



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2019 30 stp
Fakultet for biovitenskap

Genetisk analyse av utvikling i kroppsvekt frå lam til vaksen søye hjå norsk kvit sau - utnytting av eksisterande informasjon om slakteveker

Genetics of body weight development from lamb to
adult ewe in Norwegian White Sheep
- utilizing existing carcass weight data

Ingebjørg Kristense Øygarden
Husdyrvitenskap

Føreord

Denne masteroppgåva er skriven som avslutning på mastergrada mi i husdyrvitskap, med spesialisering innan avl og genetikk, ved Noregs miljø- og biovitskapelege Universitet. Det har vore fem lærerike år ved NMBU. Så lenge eg kan hugse har sau vore det som har oppteke meg mest, så det å få studere det eg er mest interessera i har vore svært givande.

Eg vil rette ein stor takk til hovudrettleiar Geir Steinheim og rettleiar Gunnar Klemetsdal for stort engasjement i oppgåva, og god hjelp og rettleiing gjennom heile prosessen. Vil også takke Samarbeidsrådet for Sauekontrollen og Helsetjenesten for sau for at eg fekk lov til å bruke data frå Sauekontrollen, og Animalia AS for å gjere data tilgjengeleg. Til slutt vil eg takke medstudentar ved IHA som har bidrege til at eg har fått ei artig studietid.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap

NMBU

Ås, 14.05.2019

.....

Ingebjørg Kristense Øygarden

Samandrag

Norsk saueavl har i lengre tid hatt sterkt fokus på å auke lammetal og -tilvekst. Dette har ført til at søyene har vorte større og tyngre. Føremålet med denne oppgåva var studere vektutviklinga frå lam til utvaksen søye ved å bruke slaktevekt frå norsk kvit sau (NKS). Det vart berekna 1) genetiske variansar og arvegrader og 2) genetiske korrelasjonar for slaktevekt ved ulike aldrar frå 50 dagar til 10 år. I tillegg vart det 3) estimert avlsverdiar (EBV) for aldersintervallet for dei 10 fedrane med flest slakta døtrer for å kunne sjå på om ulike avkomsgrupper viser ulikt genetisk vekstmønster.

Datasettet bestod totalt av 36822 søyer med slaktevekt frå to vêreringar; nummer 64 Lier, Modum og Eiker og nummer 65 Uvdal. Datasettet vart analysert med ein farmodell, der fareffekten, som tilfeldig effekt, modellerte fedranes avvik frå gjennomsnittleg vekstkurve over tid. I tillegg korrigerte ein i modellen for tilfeldig effekt av besetning*år. Begge dei langsgåande effektane vart modellert ved hjelp av Legendrepolyinom.

Resultata viste at det er genetisk variasjon innan slaktevekt (0,98-1,84), som minkar med aukande alder. Arvegradene var mellom 0,25-0,38, avhengig av alder. Ein såg at lammevekta har sterk samanheng med vaksenvekta, med genetiske korrelasjonar frå 0,75-1,00. Ut frå dei berekna avlsverdiane for dei ulike verane såg ein at det finst vêrar som gir gode lammeslaktevekter og samstundes ikkje «for tunge» vaksne søyer. Tilnærminga i denne oppgåva kan utviklast vidare og truleg brukast for å selektere for gunstig form på vektutviklingskurva, også om ein ynskjer å avle for mindre vaksne søyer. Før ein tek dette inn i avlsarbeidet i praksis må metoden og modellen jobbast vidare med, då det enno er ein del usikre faktorar. Blant anna må maternale genetiske effektar inn i modellen, og følsemda av talet på døtrer langs aldersgradienten per vêr må undersøkjast meir. Etter vidare utarbeiding kan dette på sikt bli eit nyttig verktøy for å få avlsverdiar for vaksenvekt, og samanheng mellom lamme- og vaksenvekt, inn i avlsmålet, via genomisk seleksjon, fordi denne metoden er spesielt effektiv for eigenskapar som fyrst kan registrerast seint i livet.

Abstract

In Norwegian sheep breeding, the main focus has for a long time been on increasing lamb growth and litter size. As a consequence, mature ewes are getting heavier. The aim of this study was to study genetics of body weight development from lamb to mature ewe, using carcass weights of Norwegian White Sheep (NKS). 1) Genetic variances and heritability were calculated for the carcass weights for ages between 50 days and 10 years and 2) correlations between breeding values for different ages were estimated. In addition, 3) estimated breeding values (EBV) were estimated for age 50 days to 10 years for the 10 sires in this dataset with the most daughters, to look for indications of differences in genetic growth patterns between different progeny groups.

The dataset consisted of 36822 individuals from two ram circles in Buskerud: No.64 Lier, Modum and Eiker and no.65 Uvdal, with information on sire, slaughter age, carcass weight and flock*year, for the analysis with random effect of sire in interaction with age at slaughter, modelled using Legendre polynomials.

The results showed that there is genetic variation within carcass weight (0.98-1.84), decreasing with age. The heritability for carcass weight was 0.25-0.38, varying with age. The results also showed that there is a strong genetic correlation between lamb weight and ewe weight (0.75-1.00). The EBVs showed that there are differences within carcass weight between rams. Results found in this study indicates that it is possible to breed for heavier weaning weights in lambs and at the same time avoid increasing the mature age. However, further work is needed before the method used in this study can be utilized in breeding programs, e.g., maternal genetic effects should be included. When this is done, and other uncertainties has been evaluated, this method can possibly be utilized to include breeding values for mature ewe weight in the breeding goals. Genomic selection is especially well suited for this late-emerging trait.

Innhald

Føreord	I
Samandrag	II
Abstract	III
1 Introduksjon	1
2 Material og metode	5
2.1 Datamateriale	5
2.1.1 Vêringane	5
2.1.2 Kriteria for utval av data	5
2.2 Statistiske analysar	7
3 Resultat	9
4 Diskusjon	16
4.1 Datamateriale og utvalskriterium	16
4.2 Slaktevekt som mål på vaksenvekt	17
4.3 Når er sauene ferdig utvaksen?	18
4.4 Genetiske variansar og arvegrader	19
4.5 Genetiske korrelasjonar	19
4.6 Vegen vidare	20
5 Konklusjon	22
6 Referansar	23

1 Introduksjon

Norsk saueavl har i lengre tid hatt sterkt fokus på å auke lammetal og -tilvekst fram til haustslakting: på denne måten vil ein nytte utmarksbeite på ein best mogleg måte (Eikje et al. 2008). Ein ynskjer til ei kvar tid å maksimere produksjonen, men studiar viser at avlsarbeidet har ført til at lamma har eit større genetisk potensial enn det ein greier å utnytte (Eikje et al. 2008; Lillehammer et al. 2004). Ein har erkjent at aukande lammetal med betydeleg variasjon har gitt mange kull med uforsvarleg mange lam (Rådet for dyreetikk 2015), derfor fokuserast det no på å redusere variasjonen i lammetalet (Blichfeldt 2017). Det genetiske potensialet for lammetilveksten har auka betrakteleg (Blichfeldt & Jakobsen 2014; Blichfeldt 2018), men med dagens oppvekstmiljø (mest utmarksbeite) kjem dette berre delvis til uttrykk i fenotypane (Eikje et al. 2008). Endring av ein eigenskap vil ofte få ringverknadar på andre eigenskapar, noko som kan vere både positivt og negativt (W.M Rauw et al. 1998). Slike ringverknadar har også auka tilvekst og høgare lammetal ført med seg: Søyene har vorte større og tyngre (Boman 2010; Boman & Eikje 2011; Herd et al. 1993; Kennedy et al. 1985; Näsholm & Danell 1990). Det kan stillast spørsmål ved om det er rett å heile tida avle for høgare tilvekst og høgare lammetal, og dermed få større søyer som kanskje er mindre haldbare enn før. Er dette effektivt og berekraftig? Avlsarbeidet som vert gjort no får konsekvensar for den framtidige husdyrproduksjonen, og det er derfor viktig at arbeidet som no vert lagt ned er nøye gjennomtenkt.

Større søyer fører til behov for meir innmarksbeite og innefôr og større plass i fjøset, og dei er i tillegg tyngre å handtere enn lettare søyer (Boman & Eikje 2011). Kort sagt fører dei til auka utgifter for bonden (Lillehammer et al. 2004). I ei studie av Bedier et al. (1992) såg ein at dei biologisk sett mest effektive søyene, ikkje var dei tyngste. Også resultat frå Näsholm og Danell (1996) og Lillehammer et al. (2004) peikar i same retninga. Vaksenvekt har likevel aldri vore inkludert i norsk saueavl, men det er gjort ein del studiar rundt temaet i andre land, deriblant har Bassett et al. (1986); Borg et al. (2009a); (2009b) og Näsholm og Danell (1990); (1996) sett på det.

