationen mellan hullpoäng i olika laktationer är hög. Korrelationen mellan första och andra respektive andra och tredje laktationen var 0,85-1,00 (Dechow *et al.*, 2001). Den fenotypiska korrelationen var lägre än den genetiska korrelationen, 0,15-0,69 (Dechow *et al.*, 2001).

Ultraljudsmätning av underhudsfett

Domecq *et al.* (1995) fann att korrelationen för Holstein mellan mätpunkterna för ultraljud varierade mellan 0,36 och 0,86 men att standardavvikelsen var betydande. Korrelationen blev inte starkare om man använde flera mätpunkter i regressionsmodellen jämfört med endast en mätpunkt och de drog slutsatsen att ett ultraljudsmått är tillräckligt för att ge ett representativt mått. Zulu *et al.* (2001) redovisade ett starkt samband mellan ultraljudsmått på höger och vänster sida, vilket, enligt författarna, tyder på att mätning av en sida är tillräckligt. Gillund *et al.* (1999) undersökte tjockleken på underhudsfettet på norsk röd boskap och fann att sambandet var starkt mellan olika mätpunkter. Den fenotypiska korrelationen varierade mellan 0,68 och 0,92. Dessutom var korrelationen i samma studier mellan mätningar under olika delar av laktationen hög, över 0,93.

Vikt och viktsförändring

Den genetiska korrelationen mellan vikt i vecka 1 och 15 var 0,86 och den fenotypiska 0,74 (Veerkamp *et al.*, 2000). Den fenotypiska korrelationen mellan vikt vid olika stadier under laktationen var mellan 0,76 och 0,89 i en studie av Berry *et al.* (2002). Motsvarande genetiska korrelation var mellan 0,90 och 0,97. Den genetiska korrelationen mellan bröstomfång i sinperioden och under laktationen var genomsnittligt 0,80, och varierade mellan 0,76-0,97 och den fenotypiska korrelationen var 0,63-0,70 (Gallo *et al.*, 2001)

Bröstomfång är starkt korrelerat till vikt (Jokinen, 2005). Den genetiska och fenotypiska korrelationen mellan bröstomfång vid olika tillfällen under laktationen var 0,76-0,97

respektive 0,63-0,70 i studien av Gallo *et al.* (2001). Berry *et al.* (2002) visade att den genetiska korrelationen mellan förändringen av levande vikt under olika stadier av laktationen var mellan -0,47 och 0,74. Den fenotypiska korrelationen i samma studie var något lägre, mellan -0,15 och 0,72.

Arvbarhet

Hull

Arvbarheten för olika hullvärden har skattats i flera rapporter. Arvbarheten för hull under laktationen skattades till 0,22 av Dechow *et al.* (2003), 0,29 av Gallo *et al.* (2001) och 0,26 av Kadarmideen (2004). Arvbarheten för hull är lägst i början av laktationen (Berry *et al.*, 2003; Berry *et al.*, 2002; Gallo *et al.*, 2001 och Koenen *et al.*, 2001). Berry *et al.* (2003) skattade en arvbarhet för hull till 0,58 vilket är relativt högt jämfört med andra studier, medan Dechow *et al.* (2001) skattade arvbarheten till 0,07-0,20. Pryce *et al.* (2001) redovisade att arvbarheten var lägre för hull vid kalvning jämfört med hull under laktationen. Författarna ansåg att ett hullvärde i laktationsvecka 10 är en bättre indikator för hullförändring än ett värde vid kalvning.

Arvbarheten för hull i olika laktationer varierade i en studie av Mao *et al.* (2004). I motsats till föregående studie angav Dechow *et al.* (2001) att arvbarheten inte varierar särskilt mycket mellan laktationer. Arvbarheten under sinperioden skattades till 0,32 vilket var på samma nivå som under laktationen (Gallo *et al.*, 2001). Mao *et al.* (2004) angav att arvbarheten för hull var 0,30-0,60 för Holsteinkor och 0,58-0,70 för Dansk röd boskap. Arvbarheten har visat sig vara lägre för hullförändring än för enstaka hullvärden (Berry *et al.*, 2002; Berry *et al.*, 2003 och Pryce *et al.*, 2001). Koenen *et al.* (2001) skattade arvbarheten för hull till 0,38 för Holländsk svart och vit boskap och till 0,30 för Holländsk röd och vit boskap 0,30.

Vikt

Arvbarheten för levande vikt under olika stadier av laktationen har skattats till 0,39-0,50 (Berry *et al.*, 2002), 0,48-0,56 (Veerkamp *et al.*, 2000) och 0,39-0,57 (Berry *et al.*, 2003). Liksom för hull var även arvbarheten för vikt lägst i början av laktationen (Berry *et al.*, 2002 och Berry *et al.*, 2003). Gallo *et al.* (2001) skattade arvbarheten för bröstomfång i olika stadier under laktationen till 0,33. Arvbarheten för kornas vikt under sinperioden var 0,40 (Gallo *et al.*, 2001). Arvbarheten för viktsförändringen var lägre än för enstaka viktvärden (Berry *et al.*, 2002; Berry *et al.*, 2003 och Veerkamp *et al.*, 2000). Arvbarheten för en medelvikt under laktationen skattades till 0,60 (Berry *et al.*, 2003).

MATERIAL OCH METODER

Djurmaterial

Alla observationer hämtades från Institutionens för husdjursgenetik försöksbesättning vid Jälla naturbruksgymnasium och härrör till perioden 1997-2002. I försöket ingick 211 kor av raserna Svensk Holstein (SLB) och Svensk Röd och vit boskap (SRB). Fördelningen mellan raserna var som följer, 86 SLB och 124 SRB. Under den studerade perioden pågick ett selektionsförsök med SRB, vilket påbörjades 1985. Korna selekterades för hög eller låg mjölkfetthalt vid lika till hög total energiproduktion i mjölken. Selektionslinjerna har i studien hanterats som två olika raser. Antalet kor selekterade för hög respektive låg fetthalt var 51 respektive 73. Såväl förstakalvare som kor i senare laktationer (2-7) ingick i försöket, se tabell 1. Korna producerade i genomsnitt 8427 – 9766 kg ECM under 1997 till 2002.

Samtliga kor har sedan 1994 varit indelade i två förbestämda kalvningsintervall på 12 respektive 15 månader. Korna var inhysta i lösdrift samt i ett uppbundet system. Fram till juli 2000 var korna inhysta i samma system under alla laktationer. Efter juli 2000 var de högmjolkande korna placerade i lösdriften och de lågmjolkande i det uppbundna systemet. Syftet med förflyttningarna av kor mellan systemen är att på ett bättre sätt än tidigare näringsförsörja de högmjolkande korna.

Alla kor utfodrades med samma foder och enligt svensk norm (Spörndly 1993). En kraftfodervagn och grovfodervagn användes i det uppbundna systemet. I lösdriften hade korna fri tillgång till grovfoder och kraftfodret tilldelades i automat.

Tabell 1. Antal observationer, totalt och per individ för vikt, hull och ultraljud (UI-1, UI-2), fördelade på SLB och SRB där K= antal kor, L= antal laktationer och LN= genomsnittligt antal observationer per L

Variabel	SRB-låg				SRB-hög				SLB			
	N	K	L	LN	N	K	L	LN	N	K	L	LN
Vikt	1398	73	119	11,7	1042	51	89	11,7	1596	86	138	11,6
Hull	226	35	47	4,8	186	22	33	5,6	227	39	52	4,4
UI-1	425	44	70	6,1	360	37	56	6,4	476	54	78	6,1
UI-2	424	44	70	6,1	359	37	56	6,4	476	44	78	6,1

Observationerna är fördelade mellan laktation 1 till 7 som visas i tabell 2. Drygt 40 % av det totala antalet registreringarna var från första laktationen.

Tabell 2. Antal observationer totalt per laktation

Variabel	Laktationsnummer							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Vikt	1758	1037	658	332	135	86	30	4036
Hull	265	175	123	37	22	9	8	639
UI-1	517	348	241	83	43	18	11	1261
UI-2	517	347	241	83	43	17	11	1259

Mätningar

Vikt

Viktsuppgifterna för denna studie var från januari 1997 till juli 2002. Kornas vikt uppmättes med hjälp av en våg. Varje ko vägdes minst en gång per laktation under en eller flera laktationer. Vägningarna skedde i laktationsvecka 1, 4, 8, 12, 20 och därefter var åttonde vecka under resten av laktationen.

Hull

Hullet bedömdes genom inspektion samt palpation av revben, höftknölar, bröst- och ländkotor samt svansrot, efter en modell av Edmonsson *et al.* (1989). Skalan för hullpoäng gick från 1 till 5 med halva mellansteg. Magra kor tilldelades låga poäng och feta kor höga poäng. Hullbedömningarna gjordes från oktober 1998 till juli 2000. Korna bedömdes 3 veckor före kalvning och därefter i laktationsvecka 1, 4, 8, 16, 28 och 36, vid sinläggning samt före slakt. En och samma person gjorde alla hullbedömningar.

Ultraljudsmätning av underhudsfett

Tjockleken på kornas underhudsfett mättes med hjälp av ultraljud. Mätningarna gjordes på två olika punkter på kroppen, 5 cm ventralt om tredje ländkotan (UI-1) samt vid sista ryggkotan (UI-2). Mätningarna skedde mellan mars 1997 och juli 2000. Mätningarna gjordes 3 veckor före kalvning och därefter i laktationsvecka 1, 4, 8, 16, 28 och 36, vid sinläggning samt före slakt. Registreringarna genomfördes av samma person som gjorde hullbedömningarna men med en dags mellanrum till hullbedömningarna.