Tyngre søyer får oftast lam med større vekstpotensiale, men dette er ikkje betre enn lettare søyer dersom auken i avdrått (inntekt) ikkje kompenserer for det auka fôrbehovet (kostnad) søya har. Frå eit ressursøkonomisk perspektiv er dette lite gunstig, då ein ynskjer å få mest mogleg ut av det ein puttar i søya. Optimum for produksjonen avhenger av kva ein vil

optimere; produksjon av kg kjøtt gitt gardens ressursar, kjøtt per utmarksareal, gardsbrukets økonomiske resultat eller slakteria/forbrukaranes krav/ynskje. Uansett kva mål ein har, vil vaksenvekta vera viktig. Sjølv om det meste av produksjonen av lammeslakt finn stad på utmarksbeite, og dette er ein ressurs mange har god tilgang på, er innefôringa av dei vaksne dyra gjennom vinteren kostbar. Grovfôrkostnadane på eit sauebruk utgjer omkring 70% av dei variable kostnadane (Pedersen 2017), og er dermed ein sentral del av driftsopplegget.

I 2015 kom Rådet for dyreetikk med krass kritikk av sauenæringa, der dei blant anna konkluderte med at «Dagens saueavl gir til dels alvorlige helsemessige og velferdsmessige problemer for søyer og lam.» og at dei «...vurderer situasjonen som dyrevelferdsmessig og etisk uakseptabel.» (Rådet for dyreetikk 2015). Spesielt såg dei på høgt lammetal som eit problem, og konsekvensane dette har for søyene, som redusert haldbarheit. Haldbare dyr bør vere noko bonden set høgt, då dette er meir lønsamt enn å slakte unge søyer, fordi det å fôre opp dyr i vekst er dyrare og meir ressurskrevjande enn å vedlikehaldsfôre eit vakse dyr (Simm 1998). Dyr som får mange lam har dårlegare haldbarheit enn søyer som får få lam, då det er ei større belastning på dyret å få mange lam (Douhard et al. 2016). Ei studie av Mysterud et al. (2002) viste noko av det same: sterkt domestiserte sauerasar som får mange lam har tidlegare reprodutiv aldring enn mindre domestiserte rasar med få lam. Dette indikerer at seleksjon for høgare lammetal har ein kostnad for fruktbarheita, og ein vil følgjeleg få mindre haldbare dyr. Auke i lammetilvekst kan ventast å ha ein liknande effekt på søya.

Også Puillet et al. (2016) såg dette i ei studie, relevant for kyr, at meir ressursar til produksjon hadde negativ effekt på reproduksjon og overleving, på grunn av mindre kroppsreservar. Resultata frå studiet kan truleg overførast til sau. I same studiet såg ein at auka ressursallokering til vekst og produksjon førte til kortare levetid. Dette viser at avl med sterkt fokus på tilvekst og lammetal truleg reduserer haldbarheita til søyene. Ei anna studie såg på om søyestorleik og næringstilgang gjennom drektigheita hadde fenotypisk effekt på livstidsproduksjon hjå søyelam (Asmad et al. 2014). Resultata viste at det var små effektar. Dette resultatet kan skuldast at næringstilgangen til søyene ikkje var «kritisk nok», og kanskje ville ein fått andre resultat dersom ein hadde endå dårlegare næringstilgang (Asmad et al. 2014). Men dersom dette stemmer, vil det seie at det å selektere for mindre søyer ikkje treng å gå utover lamma si evne til å produsere godt. Også Borg et al. (2009a) såg at søyer med høg genetisk evne for kroppsstorleik kan ha kortare produktive liv, men at ikkje-genetisk auke i kroppsstorleik kan ha positive effektar på haldbarheita. I same studiet fann ein positiv korrelasjon mellom moregenskapar og haldbarheit. Resultata viste også at det er negativ

genetisk korrelasjon mellom haldbarheit og vaksenvekt, og at genetiske effektar som involverer haldbarheit og kroppsstorleik har større samanheng med lammetilvekst enn vaksenvekt (Borg et al. 2009a). Ut frå dette kan det antakast at større søyer ikkje alltid er betre. Peters (1983) skriv derimot at ein kan forvente at mindre dyr har tidlegare start av aldring enn store dyr, ut i frå allometriske effektar, og resultat frå Näsholm og Danell (1996) indikerer at moreigenskapar og søyevekt har positiv genetisk samanheng, og konkluderer med at avl for auka tilvekst ikkje berre fører til større lam og større søyer, men også betre moreigenskapar. Det er med andre ord ingen enkel samanhengen mellom kroppsstorleik, haldbarheit og produktivitet, noko også Mysterud et al. (2002) skriv.

Bonden ynskjer så store lammeslakt om hausten som råd, fordi det er dette han/ho tener på. For å oppnå store lam om hausten må ein ha god tilvekst gjennom sommaren, og avl for betre tilvekst er derfor eit naturleg fokus. Ein ynskjer kjapp vekst i lamma sine fyrste 150 dagar, men med samtidig ynskje om å ikkje auke vaksenvekta, ynskjer ein altså at veksten for eldre dyr stoppar på eit optimalt punkt. Dei må altså helst nå vaksenvekta tidleg i livet. Dette konkluderte også Boman og Eikje (2011) med i artikkelen «Voksenvekt hos sau». Spørsmålet er då om mønsteret på vektutviklinga frå lam til vaksen er genetisk bestemt, og om dette er noko ein har tilstrekkeleg informasjon om til å kunne berekne arvegrader og avlsverdiar for.

Vaksenvekt er i dag frivillig å registrere i Sauekontrollen, og det er få bønder som veg søyene (Kjorstad et al. 2014). Av årsmeldinga til Sauekontrollen for 2013 kjem det fram at «nesten ingen» registrerer vaksenvekter (Kjorstad et al. 2014). Trass i dårleg oppslutning om veking, verkar det som mange bønder er opptekne av temaet, fordi dei meiner at søyene i dag er for store, og at dei har sett ei stor endring i løpet av åra dei har vore i næringa. Motvilje mot å auke talet på obligatoriske registreringar gjer det aktuelt å finne alternative strategiar for å studere vaksenvekter. Eit alternativ er å sjå på slaktevekta. Slaktevekt er eit betre mål på ei søye sin kroppsstorleik enn levandevakta, fordi ein unngår «støy» frå ulik mengde fyll i vom og tarm, våt ull osv. Utfordringa er at ein berre har ei slaktevekt per individ, og at vekt på innvollar og vom ikkje er med, noko som kan vera viktig. Ser ein derimot på farnivå, og ikkje individnivå, har ein mange gjentak som her vil seie mange døtrer, som alle blir slakta anten som lam eller vaksne. Samla sett vil då slaktedata frå desse døtrene gje oss mykje informasjon om vêrens genetiske eigenskapar for kroppsstorleik frå lam til vaksen.

Føremålet med denne oppgåva er å studere genetikken bak vektutviklinga frå lam til vaksen alder. For å studere dette, vil det blir brukt slaktevekter registrer i Sauekontrollen, frå norsk kvit sau (NKS). Det skal bereknast 1) genetiske variansar og arvegrader og 2) genetiske

korrelasjonar for slaktevekt ved ulike aldrar frå 50 dagar til 10 år. Det skal også 3) estimerast avlsverdiar (EBV) for ulike fedrar over aldersintervallet for å kunne sjå på om ulike avkomsgrupper viser ulik vekstutvikling.

2 Material og metode

2.1 Datamateriale

2.1.1 Vêringane

Datasettet som er grunnlag for berekningane i denne oppgåva kjem frå Sauekontrollen Animalia AS, og er data frå perioden 1992-2018. Vêring 64 Lier, Moum og Eiker og vêring 65 Uvdal er valt fordi dei er ringar med besetningar beståande av stort sett berre NKS (rasekode 10), har gode registreringar, lite rovdyrproblematikk (NIBIO 2019a; NIBIO 2019b; NIBIO 2019c) og kan på mange måtar kallast for «typiske» vêringar. I tillegg er det gode genetiske band mellom ringane, med over 100 vêrar som har avkom i begge ringane. Ring 64 Lier, Modum og Eiker har per dags dato 11 medlemmer, medan ring 65 Uvdal har 10 medlemmer. Besetningane i Lier, Modum og Eiker går om sommaren i Finnemarka og Vestmarka (Valdez-Nava 2011). Dette er skogsbeite med middels beitetettleik (NIBIO 2019a; NIBIO 2019c). Besetningane i Uvdal går delvis på skogsbeite og delvis på fjellbeite, og også her er det middels beitetettleik (NIBIO 2019b; Valdez-Nava et al. 2011).

2.1.2 Kriteria for utval av data

Alle dei 21 besetningane i dei to ringane vart teke med i datasettet, men det er ulikt kor mange år som er teke med per besetning. Dette fordi det enten ikkje er registrert data for alle besetningane for alle år, eller at dei hadde for få registrerte slakt for det aktuelle året. Det vart sett krav til at besetningane skulle ha minst 10 slakt registrert per år for å ta med registreringar for det aktuelle året, men på grunn av ein feil kom åtte besetning*år med 2-9 slakt med i datasettet. Kopplam vart ikkje teke med i datasettet, og fosterlam vart behandla som om fostermor var biologisk mor. Tabell 1 viser kor mange besetning*år som har kor mange slakt. Tabell 2 viser kor mange år kvar besetning har registreringar frå.

Tabell 1. Oversikt over kor mange besetning*år som har kor mange slakt .

Tal besetning*år	Tal slakt
8	<10
51	10-29
152	30-49
66	50-69
67	70-89
47	90-109
35	110-129
25	130-149
14	150-169
7	170-189
5	190-209
5	210-229
2	230-249
2	250-289
5	290-312

Tabell 2. Oversikt over talet på år med slakteregistreringar per besetning og gjennomsnittleg tal på slakt per år.

Vêrering	Besetning	Tal år med slakt	Gj.sn. tal på slakt per år
Lier, Modum og Eiker	1	28	72
	2	8	83
	3	23	61
	4	11	130
	5	28	96
	6	28	73
	7	28	98
	8	28	180
	9	28	46
	10	28	90
	11	21	86
Uvdal	12	28	41
	13	20	57
	14	28	42
	15	28	101
	16	28	32
	17	23	31
	18	23	61
	19	25	120
	20	28	28
	21	1	74

Vidare vart alle vêrlam og vêrar fjerna frå datasettet. Slakt ved alder lågare enn 50 dagars alder vart og fjerna; dette utgjorde 1% av slakteregistreringane. Dyr som var over 10 år når dei vart slakta vart fjerna frå datasettet fordi det er langt utanfor normalen for kor lenge ein har ein sau på eit vanleg sauebruk. Totalt var det berre 12 dyr over 10 år (0,01% av datasettet). Vidare vart dei 1% minste slaktevektene teke vekk. Desse gjekk frå 5,3-12 kg, og kan reknast som utanfor normale slaktevekter. Slaktevekter som var eldre enn frå 1992 vart teke vekk, då datagrunnlaget frå tidlegare enn dette var lite. Slaktealder vart inndelt i ti klassar, inndelinga er vist i Tabell 3. Dette vart gjort for å kunne lage deskriptiv statistikk.

Tabell 3 Oversikt over inndelinga av aldersklassar.

Alders-klasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alder i dagar	<123	123-215	216-365	366-730	731-1095	1096-1460	1461-1825	1826-2190	2191-2555	2555<

Det endelege datasettet som vart brukt bestod totalt av 36822 dyr, med informasjon om far, besetning*år og slaktealder og -vekt (Tabell 4).

Tabell 4. Oversikt over variablane i datasettet.

	N	Gjennomsnitt	Std.	Min.	Maks.
Slaktevekt, kg	36822	23,29	7,44	12,1	64,7
Slaktealder, dagar	36822	567,12	715,69	51	3545
Besetning*år	36822	-	-	-	-

Datasettet og slektskapsmatrise vart laga i SAS 9,4 (SAS Institue Inc. 2019). Utgangspunktet for slektskapsmatrisa var alle individ i Sauekontrollen etter 1982. Slektskapsmatrise med ni generasjonar vart berekna for dyr i datasettet og hadde i alt 94246 individ.

2.2 Statistiske analysar

Fordi ein har gjentak på slaktedata på døtrer av vêrane, som gjer at ein har informasjon om eigenskapen kroppsvekt ved «alle» aldrar, vart det køyrert ein klassisk farmodell.

Det vart brukt følgande modell:

$$y_{ij} = b_0leg_o + b_1leg_1 + b_2leg_2 + b_3leg_3 + hy_j + b_{0i}far.leg_o + b_{1i}far.leg_1 + b_{2i}far.leg_2 + e_{ij} ,$$

der y er enkeltindivids slaktevekt, $b_0 - b_3$ er faste regresjonskoeffisientar av Legendrepolyinom ($leg_0 - leg_3$) for gjennomsnittleg vekstkurve, hy_j er effekten besetning*år $\sim N(0, \sigma_{hy}^2)$ og b_{0i}, \dots, b_{2i} er tilfeldige regresjonskoeffisientar av 0-te til 2-orden av fedranes

avvik frå gjennomsnittskurva, når ein antar $\sim N\left(\begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_{\beta_0}^2 & \cdots & \sigma_{\beta_0\beta_2} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{\beta_0\beta_2} & \cdots & \sigma_{\beta_2}^2 \end{pmatrix}\right)$, der

diagonalen i \mathbf{G} inneheld variansar, og off-diagonalen er kovariansar. Til slutt illustrerer e restleddet i modellen $\sim N(0, \sigma_e^2)$.

Det vart valt å bruke Legendrepolyinom fordi dei er ortogonale (Schaeffer 2016). Dette er ein fordel fordi korrelasjonane mellom dei estimerte koeffisientane blir redusert (Schaeffer 2016), og ein får ein fleksibel funksjon med estimat for kvart punkt i intervallet, og ikkje manglande verdiar, slik som ein kunne fått om ein berre delte i aldersklassar.

For å lage Legendrepolynoma vart slaktealder (i dagar) transformert ved modellkøyringane i ASReml (Gogel et al. 2015), ved formelen $x = -1 + 2(t - t_{\text{minimum}}) / (t_{\text{maksimum}} - t_{\text{minimum}})$ (Schaeffer 2016), der minimum vart sett til $t_{\text{minimum}} = 50$ dagar og eldste til $t_{\text{maksimum}} = 3650$ dagar. Alder blir slik på ein skala frå -1 til 1 ved bruk av Legendrepolyinom. Transformert alder (x) vart sett inn for å lage Legendrepolynoma av ulik orden ved hjelp av følgjande funksjonar: $leg_0 = 0.7071$, $leg_1 = 1.2247x$, $leg_2 = -0.7906 + 2.3717x^2$ og $leg_3 = -2.8062 + 4.6771x^3$ (Schaeffer 2004). Dei faste Legendrepolynoma $leg_0 - leg_3$ vart også brukt for å modellere vekstkurve frå 0,5-7,5 års alder (Figur 3).

Den gjennomsnittlege vekstkurva vart estimert som $\mathbf{Z}'\mathbf{b}$, der \mathbf{b} -vektoren er løysinga for dei faste regresjonskoeffisientane frå modellen og \mathbf{Z} er ei matrise som i kvar rekkje inneheld leg_0 , leg_1 , leg_2 og leg_3 på valde tidspunkt.

Genetisk (ko)variens på valde tidspunkt vart berekna ved hjelp av følgjande formel:

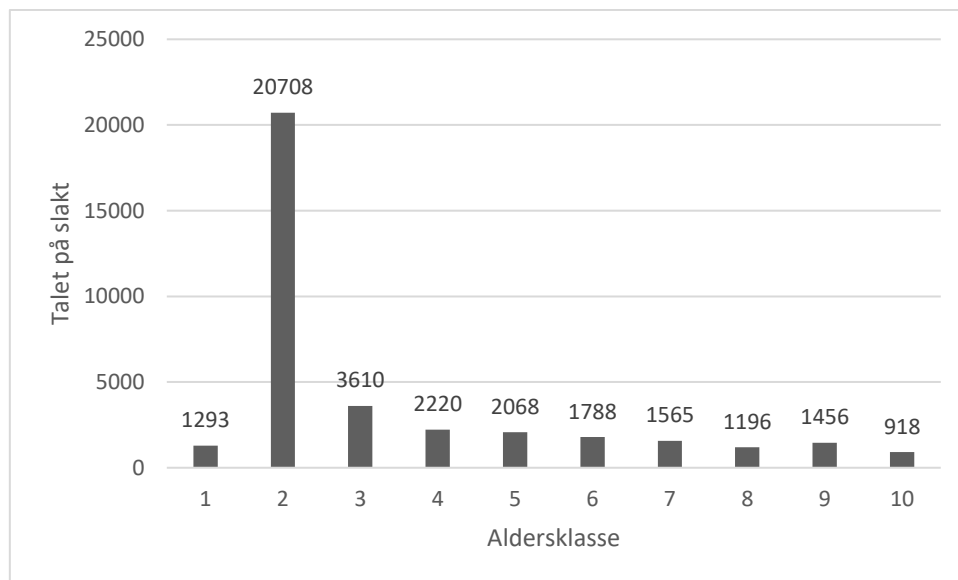
$$\sigma_a^2 \text{ og } \sigma_{ax_1, x_2} = \mathbf{Z}' \mathbf{G} \mathbf{Z} \quad .$$

Arvegrader vart berekna ved hjelp av formelen $h^2 = \frac{4 * \sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2}$.