Reproduktionsegenskaper

Mått på den tidiga fruktsamheten erhöles från progesteronprofiler och brunstobservationer i en annan studie (Petersson *et al.*, 2006). Intervallet från kalvning till första lutealfas (CLA) registrerades på 211 kor från januari 1997 till januari 2001. Tiden mellan kalvning och första ovulatoriska brunst (FOB) registrerades på 140 kor mellan januari 1997 och december 2000. Mjolkprover uttogs för progesteronanalyser. Två prover togs varje vecka från och med andra veckan efter kalvning fram till första ägglossning och därefter en gång per vecka.

Mjölkkavkastning

Uppgifter om mjölkkavkastningen för besättningen fanns tillgänglig från en studie av Petersson *et al.* (2006). Mjölken vägdes och analyserades veckovis enligt ovan och avkastningen beräknades i nämnda studie till kilogram energikorrigerad mjölk (ECM). I denna studie har 60 dagars avkastning använts.

Redigering av data

Registreringar på hull, vikt och underhudsfett slogs ihop till ett dataset tillsammans med uppgifter om CLA, FOB och ECM.

Korna befann sig i laktation 1-7. Registreringarna från laktation 3 och över slogs samman på grund av relativt få observationer i de högre laktationsnumren.

I variansanalyserna ingick uppgifter från laktationsvecka 1, 4, 8, 16 och 36. Observationer tidigt i laktationen valdes med hänsyn till eventuella samband till CLA och FOB som är tidiga fruktsamhetsmått. Laktationsvecka 36 fanns med för att få en bild av förändringen av hull, vikt och underhudsfett under laktationen. Viktobservationer från laktationsvecka 12 användes ej eftersom det inte fanns tillräckligt med mätningar av hull och underhudsfett under samma vecka.

UI-2 visade sig ha starkare samband med hull och vikt jämfört med UI-1, se tabell 6. Därför användes endast UI-2 i variansanalyser och korrelationsanalyser. Den höga korrelationen, se tabell 5, mellan UI-2 och UI-1 talade också för att det räcker att analysera det ena måttet.

Statistisk analys

Alla analyser utfördes med hjälp av SAS programpaket (SAS, Inst. Inc., 2000). Medelvärden beräknades med PROC MEANS och frekvenser med PROC FREQ. Korrelationer analyserades med PROC CORR. Variansanalyserna för vikt, hull och underhudsfett utfördes med PROC MIXED.

Vid variansanalyserna användes följande modell:

$$Y_{ijklmno} = \mu + r_i + k_j + i_{(ij)k} + l_j + lk_{jl} + b_l m_m + s_n + e_{ijklmno} \quad (\text{modell 1})$$

där

$Y_{ijklmno}$	= ijklmno:te observationen av vikt (kg), hull (poäng) respektive ultraljud (cm)
μ	= minsta kvadratmedelvärde
r_i	= fix effekt av ras/selektionslinje, $i = 1-3$
k_j	= fix effekt av kalvningsintervall, $j = 1-2$
$i_{(ij)k}$	= slumpmässig effekt av ko nästads inom ras/selektionslinje och kalvningsintervall, $\sim \text{IND}(0, \sigma^2_i)$
l_j	= fix effekt av laktationsnummer, $j = 1-3$
lk_{jl}	= fix effekt av samspel mellan laktationsnummer och kalvningsintervall
$b_l m_m$	= fix linjär regression av mjölkavkastning, m_m
s_n	= fix effekt av årsäsong, $n = 1-16$, respektive 1-8, respektive 1-12
$e_{ijklmno}$	= slumpmässig residualeffekt, $\sim \text{IND}(0, \sigma^2_e)$

Selektionslinjerna inom SRB hanterades som två olika raser. Kalvningsintervallet var klassade som antingen 12 eller 15 månader. Observationerna grupperades till laktationsnummer 1, 2 och ≥ 3 . Kalvningsssäsongen delades initialt in i ett sommarhalvår och ett vinterhalvår vilken visade sig ha en mycket liten effekt på hull, levande vikt och underhudsfett. Fortsatta analyser på säsongseffekten visade att det fanns en tendens till

skillnader mellan olika perioder under året. Kalvningssäsong delades därför in i fyra perioder, 1=januari till mars, 2= april till juni, 3= juli till september och 4=oktober till december. Antalet klasser under årsäsong varierade för vikt, hull och ultraljud beroende på när registreringarna hade genomförts. Viktobservationen kunde delas in i 16 klasser, hull i 8 klasser och ultraljud i 12 klasser. Den slumpmässiga effekten av ko nästad inom ras/selektionslinje och kalvningsintervall ingick endast när vikt analyserades där materialstorleken och antalet upprepningar per ko var tillräckligt stort för lösningen av denna effekt.

Vid analys av regressionseffekten av hull respektive vikt på ultraljud samt vikt på ultraljud användes modell 1 men med respektive kombinationer av regressioner inkluderade.

Ytterligare en modell (2) användes för att analysera effekten av mättillfälle. I modell 2 ingick förutom effekterna i modell 1 även effekten av mättillfälle.

RESULTAT

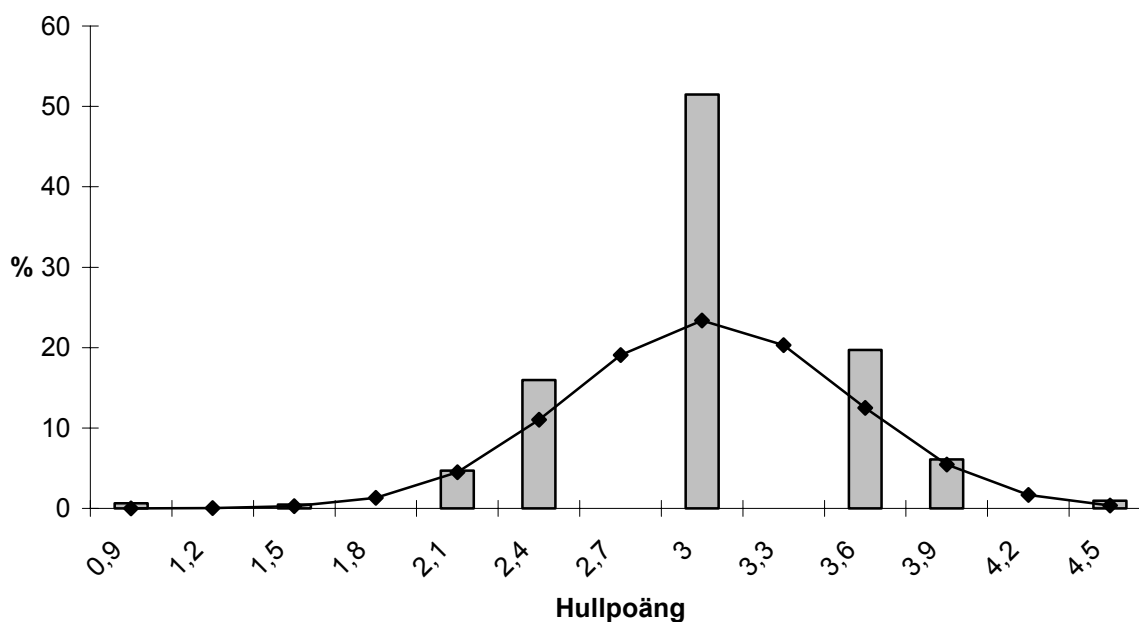
Okorrigerade värden

Okorrigerade medelvärden för hullpoäng, tjocklek på underhudsfettet och levande vikt redovisas i tabell 3. Båda SRB-linjerna hade i genomsnitt högre hullpoäng och tjockare underhudsfett än SLB. Skillnaden i fettlagrets tjocklek var liten mellan de olika mätpunkterna. SLB vägde i genomsnitt 29 kg mer än SRB-låg respektive 50 kg mer än SRB-hög.

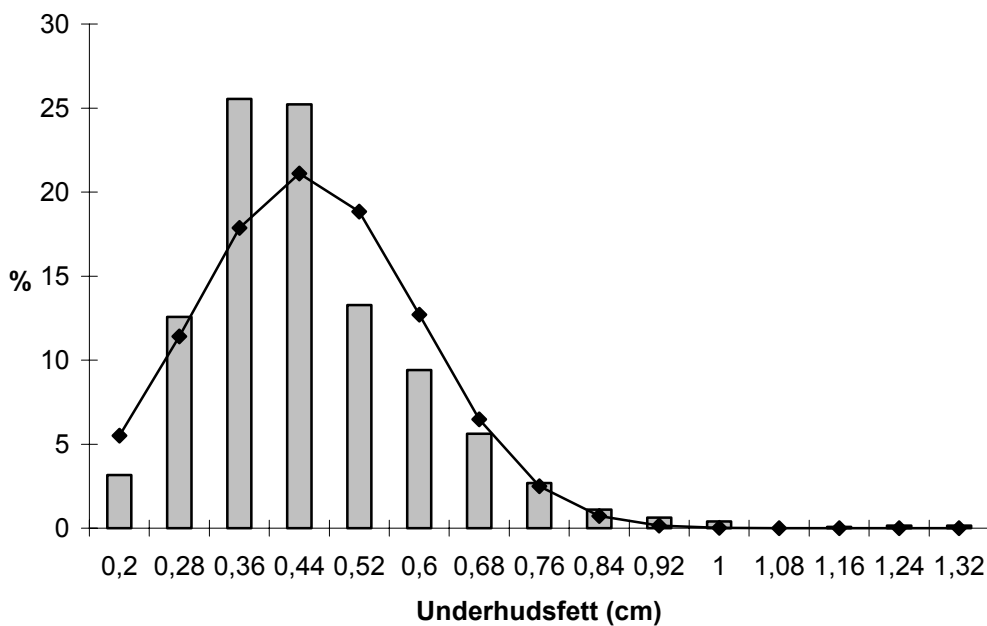
Tabell 3. Medelvärden för vikt (kg), hull (poäng) och tjockleken på underhudsfett (cm) för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB

Variabel	SRB-låg			SRB-hög			SLB		
	N	Medel	SD	N	Medel	SD	N	Medel	SD
Hull	226	3,18	0,47	186	3,10	0,43	227	2,82	0,52
UI-1	425	0,49	0,16	360	0,44	0,13	476	0,41	0,14
UI-2	424	0,48	0,16	359	0,45	0,14	476	0,41	0,14
Vikt	1398	641	71	1042	620	63	1596	670	73

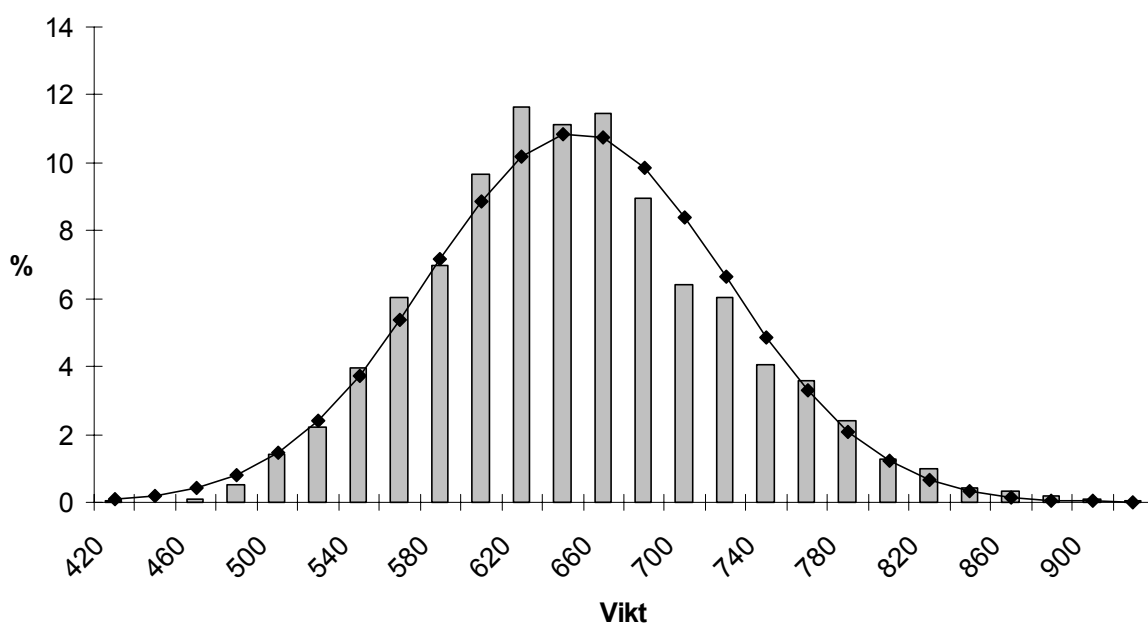
Figur 1-3 redovisar fördelningen av observationer på hull, vikt respektive tjockleken av underhudsfettet (enligt modell 2).



Figur 1. Fördelning av observationer på hullpoäng.



Figur 2. Fördelning av observationer på tjockleken på underhudsfettet.



Figur 3. Fördelning av observationer på levande vikt.

Förändringen av okorrigerade värden för vikt, hullpoäng och tjocklek på underhudsfettet under laktationen framgår av tabell 4. SRB-låg hade högst hullpoäng vid alla mättillfällen. SRB-hög och SLB hade ungefär samma hullpoäng under första vecka efter kalvning. Båda raserna minskade i hull efter kalvning. Båda raserna hade lägst hull i vecka 8 till 16 men minst uttalat hos SRB-hög som låg på en konstant lägre nivå än SRB-låg. SLB:s lägsta hullpoäng sträckte sig redan från vecka 4. SRB-hög och SLB hade högre hullpoäng under laktationsvecka 36 jämfört med laktationsvecka 1, medan SRB-låg inte hade det.

SRB-låg hade ett tjockare lager av underhudsfett (UL-1, UL-2) jämfört med SLB och SRB-hög vid alla mättillfällen. Tjockleken på fettlagret minskade hos båda raserna efter kalvning och var tunnast under laktationsvecka 16. SRB minskade med 10 % vid UL-1 och 15 % vid UL-2. SLB minskade med 24 % vid båda mätpunkterna. SRB-hög hade i genomsnitt lika tjockt fettlager under laktationsvecka 36 jämfört med laktationsvecka 1, medan SLB och SRB-låg inte hade det.

SLB vägde mer än SRB vid alla mättillfällen. Båda raserna minskade i vikt efter kalvning fram till laktationsvecka 8 och ökade därefter till laktationsvecka 36. SRB-låg minskade i vikt med 6%, SRB-hög med 4,3 % och SLB med 5,5 %.

Tabell 4. Medelvärden och standardavvikelse för vikt (kg), hull (poäng) och underhudsfett (cm) vid två mätpunkter (UL-1, UL-2) vid olika laktationsveckor för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB

Variabel	Laktationsvecka	SRB-låg			SRB-hög			SLB		
		N	Medel	SD	N	Medel	SD	N	Medel	SD
Hull	1	20	3,46	0,38	15	2,90	0,60	15	2,87	0,40
	4	26	3,17	0,42	18	3,08	0,39	20	2,50	0,61
	8	28	3,00	0,49	20	2,80	0,41	22	2,59	0,37
	16	26	2,96	0,37	21	2,90	0,34	26	2,48	0,50
	36	22	3,16	0,39	14	3,21	0,32	27	3,02	0,43
UL-1	1	39	0,50	0,14	30	0,43	0,12	43	0,45	0,12
	4	52	0,51	0,19	39	0,42	0,13	58	0,39	0,14
	8	48	0,46	0,17	40	0,40	0,15	52	0,37	0,10
	16	45	0,45	0,13	40	0,39	0,12	31	0,34	0,10
	36	39	0,45	0,11	24	0,46	0,11	31	0,40	0,13
UL-2	1	39	0,52	0,14	30	0,46	0,11	42	0,45	0,11
	4	51	0,49	0,18	38	0,41	0,13	36	0,39	0,11
	8	48	0,46	0,16	40	0,42	0,17	31	0,36	0,09
	16	45	0,44	0,13	40	0,39	0,11	31	0,34	0,08
	36	39	0,46	0,13	24	0,47	0,14	31	0,41	0,11
Vikt	1	113	653	70	85	624	56	124	675	66
	4	100	621	65	80	603	61	112	643	62
	8	98	614	63	76	597	56	97	638	59
	16	91	627	63	63	604	54	96	646	63
	36	82	631	63	54	618	58	86	661	65

Tabell 5 visar korrelationer mellan de två mätpunkterna för ultraljud, UL-1 och UL-2, under olika laktationsveckor. Korrelationen mellan okorrigerade mått av UL-1 och UL-2 var hög 0,77-0,90 och signifikant ($P < 0,001$). Resultaten antyder att mätning av underhudsfettet i en punkt är tillräckligt för att få ett representativt värde.

Tabell 5. Korrelationer mellan okorrigerade värden för tjockleken på underhudsfett (cm) vid två olika mätpunkter för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB vid olika laktationsveckor

Laktationsvecka	SRB-låg	SRB-hög	SLB
1	0,82***	0,70***	0,80***
4	0,90***	0,89***	0,79***
8	0,85***	0,90***	0,79***
16	0,81***	0,86***	0,84***
36	0,84***	0,90***	0,77***

*** = $P < 0,001$

Resultaten från analyserna av korrelationerna mellan hull och UI-1 respektive mellan hull och UI-2 redovisas i tabell 6. Korrelationerna varierade mellan 0,20 och 0,78. Hull hade något högre korrelation till UI-2 jämfört med UI-1. För SRB-låg varierade korrelationerna mellan 0,48 och 0,82 och för SRB-hög mellan 0,20 och 0,78. Motsvarande korrelationer för SLB varierade mellan 0,26 och 0,73. För SRB-låg var samtliga korrelationer signifikanta. Detsamma gällde SLB med några få undantag. För SRB-hög påvisades ingen signifikant korrelationen till och med laktationsvecka 4. Alla korrelationer under laktationsvecka 16 och 36 var signifikanta för båda raserna.