3 Resultat

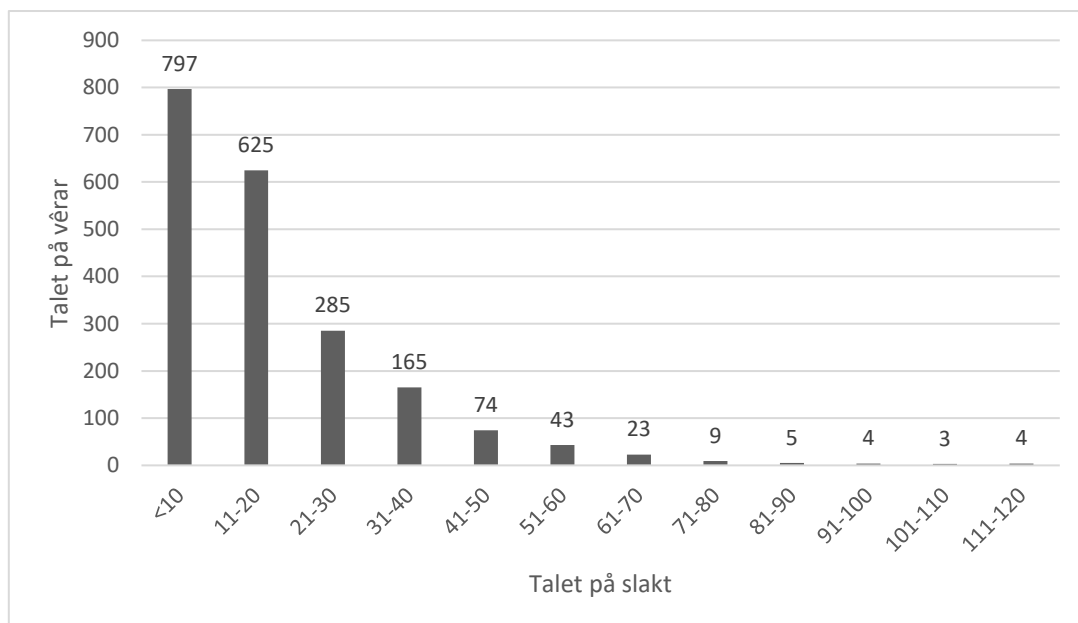
Figur 1 viser talet på slakt per aldersklasse. Aldersklasse 2 skil seg klart ut med flest slakt.

Aldersklasse 3 har nest flest slakt, men langt færre enn aldersklasse 2. Elles ser ein at talet på slakt går nedover med aukande alder.



Figur 1. Talet på slakt per aldersklasse.

Figur 2 viser kor mange vêrar som har kor mange døtrer med slakteinformasjon. Til saman 797 vêrar har mindre enn 10 slakt. 7 vêrar har over 100 slakt.



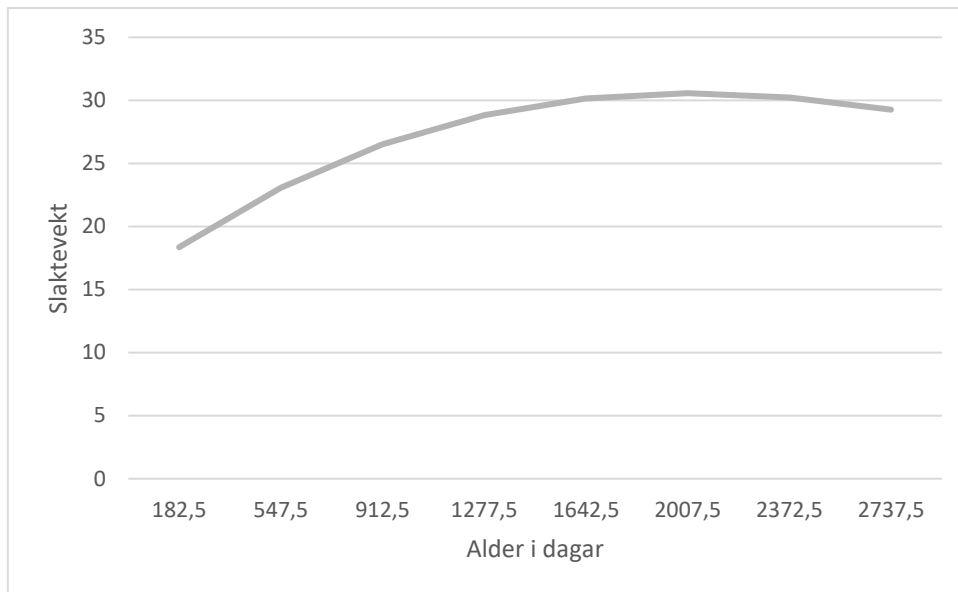
Figur 2. Talet på slakta døtrer fordelt på vêrane.

Tabell 5 viser gjennomsnittleg slaktevekt for ulike aldrar, og standaravvika, minimums- og maksimumsverdiane til desse. Ser ein på gjennomsnittleg slaktevekt for dei ulike klassene ser ein at det aukar fram til mellom 4 og 5 års alder, før det går noko ned att etter at søyene har nådd denne alderen.

Tabell 5. Gjennomsnittleg slaktevekt, standardavvik, minimums- og maksimumsvekt for aldersklassane.

Aldersklasse	Alder i dagar	N	Gjennomsnittsvekt	Std.	Min.	Maks.
1	<123	1293	17,71	3,76	12,10	64,70
2	123-215	20708	19,24	2,36	12,10	34,20
3	216-365	3210	20,47	4,03	12,30	41,20
4	366-730	2220	26,79	6,30	12,30	60,00
5	731-1095	2068	32,04	6,15	12,40	57,80
6	1096-1460	1788	34,70	6,35	18,10	61,10
7	1461-1825	1565	35,60	6,22	17,80	61,70
8	1826-2190	1196	35,17	6,23	18,70	57,40
9	2191-2555	1456	33,07	5,67	19,50	54,70
10	2555<	918	31,14	5,29	17,80	61,30

Figur 3 viser vekstkurve frå 0,5- 7,5 års alder. Kurva er rekna ut frå Legendre-polynoma. Kurva viser typisk utvikling med god vekst tidleg i livet til lamma, deretter flatar veksten litt ut før det når eit toppunkt, for så å gå noko ned att. Toppunktet her ligg på omkring 5 års alder.



Figur 3. Vekstkurve ut frå Legendrepolyнома.

Tabell 6 viser varianskomponentar og arvegrad for ulike aldrar. Ut frå varianskomponentane kan ein sjå at det er genetisk variasjon i slaktevekt. Ein ser at den genetiske variansen (σ^2_a) er 1,84 ved dag 51 og vert lågare med aukande alder, men går noko opp att ved den høgaste alderen (dag 2554). Besetning*år-effekten er den same for alle slaktealdrane. Arvegrada for slaktevekt er høgast for dag 2554, der han er på 0,377, og lågast for dag 1277, der han er 0,252.

Tabell 6. Oversikt over varianskomponentar per årsklasse, samt arvegrader for ulike slaktealdrar.

Slaktealder (dagar)	σ^2_a	σ^2_{hy}	σ^2_e	h^2
51	1,843	3,053	15,697	0,358
182	1,685	3,053	14,279	0,354
365	1,507	3,053	11,508	0,375
547	1,371	3,053	14,712	0,320
730	1,268	3,053	13,228	0,289
912	1,190	3,053	13,228	0,272
1095	1,130	3,053	13,069	0,262
1277	1,085	3,053	13,069	0,252
1460	1,050	3,053	11,501	0,270
1642	1,023	3,053	11,501	0,263
1825	1,001	3,053	8,799	0,312
2007	0,985	3,053	8,779	0,307
2188	0,976	3,053	7,883	0,328
2372	0,975	3,053	7,883	0,327
2554	0,985	3,053	6,405	0,377

Tabell 7 viser korrelasjonar og kovariansar for slaktevekt ved ulike aldrar frå 51 til 2554 dagar. Dei genetiske korrelasjonane er over diagonalen, og viser som forventat ein sterk samanheng mellom vekt ved ulike aldrar med lågast genetisk korrelasjon mellom dag 51 og dag 2554 (0,75). Under diagonalen er kovariansane.

Tabell 7. Genetiske korrelasjonar og kovariansar mellom slaktevekt ved ulike aldrar, høvesvis over og under diagonalen.

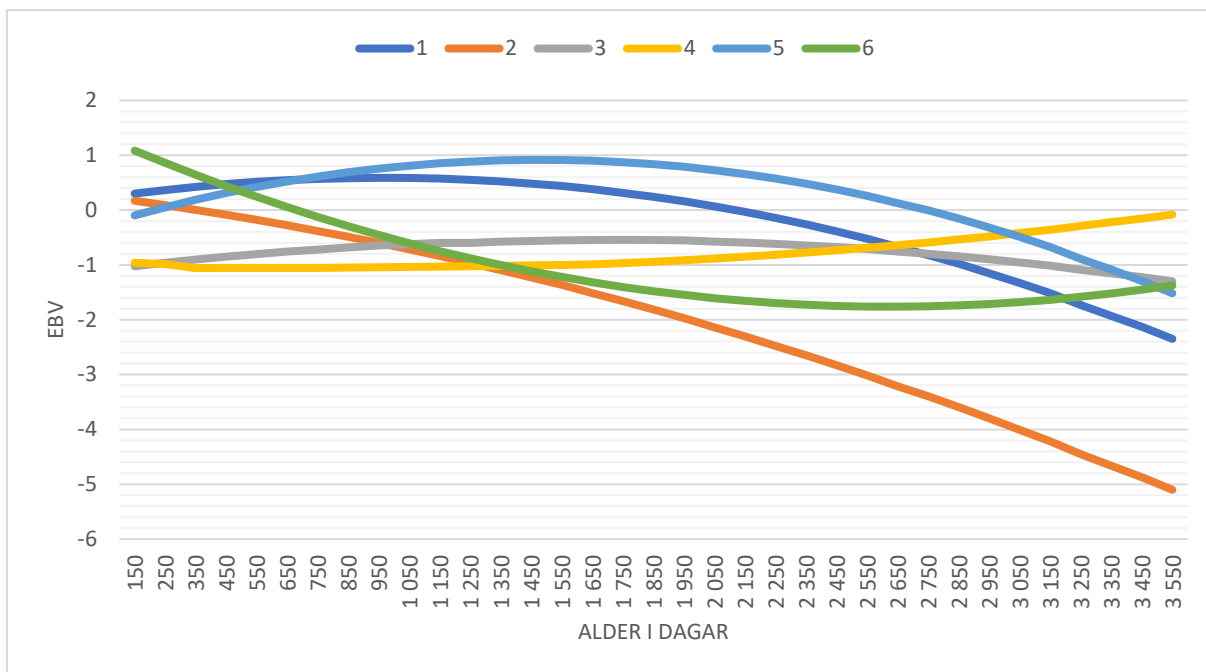
Dagar	51	150	365	547	730	1095	1460	1642	1825	2188	2555
51	.	1,00	0,989	0,974	0,953	0,899	0,844	0,820	0,799	0,769	0,751
150	1,779	.	1,00	1,00	0,983	0,934	0,882	0,859	0,838	0,808	0,786
365	1,649	1,602	.	0,997	0,987	0,952	0,911	0,891	0,872	0,842	0,814
547	1,548	1,511	1,433	.	0,997	0,974	0,941	0,924	0,908	0,877	0,846
730	1,456	1,426	1,364	1,314	.	0,989	0,965	0,951	0,936	0,907	0,873
1095	1,298	1,280	1,243	1,213	1,184	.	0,993	0,985	0,975	0,951	0,914
1460	1,174	1,165	1,146	1,130	1,113	1,082	.	0,999	0,994	0,978	0,944
1642	1,126	1,120	1,106	1,094	1,083	1,059	1,035	.	0,999	0,987	0,957
1825	1,086	1,081	1,072	1,063	1,055	1,038	1,020	1,011	.	0,994	0,969
2188	1,032	1,028	1,021	1,015	1,009	0,999	0,990	0,986	0,982	.	0,990
2554	1,012	1,006	0,993	0,983	0,975	0,965	0,960	0,961	0,962	0,971	.

Tabell 8 viser 10 vêrars fordeling av slakta døtrar over aldersklassar. Desse vêrane er dei som har flest slakta døtrar av vêrane i datasettet. Det som går att for alle desse 10 er at alle har flest registreringar i aldersklasse 2, som vil seie lammeslakt om hausten. Berre ein vêr, nummer 2, har registreringar i alle aldersklassene. Vêrane 7 og 9 har berre slakteregistreringar i høvesvis tre og fire klassar.

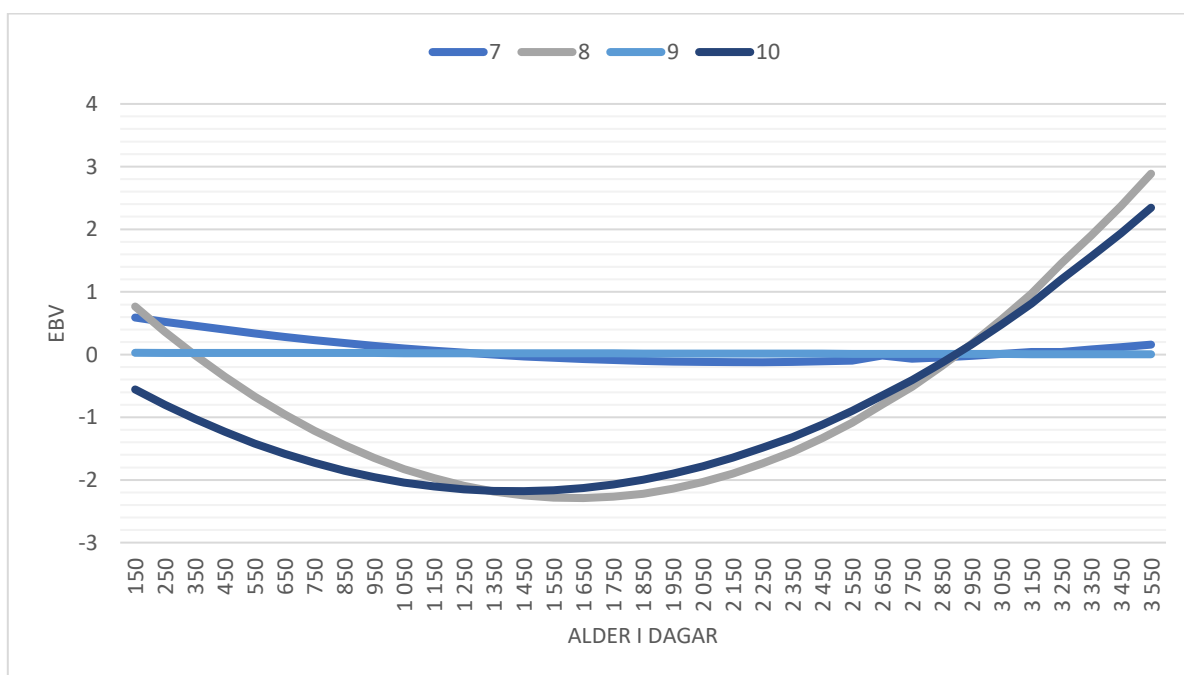
Tabell 8. Fordeling av slakta døtrer per vêr etter aldersklasser for dei 10 vêrane med flest døtrer.

Vêrar \ Aldersklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totalt tal på slakt
1	2	71	11	6	9	11	4	3	0	0	117
2	3	45	9	11	7	15	3	2	15	1	111
3	0	52	1	13	6	8	6	0	10	17	113
4	1	45	19	5	14	10	5	4	6	0	109
5	0	38	7	8	8	13	12	5	3	2	96
6	0	20	14	9	9	8	9	4	15	6	94
7	3	108	1	0	0	0	0	0	0	0	112
8	1	80	10	6	9	2	2	0	0	0	110
9	5	101	2	0	0	0	0	1	0	0	109
10	2	74	7	4	7	2	1	0	0	0	97

Figur 4 og 5 viser estimerte avlsverdiar for slaktevekt kvar 100.dag frå 150-3550 dagars alder for dei 10 vêrane presentert i Tabell 8. Figur 4 viser vêrar som har slakteregistreringar i åtte aldersklassar eller meir, medan Figur 5 viser vêrar som hadde slakteregistreringar i sju aldersklassar eller mindre. Vêr 4 og 6 skil seg ut i Figur 4 ved at dei har høgare vaksenvekter i dei eldste aldersklassane enn dei har i yngre aldersklasser. Begge desse vêrane har relativt god fordeling av slakt per aldersklasse, samanlikna med mange av dei andre vêrane. Vêr 2 (Figur 4) skil seg klart ut frå dei andre, med høge lammevekter og låge vaksenvekter. I motsetnad ser det ut til at vêrane 8 og 10 (Figur 5) gjev svært høge vaksenvekter for sine døtrer.