Tabell 6. Korrelationer mellan okorrigerade mått för hull och UI-1 respektive hull och UI-2 för SRB-låg, SRB-hög och SLB vid olika laktationsveckor

Laktationsvecka	SRB-låg		SRB-hög		SLB	
	Hull och UI-1	Hull och UI-2	Hull och UI-1	Hull och UI-2	Hull och UI-1	Hull och UI-2
1	0,64**	0,65**	0,20	0,20	0,27	0,58*
4	0,68***	0,82***	0,47†	0,36	0,71***	0,63**
8	0,62***	0,68***	0,26	0,50*	0,26	0,43*
16	0,48**	0,61***	0,51*	0,52*	0,50**	0,64***
36	0,75***	0,78***	0,71**	0,78**	0,58**	0,73***

† = P < 0,1; * = P < 0,05; ** = P < 0,01; *** = P < 0,001

Variationsanalyser

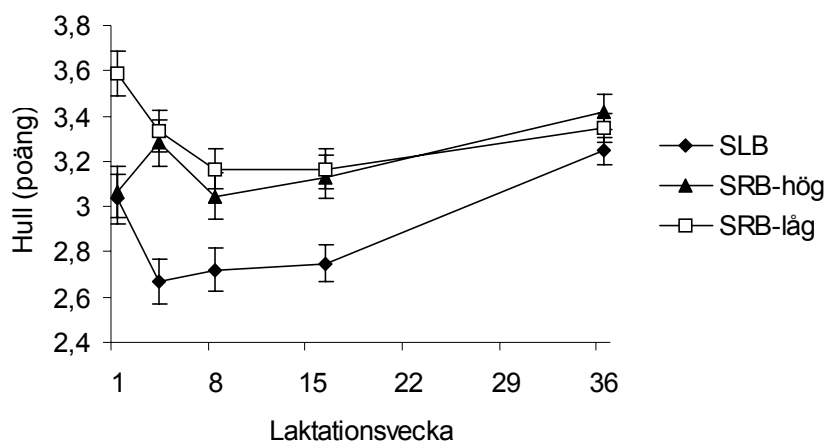
Resultaten från variationsanalyserna (modell 1) av hull, tjockleken på underhudsfett (UI-2) och levande vikt redovisas i tabell 7. Ras/selektionslinje hade signifikant effekt på hull, UI-2 och vikt. Laktationsnummer hade effekt på vikt men inte på hull. Vikten ökade med högre laktationsnummer. Kalvningsintervall hade ingen effekt på hull och begränsad effekt på vikt och UI-2. Årsäsong hade en signifikant effekt i vissa laktationsveckor. Effekten av mjölkavkastning de första 60 dagarna (ECM) var liten för ultraljud respektive vikt och saknades helt för hull.

Tabell 7. P-värden för de fixa effekterna vid variansanalyser av vikt, hull och ultraljud (Ul-2) vid olika mättillfällen (modell 1) samt vid variansanalyser över alla mättillfällen (modell 2).

Varia- bel	Lakt- vecka	Ras/ linje	Laktnr	Ki ^a	Laktnr* Ki ^a	Årsäsong	Mät- tillfälle	Mät- tillfälle* ras/linje	ECM
Hull	1	0,0009	Ns	Ns	Ns	Ns			Ns
	4	<0,0001	Ns	Ns	0,0452	0,0310			Ns
	8	0,0515	Ns	Ns	Ns	Ns			Ns
	16	0,0005	Ns	Ns	Ns	Ns			Ns
	36	Ns	Ns	Ns	Ns	0,0004			Ns
	alla ^b	<0,0001	Ns	Ns	Ns	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ul-2	1	0,0334	Ns	Ns	Ns	Ns			0,0591
	4	0,0007	0,1007	0,0579	0,0516	<0,0001			Ns
	8	0,0103	Ns	Ns	0,0557	0,0037			Ns
	16	0,0047	Ns	Ns	0,0305	<0,0001			0,0871
	36	Ns	0,0294	Ns	Ns	0,0130			0,0802
	alla ^b	<0,0001	<0,0001	Ns	<0,0001	0,0026	<0,0001	Ns	Ns
Vikt	1	<0,0001	<0,0001	Ns	0,0303	0,0433			<0,0001
	4	0,0001	<0,0001	Ns	Ns	Ns			0,0009
	8	0,0001	<0,0001	Ns	Ns	Ns			Ns
	16	<0,0001	<0,0001	0,0914	Ns	0,0179			Ns
	36	<0,0001	<0,0001	Ns	0,0820	0,0236			Ns
	alla ^b	<0,0001	<0,0001	Ns	<0,0001	0,0026	<0,0001	Ns	Ns

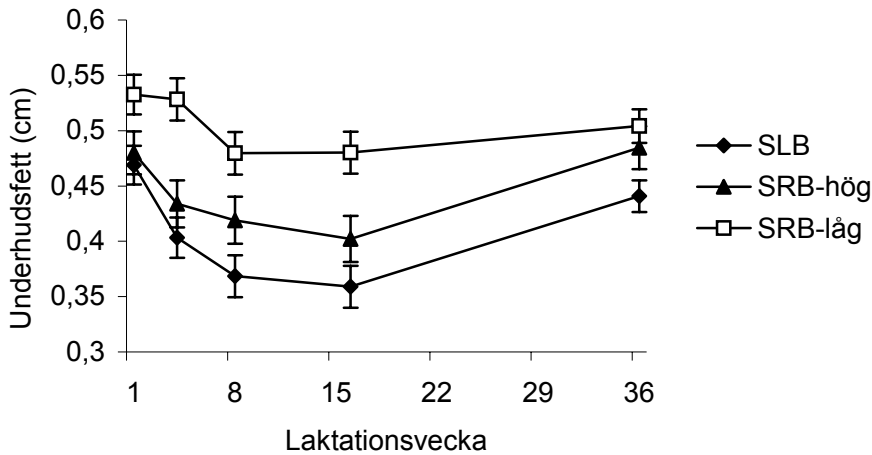
a = kalvningsintervall; b = variansanalys enligt modell 2; Ns = inte signifikant;

Figur 4 visar hullförändring från laktationsvecka 1 till 36. SLB hade signifikant lägre hullpoäng än SRB-låg under alla laktationsveckor. SLB och SRB-låg hade en signifikant minskning under laktationsvecka 1 till 4. Från laktationsvecka 4 till 16 hade SLB och SRB-låg signifikant sämre hull jämfört med vid vecka 1. SRB-låg hade även ett signifikant sämre hull i laktationsvecka 36 jämfört med vecka 1. SLB ökade mest mellan laktationsvecka 16 och 36 och i vecka 36 var hullpoängen på samma nivå som efter kalvning. Till skillnad från de övriga hade SRB-hög en tendens till oförändrat hull under laktationen.



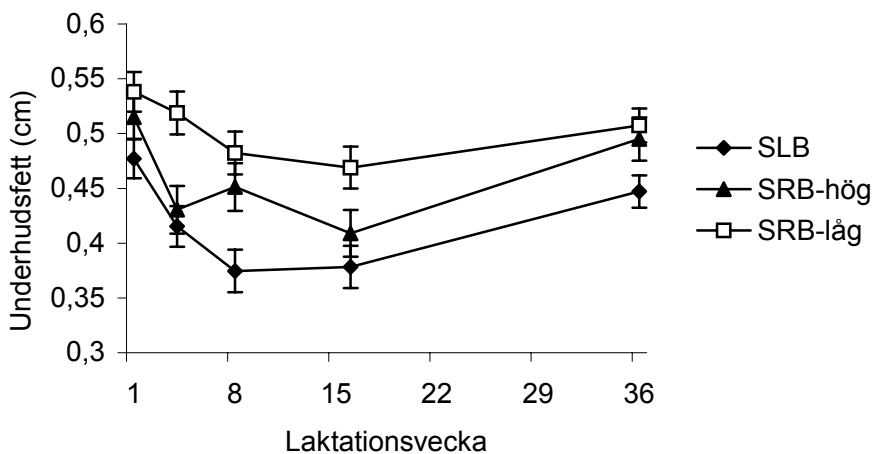
Figur 4 Minsta kvadratmedelvärden med standardfel för hull vid olika laktationsveckor för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB.

Förändringen av underhudsfettets tjocklek vid mätpunkt UI-1 under laktationsvecka 1 till 36 illustreras i figur 5. SLB hade signifikant tunnare fettlager vid UI-1 än SRB-låg under hela mätperioden. SRB-hög hade tunnare fettlager jämfört med SRB-låg under laktationsvecka 1 till 16. Skillnaden mellan SRB-hög och SLB var signifikant under laktationsvecka 8 och 16. SLB hade en signifikant tunnare fettlager under laktationsvecka 16 jämfört med laktationsvecka 1. SRB-låg hade ett signifikant tunnare fettlager under laktationsvecka 16 jämfört med laktationsvecka 4. Båda raserna tenderade att ha tunnast fettlager vid UI-1 under laktationsvecka 16. SRB-hög och SLB ökade mer än SRB-låg under laktationsvecka 16 till 36.



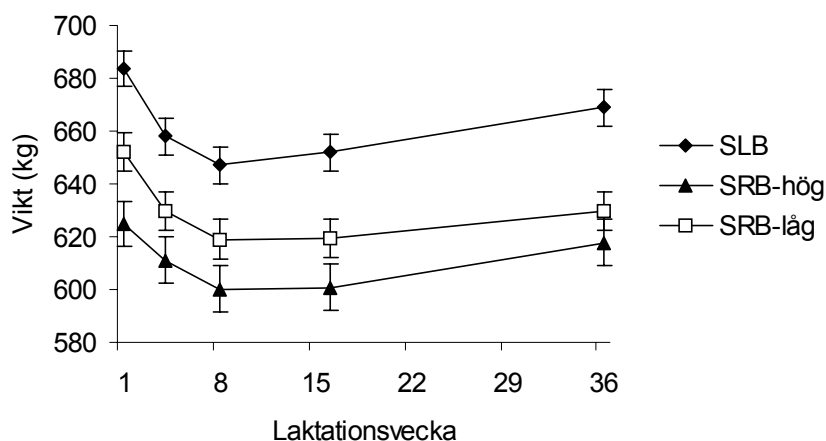
Figur 5. Minsta kvadratmedelvärden med standardfel för tjockleken av underhudsfettet vid mätpunkt UI-1 under olika laktationsveckor för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB

Förändringen av underhudsfettets tjocklek i mätpunkt UI-2 under laktationsvecka 1 till 36 illustreras i figur 6. SLB hade signifikant tunnare fettlager vid UI-2 jämfört med SRB-låg under hela mätperioden. SRB-hög hade signifikant tunnare fettlager jämfört med SRB-låg under laktationsvecka 1, 4 samt 16. Skillnaden mellan SRB-hög och SLB var signifikant under laktationsvecka 8. Båda raserna hade signifikant tunnast fettlager under laktationsvecka 16. SRB-hög och SLB ökade mer än SRB-låg från vecka 16 till 36.