Figur 4. Ebv'ar for slaktevekt kvar 100.dag frå 150-3350 dagars alder for vèrar med slakt i åtte eller fleire aldersklassar, og er blant dei 10 vèrane som hadde flest døtrar i datasettet. Ytlegare informasjon om vèrane er gitt i Tabell 8.



Figur 5. Ebv'ar for slaktevekt kvar 100.dag frå 150-3350 dagars alder for vèrar med slakt i sju eller færre aldersklassar, og er blant dei 10 vèrane som hadde flest døtrar i datasettet. Ytlegare informasjon om vèrane er gitt i Tabell 8.

4 Diskusjon

4.1 Datamateriale og utvalskriterium

Utgangspunktet for datamaterialet var i overkant av 18 millionar individ med tilhøyrande registreringar. Det er med andre ord mykje data lagra, og moglegheita til berekningar med større datasett er derfor god. Ein stor del av jobben med denne oppgåva bestod av å leggje til rette data og vidare gjera berekningar. Trass i mykje jobb med dette, har datasettet nokre feil. Under behandling av resultatata vart det oppdaga at det har kome med 8 besetning*år med 2-9 slakt, som eigentleg ikkje skulle vore med, ettersom kravet var at talet på opplysingar per besetning*år skulle vera minst 10. Dette vart oppdaga for seint til at det let seg gjere å køyre ASReml og vidare rekne alt av resultat på nytt.

Utvalskriteria for datasettet kunne vore strengare. Det burde blant anna vorte sett fleire avgrensingar for høgaste og lågaste vektor i aldersklassane. Maksimumsvekta for klasse 1 er lite realistisk, fordi klasse 1 ikkje har lam som er eldre enn 123 dagar gamle, noko som er sjølvsagt at ikkje kan stemme ut i frå alderen på slakta i denne klassa. Ser ein på minimumsslaktevektene, ser ein at klasse 3, 4 og 5 har minimumspunkt som er litt over 12 kg. Dette er svært låge vektor i forhold til alderen. Det kan tenkjast at det er registreringsfeil, til dømes at det har vorte registrera som vaksenvekt i staden for vårvekt. Denne påstanden styrkast av at slaktevektene som er med i datasettet har slakt som er innanfor «normalen», med hovudvekta på slakteklasse R og R+. Det vart ikkje sett krav til slakteklasse, men unormalt små lammeslakt vart ikkje teke med i berekningane. Det ser likevel ut til at unormalt små vaksne slakt har kome med. I tillegg kunne slakteklasse og feittgruppe blitt inkludert for å utelukka unormale slakt, og for å kunne forstå biologien bak varianskomponentane i forhold til effekt av vaksenvekt og tilvekst på haldbarheit. Kanskje kunne det også vore gunstig å ha yngre nedre aldersgrense i den eldste aldersklassa, til dømes rundt 5 års alder, i staden for 7,5 år, slik at alle over 5 år var i den eldste aldersklassa. Ein større eldste klasse ville gitt fleire observasjonar i denne klassa, noko som kunne ført til sikrare resultat. Eventuelt kunne ein vurdert å slette vektor frå aldrar over 5 år; tap av vekt for dei høgaste aldrane skuldast truleg tap av kroppsreservar/hold, slik at vekt før fullvaksen kanskje ikkje er akkurat same eigenskapen som etterpå. Korrelasjonane mellom før og etter fullvaksen er likevel høge (0,987). Det må også nemnast at aldrane som er rekna genetiske estimat for berre er tilnærma same aldrar som i aldersklassane. Dei genetiske estimata burde vore rekna for midtpunkta i dei ulike klassane.

Vekter for vêrar vart ikkje teke med i berekningane fordi dette gjorde analysane enklare. Det kan tenkjast at vektutvikling for vêrar ikkje berre har høgare nivå, men også at dei ikkje har same mønster i vestkurvane som søyer. Modellen måtte vore utvida betydeleg for å ta høgde for dette. Det er uansett svært lite data på slaktevekter for vaksne vêrar, så om dei hadde vore teke med i berekningane hadde dei truleg gitt lite informasjon.

Det vart valt å bruke farmodell. Dette fordi å kunne utnytte ein fenotype utan gjentak på individ, men dermed mange gjentak per far. I tillegg er ein farmodell mindre utsett for samanblanding av miljø og genetik. Det bør derimot takast med morfar i modellen i seinare studiar, fordi dei forklarar 1/16 av den genetiske variansen.

Det kunne vore teke med mange fleire variablar, til dømes slaktetidspunkt, ettersom det er naturleg å tenkje at søyevektene svingar noko gjennom året på grunn av lamming, som vist av Näsholm og Danell (1990). Søyene legg som regel på seg frå innsett om hausten og blir tyngre utover vinteren, før dei går ned i vekt i samband med lamming og laktasjon.

Variabelen slaktemånad var med i modellen i utgangspunktet, men resultata viste at det var liten effekt (Øygarden- ikkje publisera resultat), og han vart derfor fjerna. Det kan likevel vera lurt å sjå nærare på dette ved vidare arbeid med modellen.

Slaktetidspunkt var ikkje einaste variabelen som vart fjerna undervegs i arbeidet med datasettet. I utgangspunktet skulle modellen køyrast med tilfeldig tredjegradspolynom ($leg_0 - leg_3$) i samspel med far, men modellen fekk då for mange parameter som skulle bereknast. Modellen vart derfor berre køyrd med tilfeldige andregradspolynom ($leg_0 - leg_2$).

Maternale genetiske effektar er heller ikkje teke med i modellen, noko som bør gjerast når ein jobbar vidare med dette, ved å legge inn maternaleffektar i samspel med dei same Legendrepolynoma. Dette fører til ein langt meir komplisert modell med arbeidskrevjande vidarebehandling: dette var ikkje mogleg å få til innanfor denne masteroppgåva.

4.2 Slaktevekt som mål på vaksenvekt

Slaktevekt kan ha styrkar og svakheiter som mål på slaktevek. Det kunne tenkjast at vaksne dyr slaktast fordi dei er sjuke og derfor i dårlegare hold enn friske dyr, men reglane for kva for dyr du får lov til å sende med slaktebilen er svært strenge (Forskrift om næringsmessig transport av dyr 2012; Lov om dyrevelferd 2009; Mattilsynet 2017; Midtveit 2015), og dyr som er sjuke får ikkje bli med til slakteriet. Dei må avlivast heime på garden, og ved brot på reglane kan både dyrebilsjåføren og bonden få bøter. Det blir derfor i lita grad sendt dyr som er i dårleg forfatning. I tillegg er det mange utrangeringsårsaker som ikkje har direkte

påverknad på vekta til sauene. Slike grunnar kan vera til dømes lynne, områdebruk i utmarka, eller klumpar og liknande i juret grunna mastitt, sistnemnte er den vanlegaste utrangeringsårsaka blant søyer (Olsen 2016). Dette gjer at ein kan seie at slakteregistreringane generelt er av normalvektige søyer. I tillegg gir slaktevekta vekta av berre skrotten og er ikkje påverka av anna «støy» frå til dømes mengd fôr i vomma eller fuktigheit i ulla. Ein svakheit kan vere at vekt av vom og tarm (organ utan fyll) ikkje er med.

Slaktedata registrerast på alle slakteri for så godt som alle dyr. Då bør det vera eit poeng å nytte dette datagrunnlaget, i staden for at bonden skal belastast med endå fleire registreringar. Vektene registrert på slakteriet er i tillegg nøyaktig målte, med gode digitale vekter som måler ned på næraste 0,1 kg. På garden vegast som oftast både lam og vaksne dyr til næraste 0,5 kg eller 1,0 kg. Om vaksenvekt skulle bli obligatorisk, måtte ein truleg ha krav om gjentekne målingar, ettersom det er lite ekstra informasjon å hente frå ei ekstra vekt per søye. Å få mange nok bønder til å ta gjentekne målingar av vaksenvekt, slik at ein har nok data å basere beregningar på, er truleg vanskeleg, då dette fører til meir arbeid og i tillegg er noko mange bønder kan føle at dei har lite att for.

4.3 Når er sauene ferdig utvaksne?

Tabell 5 og Figur 3 viser at toppunktet for vekt er ved omkring 5 års alder. Dette samsvarar med andre funn, til dømes frå studiar gjort av Bassett et al. (1986); Boman og Eikje (2011); Borg et al. (2009a) og Näsholm og Danell (1990). Det må likevel nemnast at Figur 3 ikkje viser ei «vanleg» vekstkurve, men er ei kurve ut frå gjentekne målingar. At søyene veks fram til omkring 5 års alder viser viktigheita av å legge vekt på haldbare dyr. Det er dyrare å føde dyr i vekst enn berre å vedlikehaldsføre, og ettersom dei veks i så mange år, er det meir lønsamt å ha dyr som blir eldre. Og som nemnt innleiingsvis, er korrelasjonen mellom haldbarheit og vaksenvekt negativ, som betyr at små søyer held seg betre. Konsekvensane av stadig høgare vaksenvekt er likevel noko usikre. Til dømes såg Borg et al. (2009b) at større søyer tapar meir av holdet tidleg i laktasjonen enn mindre søyer, men at dei kompenserer for dette etter avvenning. Det er likevel usikkert om denne evna til å kompensere for tapt hold vil auke tilsvarande med endå større mjølkemengd eller endå større søyer (Borg et al. 2009b). Viss ikkje, vil dette gå utover haldbarheita til søyene, som betyr at det vil vere lite gunstig å ha større søyer. Arvegrada for haldbarheit er så låg at det ikkje er eigna som avlsmåleigenskap med dagens datagrunnlag (Eikje et al. 2013), noko som gjer at det er desto viktigare at andre eigenskapar som er korrelerte med haldbarheit identifiserast og vektleggast slik i avlsmålet.

Redusert vektlegging av lammetal er eit døme på dette. Fokus på søyevekt kan også bli eit slik døme, dersom det jobbast meir med framover.

4.4 Genetiske variansar og arvegrader

Resultata viser genetisk varians for slaktevekt. Den høgaste genetiske variansen er for 51 dagars alder, der han er på 1,84, som svarar til eit genetisk standardavvik på 1,36 kg, og blir lågare med aukande alder. Sistnemnte svarar til det Näsholm og Danell (1996) såg på vaksenvekt. Datasettet brukt her inneheld berre NKS, men det betyr ikkje at resultata berre gjeld for denne rasen. Det er i tidlegare studiar vist at spæl er ein meir effektiv rase enn NKS målt som produksjon av lammekjøtt per fôrbehov hjå søya, fordi han har mindre kroppsvekt (Lillehammer et al. 2004). Same studiet såg at spæl og NKS er like effektive ved same kroppsvekt. Dette tyder på at det er storleiken som spelar ei rolle, og ikkje rasen, derfor kan også resultata i denne oppgåva truleg overførast til andre rasar. At resultata her viser at det er genetisk varians innan slaktevekt, viser at det er mogleg å selektere for mindre vaksenveker.

Sidan det vart brukt farmodell vart det multiplisert med 4 ved utrekning av arvegradene. Sidan vêrane er noko i slekt får ein då eit øvre estimat på arvegradane. Arvegradene for slaktevekt viste seg å variere noko for ulike aldrar. Han var høgast for dag 2554, der han var 0,38, og nest høgast dag 51, der han var 0,36. Han var lågast for dag 1277, der han var 0,25, som vil seie at genetikkk spelar størst rolle for dei yngste og dei eldste når det gjeld slaktevekt. Safari et al. (2005) fann arvegrad for vaksne søyer på 0,30, noko som er i nærleiken av det som vart funne her. Men det skal nemnast at «vaksen» i studiet til Safari et al. (2005) vart rekna som dyr over 12 månadar, og er dermed ikkje like mykje inndelt etter alder som her. Både Bassett et al. (1986); Boman og Eikje (2011); Borg et al. (2009a) og Näsholm og Danell (1996) fann høgare arvegrader for vaksenvekt enn det i denne oppgåva. Til dømes var han 0,58 for 1-åringar og 0,36 for 3-6-åringar i Boman og Eikje (2011) si studie. Skilnaden er altså stor mellom deira resultat for unge dyr og resultata berekna her, men alle dei nemnte studiane såg på levandevekt og ikkje slaktevekt, og av den grunn er det ikkje heilt samanliknbart. Boman og Eikje (2011) skriv at det kan vera miljøeffektar som ikkje takast nok omsyn til i modellen, som fører til dei høge arvegradene i deira studie. I modellen i denne oppgåva kan resultata påverkast av at maternale genetiske effektar ikkje er inkludera.

4.5 Genetiske korrelasjonar

Den lågaste genetiske korrelasjonen er mellom lågaste (51 dagar) og høgaste (2554 dagar) alder, noko som ein kunne forvente. Men også denne korrelasjonen var relativt høg (0,75), og viser at det er ein sterk samanheng mellom vekt som lam og vekt ved høg alder. Dette

samsvarar blant anna med funn i Borg et al. (2009a), som viste at lammetilvekst og vaksenvekt har sterk genetisk samanheng. Også Bassett et al. (1986) fann høge korrelasjonar for vekt mellom ulike aldrar.

Når ein ser at korrelasjonane mellom lamme- og vaksenvekter er så høge, kan det spørjast om det er mogleg å finne vêrar med høge lammevekter som samstundes gir låge vaksenvekter. Ut frå Figur 4 og 5 ser ein at det er stor skilnad på avlsverdiane mellom vêrane som hadde flest døtre i datasettet. Det finst vêrar som har svært høge ebv-ar for vaksen slaktevekt, og skil seg klart frå dei andre verane på denne måten, dette gjeld her særleg to vêrar. Desse vêrane hadde ikkje slakteregistreringar i aldersklassar eldre enn 7, og dette kan vera grunnen til at dei skil seg så mykje ut. Ut frå deira kurver, skulle vaksenvekta hos deira avkom ha ein tendens til å auke betrakteleg etter alder der dei skal vere ferdig utvaksne. Dette er lite sannsynleg. Der er også vêrar som har slakteregistreringar i berre tre og fire klassar, desse gir også truleg eit lite sikkert bilete av korleis dei eigentleg bidrar genetisk til døtrene sine vaksenvekter.

Ein vêr skilde seg ut med relativt gode lamme-slaktevekter og samstundes låge slaktevekter for vaksne. Dette viser at det går an å få i både pose og sekk, og er ein slik type vêr ein bør bruke i avlen for å motverke auke i vaksenvekt på søyene. Men som ein ser er slakteregistreringane ujamt fordelt på dei ulike aldersklassane. Ein føresetnad for at metoden skal fungere bra er at vêrane har slakteregistreringar nokolunde jamt fordelt over ulike aldrar, slik at ein får meir stabile kurver. Felles for alle vêrane er at hovudtyngda av avkom er slakta ved aldrar mellom 123 og 215 dagar. Dette er naturleg og som forventa, då dette er klassa som representerer lam som vert slakta fyrste hausten. Nest flest slakt har aldrar mellom 216 og 365 dagar og er truleg lam som har vore for små til å sendast rett frå beite og som har vorte fôra inne ei stund.

4.6 Veggen vidare

Kan så resultata av denne oppgåva brukast til noko? Resultata viser betydeleg variasjon mellom vêrane, og det verkar lovande. Men metoden med å sjå på slaktevekt for å analysere vaksenvekt er enno ein prototype. Modellen må vidareutviklast og forståast betre før han kan takast i bruk i avlsarbeidet. Følsemd for datakvalitet er noko av det som må undersøkjast vidare. Ebv-berekningane er eit godt døme på dette, med få slakteregistreringar som grunnlag for ein del vêrar fører til usikre og lite sannsynlege resultat. Andre ting som må inkluderast er maternale genetiske effektar. Spørsmålet vidare er på kva måte ein skal dra nytte av dei langsgåande ebv-ane i praktisk seleksjon. Ein moglegheit kan vera å vektlegge både haust- og vaksenvekt ved seleksjon av seminvêrar, og på den måten motverke auka vaksenvekt. Dette

vil vere mest effektivt under genomisk seleksjon fordi ein då kan auke avlsframgang for maternale eigenskapar med heile 65% (Klemetsdal, G., pers. komm., 12.05.2019). Referansepopulasjonen som bidreg til dette er då fjernare slektningar, som til dømes halvtanter. Slaktevekt er som dei maternale eigenskapane ein eigenskap ein får informasjon om seint i livet, men som ein ynskjer informasjon om på eit tidleg seleksjonstidspunkt. Det ville vere fordelaktig å kunne flytte referansepopulasjonen endå nærare dyra som skal ha avlsverdi, til dømes til halvsysken eller dyret sjølv. Dette kan ein gjera ved å byrje å registrere fenotypar ved svært ung alder, dømesvis lengde på knoklar i frambeina. Desse måla er funne å ha ein genetisk korrelasjon til vekt (Einarsson et al. 2015), og burde ha vore vurdert for å auke sikkerheita på genomiske avlsverdiar på vaksenvekt.