Figur 6. Minsta kvadratmedelvärden med standardfel för UI-2 under olika laktationsveckor för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB

Figur 7 visar viktsförändringen under laktationsvecka 1 till laktationsvecka 36. SLB hade en signifikant högre vikt än de båda SRB-linjerna under hela mätperioden. Vikten skilde sig signifikant åt mellan SRB-hög och SRB-låg med undantag för vecka 36. Båda raserna minskade i vikt efter laktationsvecka 1 och ökade efter laktationsvecka 8. Vikten var, för båda raserna, signifikant lägre under laktationsvecka 4 till 16 jämfört med laktationsvecka 1. SRB-hög och SLB hade även en signifikant lägre vikt i laktationsvecka 36 jämfört med laktationsvecka 1.



Figur 7. Minsta kvadratmedelvärden med standardfel för vikt under olika laktationsveckor för SRB-låg, SRB-hög respektive SLB

Regressionsanalyser

Tabell 8 redovisar regressionseffekten av underhudsfettets tjocklek på hullet och vikten. En ökning av fettlagret med 0,1 cm var signifikant relaterat till en hullökning på 0,13-0,31 poäng respektive en viktökning med 21,1-33,6 kg. Effekten var lägst under laktationsvecka 1.

Tabell 8. Regressionskoefficienter för tjockleken på underhudsfett (U1-2) på vikt och hull vid olika laktationsveckor

Variabel	Laktationsvecka	b (0,1 cm fett)	SE	P-värde
Hull	1	0,13	0,053	0,0225
	4	0,15	0,037	0,0002
	8	0,24	0,039	<0,0001
	16	0,31	0,061	<0,0001
	36	0,18	0,030	<0,0001
Vikt	1	23	4,6	<0,0001
	4	21	4,0	<0,0001
	8	24	3,7	<0,0001
	16	33	5,2	<0,0001
	36	34	4,6	<0,0001

Tabell 9 presenterar regressionseffekten av hullpoängen på vikten. En ökning med 1 hullpoäng var signifikant relaterat till en viktökning med 47-72 kg under laktationsvecka 1-16. Under laktationsvecka 36 erhöles en oförklarligt hög siffra (148 kg).

Tabell 9. Regressionskoefficienter för hull på vikt vid olika laktationsveckor

Variabel	Laktationsvecka	b (1 hullpoäng)	SE	P-värde
Vikt	1	47	19	0,0206
	4	66	16	<0,0001
	8	85	14	<0,0001
	16	72	13	<0,0001
	36	148	22	<0,0001

Residualkorrelationer

Residualkorrelationer mellan hull, tjockleken av underhudsfett uppmätt med ultraljud (UI-2) samt vikt under olika laktationsveckor presenteras i tabell 10. Korrelationerna mellan vikt och UI-2 respektive mellan hull och UI-2 var signifikanta för uppmätta värden vid enskilda laktationsveckor. Korrelationerna mellan förändringen av hull, vikt, respektive underhudsfett under olika laktationsveckor var inte signifikanta med få undantag.

Tabell 10. Residualkorrelationer mellan hull och vikt, hull och tjockleken av underhudsfett (UI-2) respektive vikt och UI-2 vid enstaka laktationsveckor samt mellan olika laktationsveckor

Laktationsvecka	Hull och Vikt	Hull och UI-2	Vikt och UI-2
1	0,19	0,35*	0,27**
4	0,30†	0,48***	0,34***
8	0,46***	0,61***	0,31***
16	0,09	0,54***	0,26**
36	0,54***	0,64***	0,47***
1-4	0,09	0,04	0,06
1-8	0,14	0,16	0,09
1-16	0,17	0,08	0,24*
1-36	0,09	0,17	0,15
4-8	0,02	-0,01	0,07
8-16	0,05	0,16	0,04
16-36	0,19	0,06	0,25*

† = P < 0,1; * = P < 0,05; ** = P < 0,01; *** = P < 0,001

Residualkorrelationerna för förändringen av tjockleken på underhudsfettet (UI-2) mellan olika perioder av laktationen respektive för hullförändringen uppmätta under olika perioder av laktationen redovisas i tabell 11. Korrelationen mellan förändringen av UI-2 under laktationsvecka 1 till 8 med förändringen under laktationsvecka 1 till 16 hade ett signifikant negativt samband (-0,48 till -0,29) med övriga laktationsperioder med två undantag. Hullförändringen under laktationsvecka 4 till 8 var signifikant negativt korrelerad (-0,32) till hullförändring under laktationsvecka 8 till 16.

Tabell 11. Residualkorrelationer för förändring av tjockleken på underhudsfettet (UI-2) (över diagonalen) respektive hullförändringen (under diagonalen) under olika laktationsveckor

Laktationsvecka	Laktationsvecka			
	1-4	4-8	8-16	16-36
1-4		-0,29*	0,08	-0,01
4-8	-0,11		-0,48***	0,14
8-16	0,22	-0,32*		-0,38**
16-36	-0,37†	-0,16	-0,06	

† = P < 0,1; * = P < 0,05; ** = P < 0,01; *** = P < 0,001

Residualkorrelationer för viktsförändring under olika perioder under laktationen redovisas i tabell 12. Korrelationerna var signifikanta, och mellan -0,32 och -0,20, med några få undantag.

Tabell 12. Residualkorrelationer mellan viktsförändringar under olika laktationsveckor

Laktationsvecka	Laktationsvecka		
	4-8	8-16	16-36
1-4	-0,20**	0,03	-0,26***
4-8		-0,31***	-0,008
8-16			-0,32***

** = P < 0,01; *** = P < 0,001

Residualkorrelationer mellan hull vid enstaka laktationsveckor och förändringen av vikt respektive tjocklek av underhudsfett (UI-2) under olika laktationsveckor redovisas i tabell 13. Sambandet mellan hull vid laktationsvecka 16 och viktsförändring under laktationsvecka 1 till 8 var 0,35. Korrelationen mellan hull vid laktationsvecka 8 och förändringen av UI-2 under laktationsvecka 1 till 4 var 0,31. Övriga korrelationer var inte signifikanta.

Tabell 13. Residualkorrelationer mellan hull och viktsförändring respektive förändring av underhudsfettet

Lakt.-vecka		Vikt				UI-2			
		1-4	1-8	1-16	4-8	1-4	1-8	1-16	4-8
Hull	1	-0,03	-0,11	-0,13	-0,11	0,13	0,02	-0,23	-0,03
	4	-0,02	-0,09	-0,09	-0,09	0,17	0,16	-0,27†	-0,17
	8	0,02	0,07	-0,05	0,09	0,31*	0,14	-0,16	0,06
	16	0,15	0,35**	0,02	0,10	-0,05	0,02	-0,14	0,004
	36	-	0,08	0,07	0,13	-0,02	-0,05	-0,09	-0,06

† = P < 0,1; * = P < 0,05; ** = P < 0,01

Residualkorrelationer mellan hull, tjocklek av underhudsfettet (UI-2) samt vikt och två reproduktionsegenskaper (CLA och FOB) redovisas i tabell 14. Det fanns ingen signifikant korrelationen mellan CLA och FOB och hull respektive UI-2. Viktsförändringen under laktationsvecka 4 till 8 hade ett signifikant samband (0,13) med CLA. Viktsförändringen under laktationsvecka 1 till 8 var signifikant korrelerad till FOB (-0,14). Vidare var sambandet mellan vikt vid vecka 8 och FOB -0,13.

Tabell 14. Residualkorrelationer mellan vikt, hull respektive ultraljud till CLA och FOB vid enstaka laktationsveckor samt till förändringen mellan olika veckor under laktationen

Laktationsvecka	CLA			FOB		
	Hull	Ul-2	Vikt	Hull	Ul-2	Vikt
1	0,20	0,09	0,03	0,12	0,13	-0,02
4	0,07	0,12	-0,10†	-0,09	0,01	-0,12†
8	0,17	0,01	-0,04	0,20	0,06	-0,13*
1-4	-0,14	0,14	-0,10†	-0,23	-0,14	-0,12†
1-8	-0,07	-0,06	-0,006	-0,10	-0,18	-0,14*
1-16	-0,14	-0,07	-0,10†	-0,11	-0,22†	-0,06
4-8	-0,05	-0,13	0,13*	0,05	0,005	0,004
8-16	-0,07	-0,01	-0,05	0,004	-0,12	0,09

† = P < 0,1; * = P < 0,05

DISKUSSION

Hull

SLB hade som väntat ett tunnare hull än SRB. SLB hade omkring 15 % lägre hullpoäng i jämförelse med SRB. Ras och selektionslinje hade en signifikant effekt på hull under laktationen. Liknande resultat vad gäller raserna har tidigare redovisats av Ekström (2002). I övrigt har få studier jämfört hullet hos SLB och SRB. De flesta försöken har varit inriktade på Holstein och i vissa fall även Jersey och någon nationell röd mjölkkras. Om man tar i beaktande att SLB är en ras av utpräglad mjölktyp med betydande andel Holsteingener finns dock överensstämmande resultat i andra studier. En högre andel Holsteingener har visat sig vara relaterad till sämre hull (Kadarmideen 2004; Koenen *et al.*, 2001 och Mao *et al.*, 2004).

Den genomsnittliga hullpoängen för SRB var mellan 3,10 och 3,18. Det stämmer väl med resultatet (3,20) från studien av Ekström (2002). Vidare hade SLB i genomsnitt 2,82 hullpoäng. Ekström (2002) redovisade att SLB hade ett hull på 3,00 vilket är något högre än vad den aktuella studien visade. Av flera anledningar kan det vara svårt att jämföra hullpoäng från olika studier, framförallt beroende på att hullbedömningen är subjektiv men också att den kan ske enligt olika metoder och poängskalor. Domecq *et al.* (1995) och Schwager-Suter *et al.* (2000) använde samma metod (Edmonsson *et al.*, 1989) för hullbedömningen som i denna studie och fann att Holstein i genomsnitt hade 2,94 respektive 2,97-3,05 hullpoäng. I jämförelse med Holsteinkorna i de sistnämnda studierna hade SLB i denna studie ungefär lika hull. I en annan studie (Gallo *et al.*, 2001) var medelhullet för Holstein högre (3,36) jämfört med föreliggande studie.

SRB selekterade för hög mjölkfetthalt (SRB-hög) hade sämre hull än SRB selekterade för låg mjölkfetthalt (SRB-låg) och skillnaden var störst under första laktationsveckan. Förmodligen beror det på att SRB-hög mobiliserade mera fett från sina fettreserver för att bilda mjölkfett. Berry *et al.* (2003), Gallo *et al.* (2001), Kadarmideen (2004) och Pryce *et al.* (2001) har alla rapporterat att hull har ett negativt samband med mjölkfett. Veerkamp *et al.* (2000) angav i samklang med de andra att energibalansen har ett negativt samband med mjölkfetthalten. Det är inte entydigt hur sambandet mellan mjölkfett och hull ser ut. Ekström (2002) fann, vid studier av SRB och SLB, att hull inte hade någon effekt på mjölksammansättningen. I försök av Garnsworthy & Jones (1987) och Garnsworthy & Topps (1982) med Friesian respektive Friesian och Ayrshire såg man inte heller någon skillnad i mjölkfetthalt mellan grupper av kor med olika hull.

Kornas hull var högst under första laktationsveckan, se figur 2, och minskade under laktationen. Detta har visats i flera tidigare studier (Banos *et al.*, 2004; Berglund & Danell, 1987; Bruckmaier *et al.*, 1998; Ekström, 2002; Koenen *et al.*, 2001; Mao *et al.*, 2004 och Pryce *et al.*, 2001) och förklaras i huvudsak av mobilisering av kroppsvävnad som kompensation för den bristande energiförsörjningen. Både SRB-låg och SLB minskade i hull efter kalvning medan SRB-hög tenderade att ha konstant hull under laktationen även om hullet var på något lägre nivå jämfört med de två andra rasgrupperna under laktationen. SRB-låg hade ett kraftigare hull vid kalvning jämfört med SRB-hög. Detta kan vara anledningen till att SRB-låg hade en större hullminskning än SRB-hög. SRB-låg försåg sig troligen med en större andel energi genom mobilisering av kroppsvävnad och därmed en lägre andel från fodret jämfört med SRB-hög. SRB-hög hade, som tidigare nämnts, troligen ett större behov än SRB-låg av att mobilisera kroppsfett för att tillgodose mängden mjölkfett och det kan förklara

den överlag lägre hullpoängen jämfört med SRB-låg. SRB-hög ökade efter laktationsvecka 16 mer i hull än SRB-låg och nådde samma hullnivå som vid kalvning medan SRB-låg inte gjorde det. Resultatet kan antyda att SRB-hög hade bättre förmåga att återbilda kroppsvävnad jämfört med SRB-låg.

Även om SLB och SRB-hög hade ungefär samma hull vid kalvning, minskade SLB mer i hull under laktationen. Flera studier har visat att Holstein mobiliserar mer kroppsvävnad efter kalvning samt har en kraftigare hullökning senare i laktationen jämfört med andra raser (Mao *et al.*, 2004 och Koenen *et al.*, 2001). Mao *et al.* (2004) jämförde hullförändring hos Holstein och Jersey och röd dansk boskap. I studien hade de tre raserna jämlikt hull vid kalvning, därefter nådde Holstein och Jersey lägre hullpoäng än den danska röda rasen. Detta tydde enligt författarna på att Holstein och Jersey mobiliserar kroppsvävnad i större utsträckning än dansk röd boskap. Koenen *et al.* (2001) visade att Holsteinkor minskade mer i hull jämfört med holländsk röd boskap. Båda raserna hade i den sistnämnda studien ungefär lika hull efter kalvning.

SLB hade en kraftigare hullökning från laktationsvecka 16 än båda SRB-linjerna. Vid laktationsvecka 36 hade båda raserna ungefär lika hull. Ekström (2002) fann, i likhet med denna studie, att det inte var någon skillnad i hull mellan SLB och SRB under sen laktation. Koenen *et al.* (2001) redovisade motstridiga resultat jämfört med denna studie. I slutet av laktationen hade Holstein lägre hull än vid kalvning medan holländsk röd boskap hade ungefär samma hull som vid kalvning (Koenen *et al.*, 2001).

Förändringen av hullet under laktationsvecka 4 till 8 i relation till laktationsvecka 8 till 16 var negativt fenotypiskt korrelerat, vilket stöds av Berry *et al.*, (2002). Resultatet avspeglar en hullminskning efter kalvning och en ökning från laktationsvecka 8.

Ultraljudsmätning av underhudsfett

Samma skillnader mellan raser och selektionslinjer som påvisades från hullbedömningen framkom även för ultraljudsmåtten (U1-1, U1-2). Det var väntat eftersom båda metoderna bedömer underhudsfettet, även om hullbedömningen också innehåller mer av muskelbyggnaden (Jaurena *et al.*, 2005). Skillnaden mellan raser och selektionslinjer var emellertid tydligare för U1-1 och U1-2 jämfört med hullbedömningen. Detta beror förmodligen på att hullbedömningen är en mer subjektiv metod och att det är svårt att genom olika poäng särskilja små olikheter i hull.

SLB och SRB-låg hade en signifikant lägre hullpoäng vid laktationsvecka 4 jämfört med laktationsvecka 1. Det är intressant att notera att underhudsfettet uppmätt med ultraljud först under laktationsvecka 16 var signifikant tunnare jämfört med vecka 1. Skillnaden mellan de två måtten kan bero på att proteinvävnad mobiliserades i större utsträckning än fettvävnad efter kalvning. Butler-Hogg *et al.* (1985) visade att mobiliseringen omfattar både muskel- och fettvävnad. Tamminga *et al.* (1997) fann dock att fettvävnad mobiliseras i högre grad än muskelvävnad när kon står i negativ energibalans.

Efter laktationsvecka 16 tenderade både SLB och SRB-hög att öka medan SRB-låg hade en konstant tjocklek på underhudsfettet fram till vecka 36. Detta överensstämmer med resultaten för hullförändringen. I en studie av Bruckmaier *et al.* (1998) minskade ultraljudsmåtten till

vecka 8. Efter minskningen tenderade underhudsfettet att vara konstant till vecka 16. Fettlagret ändrades signifikant för SRB-hög till skillnad från hullpoängen.

Tjockleken på underhudsfettet för SLB varierade under laktationen mellan 0,34 cm och 0,45 cm. Detta kan jämföras med 0,43 cm till 0,49 cm i en studie på Holstein av Zulu *et al.* (2001). I den sistnämnda studien hade mätningarna skett en gång per laktation och ko och inte på exakt samma punkt som i denna studie. Tjockleken på underhudsfett för SRB-låg och SRB-hög varierade under laktationen mellan 0,44 cm och 0,52 cm respektive mellan 0,39 cm och 0,47 cm.

Den fenotypiska korrelationen mellan mätpunkterna för ultraljud i denna studie var mellan 0,70 och 0,90. Zulu *et al.* (2001) visade också att den fenotypiska korrelationen mellan flera mätpunkter för ultraljud var hög, 0,72-0,93. I en studie av Gillund *et al.* (1999) var den fenotypiska korrelationen mellan höger och vänster sida 0,95 och 0,92. Domecq *et al.*, (1995) angav att den fenotypiska korrelationen för Holstein mellan olika punkter för ultraljudsmått var signifikant och varierade mellan 0,36-0,86. Mösenfechtel *et al.* (2002) studerade underhudsfettet hos bruna schweiziska kor. Den fenotypiska korrelationen mellan värden från två stadier i tidig laktation var hög, 0,92.

Förändringen av UL-1 och Ul-2 under laktationsvecka 4 till 8 i relation till laktationsvecka 8 till 16 var negativt fenotypiskt korrelerade. Samma resultat påträffades för hullförändringen och antyder att korna förlorar hull tidigt i laktationen för att öka igen i den senare perioden.

Vikt

SLB vägde i genomsnitt 29-50 kg mer än SRB-linjerna. Resultatet stöds av Jokinen (2005) som redovisade att SLB vägde omkring 45 kg mer än SRB. Vikten minskade efter kalvning och ökade under laktationen. Liknande viktsförändring har visats av Butler-Hogg *et al.*, 1985, Berglund & Danell, 1987 och Jaurena *et al.*, 2005.

SRB-låg vägde mer än SRB-hög och skillnaden mellan selektionslinjerna var signifikant. Dessa resultat stöds även av Jokinen (2005) från studier av i princip samma material. Dock finns det inget tydligt stöd för detta i andra studier. Agenäs *et al.* (2002) redovisade att SRB selekterade för låg mjölkfetthalt hade tendens till lägre vikt jämfört med SRB selekterade för hög mjölkfetthalt men att skillnaden mellan selektionslinjerna inte var signifikant. Den genetiska och fenotypiska korrelationen mellan vikt och mjölkfett var obefintlig eller svagt positiv (Berry *et al.*, 2003 och Veerkamp *et al.*, 2000). Gallo *et al.* (2001) analyserade korrelationen mellan bröstomfång och mjölkfett hos Holstein och fann att den var nära noll. Berry *et al.* (2003) visade att genom att selektera för mjölkavkastning inklusive mjölkfett minskade medelvärdet för vikten.

Sambandet mellan viktsförändringar under skilda perioder under laktationen var negativ, -0,20 till -0,32. Detta stämmer med en studie av Berry *et al.* (2002) i vilken man angav att motsvarande korrelation också var negativ, men lägre.

Sambanden mellan hullpoäng, ultraljudsmått och vikt

Resultaten visade att sambandet mellan hullpoäng och tjockleken av underhudsfettet uppmätt med ultraljud var linjärt. Detta har tidigare också visats av Domecq *et al.* (1995), Gillund *et al.* (1999) och Jaurena *et al.* (2005). Den fenotypiska korrelationen mellan hullpoäng och UI-2 varierade i genomsnitt mellan 0,35 och 0,64. Sambandet var lägst under första veckan efter kalvning. Motsvarande korrelation har i andra studier rapporterats vara 0,62-0,67 (Zulu *et al.*, 2001) och 0,70-0,72 (Gillund *et al.*, 1999) samt 0,60 (Garnsworthy & Topps 1982). Sambandet var starkare för SRB-låg jämfört med SRB-hög och SLB. Skillnaden i korrelationen mellan de olika mätmetoderna kan eventuellt förklaras av att SRB-låg i genomsnitt hade den högsta hullpoängen. Jaurena *et al.* (2005) fick liknande resultat och förklarade dessa med att kroppsfett har starkare samband till högre hullpoäng jämfört med sämre hull. Under första veckan efter kalvning var korrelationen mellan hull och ultraljud låg för SLB och SRB-hög. Den var mindre än 0,27, och inte signifikant.

Korrelationen mellan vikt och UI-2 vid olika laktationsveckor var mellan 0,26 och 0,47 och signifikant. Resultatet visar att tjockare underhudsfett är relaterat till ökad vikt. Gibb och Ivings (1993) och Ivings *et al.* (1993) redovisade att levande vikten svarar för en betydande del av variationen i kroppsfettet. Däremot fann Butler-Hogg *et al.* (1985) inget samband mellan vikt och underhudsfett. Sambandet mellan vikt och hullpoäng skilde sig från sambandet mellan vikt och UI-2. Det tidigare var endast signifikant för laktationsvecka 4, 8 och 36. Den fenotypiska korrelationen var 0,30-0,54. Denna korrelation kan jämföras med 0,50 (Berry *et al.*, 2002) och 0,44 (Berry *et al.*, 2003). I en studie av Gallo *et al.* (2001) var korrelationen mellan hullpoäng och bröstomfång 0,30.

Korrelationen mellan förändringar av hullpoäng och vikt var inte signifikant. Relationen mellan förändringar av vikt och UI-2 var signifikanta mellan vecka 1 och 16 respektive mellan vecka 16 och 36. Berry *et al.* (2002) redovisade att korrelationen mellan förändringar av vikt och hull var lägre än mellan mått vid enskilda tillfällen, vilket överensstämmer med resultaten från denna studie. Gillund *et al.* (1999) studerade norsk boskap (NRF) och fann att det endast fanns ett samband mellan förändringar av vikt och hullpoäng hos djur med en hullpoäng större än 3,5.

Reproduktion

Korrelationen mellan hull, vikt respektive tjockleken på underhudsfettet (UI-2) till intervallet från kalvning till första lutealfas (CLA) samt från kalvning till första ovulatoriska brunst (FOB) var svag. En orsak kan vara att hullet i genomsnitt var mer än 2,5 hullpoäng. Gillund *et al.* (1999) visade att hullpoäng på norsk boskap (NRF) under 2,5 var relaterat till sämre reproduktion. Varken hull eller UI-2 hade någon signifikant effekt på CLA eller FOB. Berry *et al.* (2003) fann att sambandet mellan vikt och fertilitet var lägre än mellan hull och fertilitet. FOB var i föreliggande studie signifikant korrelerad med vikten under laktationsvecka 8 (-0,13) samt viktsförändringen under laktationsvecka 1 till 8 (-0,14). Hullförändringarna i vår studie var små vilket kan vara en anledning till att det inte fanns något samband mellan hull och reproduktion. Både Gillund *et al.* (2001) och Shrestha *et al.* (2005) fann att kor som hade en kraftig hullminskning i tidig laktation hade försämrade fruktsamhet jämfört med andra kor.

Viktsförändringen från laktationsvecka 4 till 8 hade en positiv korrelation till CLA. Det sistnämnda sambandet antyder att större viktminskning är relaterat till ett kortare CLA, vilket strider mot tidigare undersökningar. Sambandet var trots allt väldigt lågt, när övriga korrelationer av motsvarande slag var svagt negativa. Veerkamp *et al.* (2000) studerade sambandet mellan vikt och CLA hos förstakalvare och fann att den fenotypiska korrelationen var svagt negativ. Andra studier har visat att negativ energibalans är relaterat till sämre reproduktion (Berglund *et al.*, 1989 och Buckely *et al.*, 2003).

Slutsatser

Hos både SLB och SRB förändrades hullet och levande vikten under laktationen. Nedgången i början av laktationen tyder på att korna var i negativ energibalans, vilket även tidigare erfarenheter visat är vanligt förekommande. Ras och selektionslinje hade en signifikant effekt på hullet, underhudsfettets tjocklek och vikten. SLB var tunnast och minskade mest i hull. SLB hade som förväntat i genomsnitt en högre vikt än SRB, och SRB-låg vägde mer än SRB-hög.

Underhudsfettets tjocklek mättes dels med hjälp av ultraljud och dels genom hullbedömning. Ultraljudsmätning är en kostsam metod men anses samtidigt ge ett objektiva och relativt säkert mått på fettlagrets tjocklek. Korrelationen mellan dessa mått var hög och visar att hullbedömning kan ge en bra uppskattning av tjockleken på underhudsfettet. Metoden är billig och enkel och skulle kunna användas mer i bruksbesättningar. Dock var korrelationen mellan vikt och ultraljud starkare jämfört med korrelationen mellan vikt och hull vilket visar att ultraljud trots allt ger ett säkrare mått. Effekten av hull och vikt på CLA respektive FOB var mycket låg.

Hullbedömning är en relativt enkel metod men kräver dock en viss erfarenhet. Det finns liten kunskap om sambandet mellan hull och olika exteriöra mått och det finns anledning att forska vidare på detta. Negativ energibalans påverkar fertiliteten på ett ogynnsamt sätt. Resultaten från den här studien visar att hull återspeglar energibalansen.

SUMMARY

Relationships between body condition score, subcutaneous fat, live weight and reproduction in Swedish Holstein and Swedish Red and White Cattle

After parturition the energy demand for milk production is greater than the energy provided from the diet. The cow mobilises therefore body tissues to compensate for the energy loss. Live weight and body condition scores decrease as a consequence of the mobilisation.

The aim of this study was to analyse the relationship between body condition score, live weight and subcutaneous fat depth measured by ultrasound and the changes during the lactation. Possible differences between Swedish Holstein (SLB) and Swedish Red and White Cattle (SRB) were also investigated. The relationship between the measures mentioned and reproduction such as the number of days from calving to first luteal activity and to the first ovulatory oestrus was analysed.

The study was based on observations on cows from the experimental dairy herd (Jälla) of the Swedish University of Agricultural Sciences. Body condition scoring and measurements of live weight and subcutaneous fat were performed during the period 1997 to 2002. The body condition scoring was performed according to a method described by Edmonsson *et al.* (1989). A total of 211 cows were included in this study of which 88 were SLB and 123 SRB. The latter breed has since 1985 been selected for either high (SRB-high) or low (SRB-low) milkfat yield but with the same total quantity of milk energy. These SRB lines were handled as separate groups in the analyses. The data set included 4036, 639 and approximately 1260 live weight registrations, body condition scores and ultrasound measurements, respectively.

Body condition score (BCS) and subcutaneous fat depth differed significantly between breed and selection lines. The parity number had no effect on these measures. The unadjusted mean BCS was 3.18, 3.10 and 2.82 for SRB-low, SRB-high and SLB respectively. SRB-low had the highest unadjusted mean BCS from week 1 to 36 after calving compared to SRB-high and SLB. SLB and SRB-low decreased in BCS with approximately 20 %, whereas SRB-high decreased with 5 %. SLB had significantly higher BCS during week 36 compared to the BCS from week 4 until week 16 after calving.

The unadjusted mean for the subcutaneous fat depth was 0,44 cm, 0,49 cm and 0,41 cm for SRB-low, SRB-high and SLB respectively. The difference between two different body locations for measuring the fat depth was small. Fat tissue was mobilised from calving until week 16. SLB and SRB-high gained fat until week 36 after calving and regained weight to approximately the same level as at calving, whereas SRB-low did not succeed to regain the weight. However, it consistently had higher BCS and fat measures.

Breed and selection line and parity had a significant effect on live weight. The unadjusted mean for live weight was 670 kg for SLB, 653 kg for SRB-low and 620 kg for SRB-high. SLB had a higher weight than both the SRB selection lines during the lactation. Further on SRB-high weighed more than SRB-low. Both breeds lost weight after calving and the decrease went on until 16 weeks of lactation. With higher parity number cows were heavier.

The residual correlation between the ultrasound measurements at two different body locations varied between 0.70 and 0.90. The result indicated that a measurement at one body location is enough to get a reliable value of the subcutaneous fat depth. The residual correlation between

the subcutaneous fat depth and BCS and body weight respectively varied between 0.35- 0.64 and between 0.26-0.47 during week 1 until week 16 after calving. The residual correlations between changes of body condition score, weight and subcutaneous fat were negative between different periods during the lactation. This indicates that cows mobilises body tissue in early lactation and gain fat and weight in later lactation.

An increase of 1 BCS was significantly related to a weight increase of 47 – 72 kg during week 1 to week 16. An increase of the subcutaneous depth with 0.1 cm was significantly related to a weight increase of 21 – 33 kg.

The relationship between BCS, subcutaneous fat depth and weight and the number of days from calving to first luteal activity and to the first ovulatory heat, respectively, were very low and not significant.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Agenäs, S., Burstedt, E. & Holtenius, K. Regulation of milk production in cows selected for different milk fat content with special reference to transition periods. PhD thesis. *Agraria 33B*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 75 007 Uppsala.
- Banos, G., Brotherstone, S. & Coffey, M. P. 2004. Evaluation of Body Condition Score Measured Throughout Lactation as an indicator of fertility in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 87, 2669-2676.
- Berglund, B. & Danell, B. 1987. Live Weight Changes, Feed Consumption, Milk Yield and Energy Balance in Dairy Cattle during the First period of Lactation. *Acta Agric. Scand.* 37, 495-509.
- Berglund, B., Danell, B., Jansson, L. & Larsson, K. 1989. Relationships between Production Traits and Reproductive Performance in Dairy Cattle. *Acta Agric. Scand.* 39, 169-179.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M. & Veerkamp, R. F. 2002. Genetic Parameters for Level and Change of Body Condition Score and Body Weight in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 85, 2030-2039.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M. & Veerkamp, R. F. 2003. Genetic Relationships among Body Condition Score, Body Weight, Milk Yield, and Fertility in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2193-2204.
- Bruckmaier, R. M., Gregoretti, L., Jans, F., Faissler, D. & Blum, J. W. 1998. *Longissimus Dorsi* Muscle Diameter, Backfat Thickness, Body Condition Scores and Skinfold Values Related to Metabolic and Endocrine Traits in Lactating Dairy Cows Fed Crystalline Fat or Free Fatty Acids. *J. Vet. Med. A.* 45, 397-410.
- Butler-Hogg, B. W., Wood, J. D. & Bines, J. A. 1985. Fat partitioning in British Friesian cows: the influence of physiological state on dissected body composition. *J. of Agric. Sci. Camb.* 104, 519-528.
- Buckley, F., O'Sullivan, K., Mee, J. F., Evans, R. D. & Dillon, P. 2003. Relationships Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-Calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86, 2308-2319.
- Dechow, C. D., Rogers, G. W., Klei, L. & Lawlor, T. J. 2003. Heritabilities and Correlations Among Body Condition Scores, Dairy Form and Selected Linear Type Traits. *J. Dairy Sci.* 86, 2236-2242.
- Dechow, C. D., Rogers, G. W. & Clay, J. S. 2001. Heritabilities and Correlations Among Body Condition Scores, Production Traits, and Reproductive Performance. *J. Dairy Sci.* 84, 266-275.
- Domecq, J. J. & Skidmore, A. L. 1995. Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 78, 2308-2313.
- Ekström, J. 2002. Hull hos mjölkkor: en studie utförd på åtta ekologiska gårdar i västra Sverige. Examens- och seminariearbeten. Institutionen för jordbruksvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skara.
- Frood, M. J. & Croxton, D. 1978. The use of conditions-scoring in dairy cows and its relationship with milk yield and live weight. *Anim. Prod.* 27, 285-291.
- Gallo, L., Carnier, P., Cassandro, M., Dal Zotto, R. & Bittante, G. 2001. Test-Day Genetic Analysis of Condition Score and Heart Girth in Holstein Friesian Cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2321-2326.
- Garnsworthy, P. C. & Jones, G. P. 1987. The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Anim. Prod.* 44, 347-353.

- Garnsworthy, P. C. & Toops, J. H. 1982. The influence of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35, 113-119.
- Gibb, M. J. & Ivings, W. E. 1993. A note on the estimation of the body fat, protein and energy content of lactating Holstein-Friesian cows by measurement of condition score and live weight. *Anim. Prod.* 56, 281-283.
- Gillund, P., Reksen, O., Karlberg, K., Randby, Å. T., Engeland, I. & Lutnæs, B. 1999. Utprøving av en holdvurderingsmetode på NRF-kyr. *Norsk Veterinærtidsskrift* 111, 10.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T. & Karlberg, K. 2001. Body Condition Related to Ketosis and Reproductive in Norwegian Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1390-1396.
- Gregory, N. G., Robins, J. K., Thomas, D. G. & Purchas, R. W. 1998. Relationship between body condition score and body composition in dairy cows. *New Zealand J. of Agric. Res.* Vol. 41, 527-532.
- Ivings, W. E., Gibb, M. J., Dhanoa, M. S. & Fisher, A. V. 1993. Relationships between velocity of ultrasound in live lactating dairy cows and some post-slaughter measurements of body composition. *Animal Prod.* 56, 9-16.
- Jaurena, G., Moorby, J. M., Fisher, W. J. & Cantet, R. 2005. Association of body weight, loin *longissimus dorsi* and backfat with body condition score in dry and lactating Holstein dairy cows. *Animal Sci.* 80, 219-223.
- Jokinen, S. 2005. Levande vikt vid olika åldrar och sambandet med bröstomfång och mankhöjd hos SRB och SLB, Examensarbete 268. Institutionen för husdjursgenetik. Sveriges Lantbruksuniversitet, 750 07 Uppsala.
- Kadarmideen., H. N. 2004. Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows. *Animal Sci.* 79, 191-201.
- Koenen, E. P. C., Veerkamp, R. F., Dobbelaar, P. & De Jong, G. 2001. Genetic Analysis of Body Condition Score of Lactating Dutch Holstein and Red-and-White Heifers. *J. Dairy Sci.* 84, 1265-1270.
- Lacetera, N., Scalia, D., Bernabucci, U., Ronchi, B., Pirazzi, D. & Nardone, A. 2005. Lymphocyte Functions in Overconditioned Cows Around Parturition. *J. Dairy Sci.* 88, 2010-2016.
- López-Gautius, F., Yániz, J. & Madriles-Helm, D. 2003. Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology.* 59(3-4), 801-812.
- Mao, I. L., Sloniewski, K., Madsen, P. & Jensen, J. 2004. Changes in body condition score and in its genetic variation during lactation. *Livest. Prod. Sci.* 89(1), 55-65.
- Mösenfechtel, S., Hoedemaker, M., Eigenmann, U. J. & Rüscher, P. 2002. Influence of back fat thickness on the reproductive performance of dairy cows. *Veterinary Record.* 151, 387-388.
- Nielsen, H. M., Friggens, N. C., Løvendahl, P., Jensen, J. & Ingvarsen, K. L. 2003. Influence of breed, parity, and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and live weight. *Livest. Prod. Sci.* 79(2-3), 119-133.
- Otto, K. L., Ferguson, J. D., Fox, D. G. & Sniffen, C. J. 1991. Relationship Between Body Condition Score and Composition of Ninth to Eleventh Rib Tissue in Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 74, 852-859.
- Petersson, K.-J., Strandberg, E., Gustafsson, H. & Berglund, B. 2006. Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. *Anim. Repr. Sci.* 91, 201-214.
- Pryce, J. E., Coffey, M. P. & Simm, G. 2001. The Relationship Between Body Condition Score and Reproductive Performance. *J. Dairy Sci.* 84, 1508-15159.
- SAS Institute Inc., 2000. SAS version 8.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

- Schwager-Suter, R., Stricker, C., Erdin, D. & Künzi, N. 2000. Relationship between body condition scores and ultrasound measurements of subcutaneous fat and *m. longissimus dorsi* in dairy cows differing in size and type. *Animal Sci.* 71, 465-470.
- Shrestha, H. K., Nakao, T., Suzuki, T., Akita, M. & Higaki, T. 2005. Relationships between body condition score, body weight, and some nutritional parameters in plasma and resumption of ovarian cyclicity postpartum during pre-service period in high-producing dairy cows in a subtropical region in Japan. *Theriogenology.* 64(4), 855-866.
- Spöndly, R. 1993. Fodertabeller för idisslare 1993. Sveriges Lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 52. Uppsala.
- Tamminga, S., Luteijn, P. A. & Meijer, R. G. M. 1997. Changes in composition and energy content of live weight loss in dairy cows with time after parturition. *Livest. Prod. Sci.* 52, 31-38.
- Veerkamp, R. F., Oldenbroek, J. K., Van der Gaast, H. J. & Van Der Werf, J. H. J. 2000. Genetic Correlation Between Days Until Start of Luteal Activity and Milk Yield, Energy Balance, and Live Weights. *J. Dairy Sci.* 83, 577-583.
- Walters, A. H., Pryor, A. W., Bailey, T. L. & Pearson, R. E. 2002. Milk yield, energy balance, hormone, follicular and oocyte measures in early and mid-lactation Holstein cows. *Theriogenology.* 57(2), 949-961.
- Zulu, V. C., Nakao, T., Moriyoshi, M., Nakada, K., Sawamukai, Y., Tanaka, Y. & Zhang, W. C. 2001. Relationship between Body Condition Score and Ultrasonographic Measurement of Subcutaneous Fat in Dairy Cows. *Asian-Australasian J. of Animal Sci.* 14, 816-820.