5 Konklusjon

Resultata viser at det er genetisk varians og middels arvegrader for slaktevekt langs heile aldersintervallet. Slaktevekt for lam har sterk samanheng med vaksenvekt, og det betyr at seleksjon for høgare lammevekter generelt fører til større vaksenvekter. Men nokon vêrar avvik frå dette mønsteret og gir gode lammeslakevekter, men samstundes ikkje for tunge søyer. Tilnærminga i denne oppgåva kan utviklast vidare og truleg brukast for å selektere for gunstig form på vektutviklingskurva, også om ein ynskjer å avle for mindre vaksne søyer. Genomisk seleksjon vil vere naudsynt for å få til ein effektiv seleksjon på denne nye eigenskapen.

6 Referansar

- Asmad, K., Kenyon, P. R., Pain, S. J., Parkinson, T. J., Peterson, S. W., Lopez-Villalobos, N. & Blair, H. T. (2014). Effects of dam size and nutrition during pregnancy on lifetime performance of female offspring. *Small Ruminant Research*, 121 (2): 325-335.
- Bassett, J. W., Blackwell, R. L., Stobart, R. H. & Cartwright, T. C. (1986). An Analysis of Body Weights and Maturing Patterns in Western Range Ewes. *Journal of Animal Science*, 63 (3): 729-740.
- Bedier, N. Z., Younis, A. A., Galal, E. S. E. & Mokhtar, M. M. (1992). Optimum ewe size in desert Barki sheep. *Small Ruminant Research*, 7 (1): 1-7.
- Blichfeldt, T. & Jakobsen, J. (2014). Avlsframgangen bidrar til økt slaktevekt. *Sau og Geit* (4): 3.
- Blichfeldt, T. (2017). Endrer O-indeksen: Vil avle for redusert variasjon i lammetall og fødselsvekt. *Sau og Geit*, 5: 3.
- Blichfeldt, T. (2018). Referat fra møte nr 2/2018 i Avlsrådet for sau. nsg.no. 39 s.
- Boman, I. A. (2010). Søyene blir tyngre. *Sau og Geit*, 2: 2.
- Boman, I. A. & Eikje, L. S. (2011). Voksenvekt hos sau. *Husdyrforsøksmøtet 2011*.
- Borg, R. C., Notter, D. R. & Kott, R. W. (2009a). Genetic analysis of ewe stayability and its association with lamb growth and adult production. *Journal of Animal Science*, 87 (11): 3515-3524.
- Borg, R. C., Notter, D. R. & Kott, R. W. (2009b). Phenotypic and genetic associations between lamb growth traits and adult ewe body weights in western range sheep. *Journal of Animal Science*, 87 (11): 3506-3514.
- Douhard, F., Jopson, N. B., Friggens, N. C. & Amer, P. R. (2016). Effects of the level of early productivity on the lifespan of ewes in contrasting flock environments. *animal*, 10 (12): 2034-2042.
- Eikje, L. S., Ådnøy, T. & Klemetsdal, G. (2008). The Norwegian sheep breeding scheme: description, genetic and phenotypic change. *animal*, 2 (2): 167-176.
- Eikje, L. S., Maia, R. P., Boman, I. A. & Labouriau, R. (2013). Arvelig variasjon for holdbarhet hos sau. *Husdyrforsøksmøtet 2014*: 4.
- Einarsson, E., Eythorsdottir, E., Smith, C. R. & Jonmundsson, J. V. (2015). Genetic parameters for lamb carcass traits assessed by video image analysis, EUROP classification and in vivo measurements. *Icelandic Agricultural Sciences*, 28 (1): 3-14.
- Forskrift om næringsmessig transport av dyr. (2012). *Forskrift om næringsmessig transport av dyr*.

- Gogel, B. J., Gilmour, A. R., Welham, S. J., Cullis, B. R. & Thompson, R. (2015). ASReml Update: What's New in Release 4.1. 82. Tilgjengelig fra: <https://asreml.kb.vsni.co.uk/wp-content/uploads/sites/3/2018/02/Whats-New-in-ASReml-4.1-.pdf>.
- Herd, R., Oddy, V. & Lee, G. (1993). Effect of divergent selection for weaning weight on liveweight and wool growth responses to feed intake in Merino ewes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33 (6): 699-705.
- Kennedy, B. W., Torell, D. T., Bradford, G. E. & Lasslo, L. L. (1985). Selection for Weaning Weight in Targhee Sheep in Two Environments. I. Direct Response. *Journal of Animal Science*, 61 (2): 376-386.
- Kjorstad, P., Lystad, M. L., Langaker, M., Ringdal, G. & Hektoen, L. (2014). Sauekontrollen årsmelding 2013. 36 s.
- Lillehammer, M., Ådnøy, T. & Steinheim, G. (2004). Sammenheng mellom produksjonseffektivitet og kroppsvekt hos sau. *Norges Landbrukshøyskole, Institutt for husdyrfag og akvakultur*: 4.
- Lov om dyrevelferd. (2009). *Dyrevelferdsloven*.
- Mattilsynet. (2017). Veileder om transportegnethet og skille mellom dyr under transport,.Når kan dyr transporteres?: Mattilsynet. 11 s.
- Midtveit, I. (2015). Kan sauen transporteres? *Sau og geit*, 5.
- Mysterud, A., Steinheim, G., Yoccoz, N. G., Holand, Ø. & Stenseth, N. C. (2002). Early onset of reproductive senescence in domestic sheep, *Ovis aries*. *Nordic Society Oikos*, 97: 177–183.
- NIBIO. (2019a). *Arealinformasjon, Beitelag, Finnemarka, Sau lam sleppt, Sau per km2, Tapsprosent sau lam*, 25.03.2019: Norsk Institutt for Bioøkonomi, Kilden.
- NIBIO. (2019b). *Arealinformasjon, Beitelag, Nore Og Uvdal Kommune, Sau lam sleppt, Sau per km2, Tapsprosent sau lam*, 25.03.2019. Norsk Instiutt for Bioøkonomi, Kilden.
- NIBIO. (2019c). *Arealinformasjon, Beitelag, Vestmarka, Sau lam sleppt, Sau per km2, Tapsprosent sau lam*, 25.03.2019: Norsk Institutt for Bioøkonomi, Kilden.
- Näsholm, A. & Danell, Ö. (1990). Growth and Mature Weight of Swedish Finewool Landrace Ewes. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 40 (1): 71-81.
- Näsholm, A. & Danell, Ö. (1996). Genetic relationships of lamb weight, maternal ability, and mature ewe weight in Swedish finewool sheep. *J Anim Sci*, 74 (2): 329-39.
- Olsen, H. B. (2016). *Bruk av utrangeringsinformasjon for undersøkelse av risikofaktorer og arvegrad for mastitt hos Norsk Kvit Sau (NKS)*. Klemetsdal, G. & Boman, I. A. (red.).

- Use of Culling Information in Analysis of Risk Factors and Heritability of Mastitis in Norwegian White Sheep ("NKS"): Norwegian University of Life Sciences, Trondheim, Norway.
- Pedersen, H. (2017). *Grovfôrkostnad på sauebruk*. AS, T. r. (red.). medlem.nortura.no. 11 s.
- Peters, R. H. (1983). *The ecological implications of body size*: Cambridge University Press.
- Puillet, L., Réale, D. & Friggens, N. (2016). *Disentangling the relative roles of resource acquisition and allocation on animal feed efficiency: Insights from a dairy cow model*, b. 48.
- Rådet for dyreetikk. (2015). Etske vurderinger av dagens saueavl. *Sau og Geit*, 4.
- Safari, E., Fogarty, N. M. & Gilmour, A. R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science*, 92 (3): 271-289.
- SAS Institute Inc. (2019). *What's New in SAS® 9.4*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schaeffer, L. (2016). Random regression models. Available in <http://animalbiosciences.uoguelph.ca/~lrs/BOOKS/rrmbook.pdf>.
- Schaeffer, L. R. (2004). Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*, 86 (1): 35-45.
- Simm, G. (1998). *Genetic improvement of cattle and sheep*. Ipswich: Farming Press.
- Valdez-Nava, Y. (2011). *Genotype by Environment Interaction Effect on Lamb Weaning Weight in Norwegian White Sheep*: Universitetet for Miljø- Og Biovitenskap, Institutt for Husdyr- Og Akvakulturvitenskap. 38 s.
- Valdez-Nava, Y., Steinheim, G., Ødegård, J., Eikje, L. S., Fuerst-Waltl, B. & Klemetsdal, G. (2011). Genotype by environment interaction for lamb weaning weight in the Norwegian White Sheep breed. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 61 (4): 218-221.
- W.M Rauw, E Kanis, E.N Noordhuizen-Stassen & F.J Grommers. (1998). Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review,. *Livestock Production Science*, 56 (1): 15-33.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway