



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap

Bruk av utrangeringsinformasjon for undersøkelse av risikofaktorer og arvegrad for mastitt hos Norsk Kvit Sau (NKS)

Use of Culling Information in Analysis of Risk
Factors and Heritability of Mastitis in Norwegian
White Sheep («NKS»)

Henriette Berg Olsen

Forord

Jeg har alltid vært interessert i alt som er levende, spesielt innenfor dyreriket. Jeg tok bachelorgrad på universitetet på Oslo, og under studiet ble det tydelig for meg at det var genetikk og evolusjon som interesserte meg mest. Veien var kort fra naturlig til kunstig seleksjon, og tanken om at vi kan avle frem raser med de egenskapene vi ønsker er spennende, men fyller meg samtidig med ydmyket. En slik mulighet kan lett misbrukes, enten bevisst eller ubevisst. Et ensidig fokus på produksjonsegenskaper kan i mange tilfeller gå utover trivselen eller helsa til dyrene vi forvalter. Det er viktig for meg at dyrevelferden blir ivaretatt i avlen.

Høsten 2015 tok jeg anvendt husdyravl (HFA250), og skrev en semesteroppgave om bruk av helseegenskaper i avl. I oppgaven konkluderte jeg med at sauenæringen hadde et forbedringspotensial både når det kom til registrering av helseegenskaper, og bruk av disse i avl. Denne biten ønsket jeg å bidra med, og valgte derfor å skrive en oppgave om mastitt hos Norsk Kvit Sau.

Jeg vil sende en spesiell takk til min hovedveileder professor Gunnar Klemetsdal for tålmodighet, gode og lærerike samtaler, og mang en kaffekopp mens vi ventet på at kjøringene i AsReml forhåpentligvis skulle gå i boks. Videre vil jeg takke bivileder Inger Anne Boman (NSG) som hentet ut data fra sauekontrollen, kom med tips underveis, og hjalp meg med å få oppdatert informasjon om de praktiske sidene ved saueavl. Forsker Geir Steinheim ved IHA var uvurderlig i tolkningen av «hjelpeseksjonen» til AsReml, og skal ha en stor takk for å ha brukt såpass mye tid på min oppgave. Til slutt vil jeg takke venner og familie, spesielt min samboer Harald T. Tollefsen for støtte, oppmuntrende ord, samt hjelp med programmering.

Ski, juni 2016

Henriette Berg Olsen

Sammendrag

Formålet med denne oppgaven var å vurdere ulike risikofaktorer som kan påvirke mastitt blant søyer i første paritet, undersøke genetisk variasjon, samt å vurdere om mastitt som utrangeringsårsak egner seg til bruk i en avlsplan for Norsk Kvit Sau (NKS). Dataene ble hentet fra sauekontrollen, og egenskapene som ble undersøkt var om søyene ble utrangert for mastitt eller mastitt + skade på jur/spener. Det var nødvendig å sette en rekke krav til datasettet for å få pålitelige data noe som gjorde at mange observasjoner gikk tapt underveis. Spesielt kravet om at besetningsårene skulle ha oppført en gyldig utrangeringsårsak (ikke blank eller annet) for minimum 90% av observasjonene, førte til et betydelig datatap. Det ble satt to ulike krav til minimum antall søyer per vær, 5 og 10, for å se hvordan dette påvirket farvariansen og arvegraden. De to endelige datasettene hadde henholdsvis 31725 og 22209 observasjoner på søyer i første paritet, hvorav 13% av disse var toåringer. 4,9% av søyene ble utrangert for mastitt, og 8,1% for mastitt eller skade på jur/spener. Alder, lammetall, og hvor mange lam søye gikk med om høsten hadde signifikant effekt på hvorvidt hun ble utrangert for mastitt. Toåringene var mer utsatt, og mastittrisikoen så ut til å øke med økende lammetall. Det var mer negativt for søya å gå uten lam på høsten enn å gå med ett. Videre var det signifikant forskjell på om ei søye gikk med 3 eller 2 lam om høsten i forhold til om hun ble utrangert for mastitt, hvor førstnevnte økte risikoen. For estimering av arvegrad ble besetning, år og alder, i tillegg til far inkludert i modellene. Det ble forsøkt modeller med og uten interaksjon mellom besetning og år, hvor førstnevnte modeller ga høyere estimater. Arvegradene ble estimert med AsReml både ved bruk av lineære- og terskelmodeller. For mastitt varierte arvegraden fra 0,0038 ($\pm 0,0038$) til 0,0065 ($\pm 0,005$ SE) med lineære modellene, og fra 0,002 ($\pm 0,012$) til 0,014 ($\pm 0,018$) med terskelmodellene. For mastitt + skade på jur/spener varierte arvegraden fra: 0,0041 ($\pm 0,0039$) til 0,0125 ($\pm 0,0065$) ved bruk av lineære modeller og fra: 0,006 ($\pm 0,01$) til 0,029 ($\pm 0,018$) ved bruk av terskelmodellene.

Abstract

The purpose of this study was to determine different factors affecting mastitis, estimate genetic parameters, and investigate the possibility to include mastitis, registered as a reason for culling, in a breeding plan for Norwegian White Sheep ("NKS"). The data was collected from the Norwegian sheep recording system ("Sauekontrollen"), and two different binary, explanatory variables was explored; The reason for culling registered as mastitis, and the reason for culling registered as mastitis or damage to udder/teat. To ensure reliable data it was necessary to set a number of requirements, which led to loss of many observations. Including just herd*years that reported a reason for culling (not blank or other) for at least 90% of the slaughtered ewes, led to the biggest data loss. Furthermore, it was set two different requirements as for how many daughters each sire should have in the dataset, to see how this effected the sire variance and heritability of mastitis. The requirements were minimum 5 and minimum 10 daughters per sire, and the two final datasets had 31725 and 22209 respectively. The observations described ewes in first parity, of which 13% were two year olds. The frequency of mastitis was 4,9%, and the frequency of mastitis + damage to udder/teat was 8,1%. Age, number of lambs born, and how many lambs ewes was registered with in autumn all had significant effect on whether or not ewes was culled because of mastitis. Two year olds were more at risk than yearlings, and the risk of mastitis seemed to increase with increasing number of lambs born. Ewes without lambs in autumn had a bigger risk of getting culled because of mastitis, than ewes with one lamb. In addition, ewes with 3 lambs had a significantly higher risk than ewes with two lambs. Herd, year, age and sire were included in the models for estimating genetic parameters, and maximum likelihood was used with the AsReml software. Models with and without interaction between herd and year were run, and the models without an interaction gave the highest heritability estimates. The heritability estimates for mastitis ranged from 0,0038 ($\pm 0,0038$) to 0,0065 ($\pm 0,005$ SE) for the linear models, and from 0,002 ($\pm 0,012$) to 0,014 ($\pm 0,018$) with the threshold models. For the explanatory variable mastitis + damage to udder/teat the heritability varied from 0,0041 ($\pm 0,0039$) to 0,0125 ($\pm 0,0065$) by the linear model, and from 0,006 ($\pm 0,01$) to 0,029 ($\pm 0,018$) by using the threshold model.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	1
2. Litteratur.....	2
2.1 Om mastitt.....	2
2.1.1 Patogener	2
2.1.2 Klinisk (akutt) mastitt	3
2.1.3 Subklinisk mastitt	3
2.2 Risikofaktorer	4
2.3 Estimering av arvegrader for mastittresistens hos sau i Norge	4
2.4 Avl mot mastitt på Norsk Rødt Fe (NRF)	5
2.5 Avlsarbeid på sau.....	6
2.5.1 Organisasjon og registrering	6
2.5.2 Avlsarbeidet på Norsk Kvit Sau.....	6
3. Materiale og metode.....	9
3.1 Om databasen	9
3.2 Krav til datasettet	9
3.3 Bearbeiding av databasen	10
3.4 Beskrivelse av datasettene og utplukk gjort underveis	10
3.5 De to endelige datasettene	16
3.5.1 Overordnet oversikt	16
3.5.2 Fordelingen av utrangeringsårsaker blant de slaktede	17
3.6 Registrering av utrangeringsårsak innad i besetningene	17
3.7 Forekomst av mastitt innen ulike grupper	18
3.8 Undersøkelse av faste effekter.....	21
3.8.1 Alder og lammetall	21
3.8.2 Lammetall høst og paringstype	22
3.9 Modeller for estimering av varianskomponenter og arvegrad	23
4. Resultater	25
4.1 Undersøkelse av faste effekter.....	25
4.1.1 Alder og lammetall	25
4.1.2 Effekt av lammetall høst (burdh) og paringstype på mastitt	26
4.2 Estimering av varianskomponenter og beregning av arvegrad.....	27

5. Diskusjon	29
5.1 Utplukk og endringer gjort fra originalt datasett	29
5.2 Skade på jur/spener	32
5.3 De ulike modellene og datasettene	33
5.4 Risikofaktorer	34
5.5 Arvegrad	36
5.6 Veien videre.....	38
6. Konklusjon	39
6.1 Rapportering.....	39
6.2 Risikogrupper.....	39
6.3 Arvegrader.....	39
6.4 Potensiale	40
7. Referanser	42
8. Appendix.....	44
Kodeoversikt sau	44

1. Innledning

Norske forbrukere stiller høye krav til matproduksjonen, maten skal være trygg, billig og det skal tas hensyn til dyrevelferd i produksjonen. I en spørreundersøkelse om «meninger om norsk mat» utført av Ipsos MMI i 2015, svarer 83% at det er meget eller ganske viktig at dyrevelferden i matproduksjonen er god (Fjellhammer & Ramborg 2015). I boka helse og velferd hos sau (2008) omtales mastitt som den viktigste produksjonsrelaterte sykdommen hos søyer, med en forekomst som varierer mellom besetninger fra null til 10-15%. Akutt jurbetennelse er en alvorlig sykdom som kan føre til at søyer dør til tross for behandling, og den gir signifikant høyere risiko for at lam med syke mødre dør (Arsenault et al. 2008). Tilstanden antas å være smertefullt for de berørte dyrene, og nedsatt allmenntilstand med svakhet og feber kan påvises i mange tilfeller (Indreboe & Mosdoel 1991). En varm og hoven spene kan føre til at søyene motsetter seg patting (Indreboe 1991), og blodig og vannaktig melk med verk er ikke uvanlig (Vatn et al. 2008). I enkelte tilfeller vil akutt jurbetennelse føre til koldbrann (Indreboe & Mosdoel 1991, Mørk et al. 2007), som er områder med dødt ved. Slike områder vil tilslutt avstøtes fra juret.

Mastitt er også av stor økonomisk betydning. Økte utgifter vil forekomme i forbindelse med veterinærutgifter, utrangering, lavere avdrått hos syke søyer og økt arbeidsinnsats. Kostnaden varierer i forhold til alderen på søya, hvor mange lam hun har og om hun dør av sykdommen, men i gjennomsnitt har helsetjenesten for sau anslått et tilfelle av jurbetennelse til å koste rundt 1500 norske kroner (Vatn et al. 2008).

Med bakgrunn i de økonomiske og dyrevelferdsmessige virkningene av mastitt ønsket jeg å undersøke potensialet i sauekontrollen i forhold til å benytte mastitt som utrangeringsårsak i et avlsperspektiv; Hvor mye data finnes? Hvor gode og pålitelige er registreringene? Og hva er arvegraden for mastitt som utrangeringsårsak blant søyer i første paritet? Larsgard et al. (1991) undersøkte arvbarheten til mastittresistens hos søyer, dvs. hvor mange år søya produserte uten å få mastitt, og denne ble beregnet til 0,13 ($\pm 0,16$) med en lineær modell og 0,49 med ikke-lineære modell. Hos storferasen Norsk Rødt Fe har mastitt vært inkludert i avlsmålet siden 1978. I denne populasjonen er det vist at en kan avle mot økt mastittresistens om avkomsgruppene er store, og vektingen av egenskapen er tilstrekkelig (Heringstad 2005). Kan det være mulig å dra Norsk Kvit Sau i samme retning ved å avle for mer motstandsdyktige søyer i fremtiden?

Videre ønsket jeg å undersøke ulike faktorer blant de førstegangsfødende søyene i forhold til risikoen for å utvikle mastitt. Flere studier har funnet at mastittrisikoen øker med økende lammetall (Indreboe 1991, Larsgard & Vaanenoe 1993, Arsenault et al. 2008, Waage & Vatn 2008). Videre har enkelte studier funnet signifikans av alder (Al-Majali & Jawabreh 2002), men her finnes også motstridende resultater (Larsgard & Vaanenoe 1993, Cooper et al. 2016). Indreboe et al. (1991) fant at søyer i 1. paritet hadde mindre risiko enn eldre søyer. Med bakgrunn i dette ville jeg se om alder var signifikant om alle søyer var i samme paritet.

Dataene er hentet fra sauekontrollen som er den landsomfattende husdyrkontrollen for sau. Når søyene utrangeres etterspørres en årsak i sauekontrollen. Selv om det tidligere har vært forventet at væreringsmedlemmer skal oppgi denne årsaken, ble det ikke obligatorisk før i juni i år (møtereferat 2016). På bakgrunn av at søyer som har blitt behandlet for mastitt minst en gang i løpet av de siste tre årene har fire ganger så høy risiko for å utvikle mastitt igjen (Waage & Vatn 2008), at klinisk infiserte spener i mange tilfeller blir permanent skadet, og aldri gjenoppta normal funksjon (Mørk et al. 2007), og den antatte genetiske komponenten i mastittresistens, er det anbefalt at søyer som har hatt mastitt utrangeres. Dette betyr at utrangeringsdata bør kunne benyttes i mastittanalyse.

2. Litteratur

2.1 Om mastitt

2.1.1 Patogener

Mastitt er betegnelsen på betennelse i juret oftest forårsaket av bakterier som trenger seg inn i jurvet og gir infeksjon i spenekanalen. Hvilke patogener som er årsaker til sykdommen varierer noe mellom melkesau og kjøttsau, men to review-artikler konkluderer med at gule stafylokokker, *Staphylococcus aureus*, er den dominerende årsaken i begge produksjonssystemer (Bergonier & Berthelot 2003, Gelasakis et al. 2015). Andre aktuelle patogener er *Escherichia coli*, *Mannheimia spp.*, *Streptococcus spp.* og andre stafylokokker, sammen med lentivirus og mycoplasma. I de samme undersøkelsene finnes det også eksempler på prøver fra infiserte jur hvor en ikke har lyktes å isolere noe patogen.

S. aureus er den dominerende årsaken også i Norge, og isoleres fra rundt 70% av prøver fra infiserte spener (Indreboe & Mosdoel 1991, Mørk et al. 2007). De samme studiene fant ingen bakterievekst i henholdsvis i 12,1 og 13,2 prosent av prøver fra infiserte spener.

Gelasakis et. al (2015) finner at *Mannheimia spp.* er en av de vanligste utløsende årsaken for kjøttproduserende besetninger, men i Norge har denne bakterien lave frekvenser i prøver isolert fra infiserte spener (0,3-2%).

Mastitt deles inn i to hovedgrupper, klinisk og subklinisk mastitt som beskrevet av Vatn, S. et. al. i boka «Helse og velferd hos sau».

2.1.2 Klinisk (akutt) mastitt

Det første tegnet på klinisk mastitt er ofte at søya ikke spiser. På avstand kan man se halthet i bakbeina eller stiv gange. Nærmere undersøkelse avdekker et asymmetrisk jur og en hoven, rød og varm jurkjertel. Melka forandrer både farge og konsistens, hvor både klumper, blod, gass og verk eller vannaktig melk kan forekomme. I mange tilfeller har de berørte søyene en generell nedsatt allmenntilstand med symptomer som feber og svakhet (Indreboe & Mosdoel 1991).

Akutt mastitt vil i noen tilfeller utvikle seg til koldbrann som betegner episoder der større eller mindre partier av kjertelens hudoverflate er kald og blålig misfarget som tegn på nekrose. Områder med koldbrann vil etter hvert avstøtes fra resten av juret. I undersøkelser fra Norge ble koldbrann påvist i henholdsvis 17,1% og 8,8% av tilfellene med klinisk mastitt (Indreboe & Mosdoel 1991, Mørk et al. 2007).

Akutt jurbetennelse er en alvorlig sykdom som kan føre til at søya dør til tross for behandling (Arsenault et al. 2008, Vatn et al. 2008), og klinisk infiserte spener vil i mange tilfeller bli permanent skadet, og aldri gjenoppta normal funksjon (Mørk et al. 2007). En norsk studie fant en gjennomsnittlig reduksjon i avvenningsvekst på 4kg for lam med syke mødre (Larsgard & Vaanenoe 1993), i tillegg gir klinisk mastitt en signifikant forhøyet risiko for at slike lam dør (Arsenault et al. 2008)

2.1.3 Subklinisk mastitt

Subklinisk mastitt, eller kronisk mastitt, er ofte vanskeligere å oppdage fordi det ikke gir kliniske tegn slik som ved akutt mastitt. Sykdommen oppdages som regel ved palpering av juret i forbindelse med rutineundersøkelser i besetningen ved avvenning eller før paring. Sykdommen lar seg som regel påvise ved et forhøyet celletall i melka (Al-Majali & Jawabreh 2002, Bergonier & Berthelot 2003), men andre studier har ikke funnet en signifikant korrelasjon mellom celletall og mastittpatogener (Al-Majali & Jawabreh 2002). Likevel er

dette, sammen med bakterieisolering, den sikreste måten å stille korrekt diagnose (Gelasakis et al. 2015).

I studier av kjøttsau er det observert en signifikant lavere avvenningsvekt for lam født i kull med to eller flere av søyer med mastitt (Arsenault et al. 2008). I en studie med eksperimentelt induisert subklinisk mastitt ble det observert lavere avdrått fra disse søyene og en lavere avvenningsvekt og vekstrate for deres lam (Fthenakis & Jones 1990).

2.2 Risikofaktorer

Trolig påvirker både genetiske- og miljøfaktorer risikoen for å utvikle mastitt. En rekke undersøkelser har vist at lammetall er positivt korrelert med denne risikoen (Indreboe 1991, Larsgard & Vaanenoe 1993, Arsenault et al. 2008, Waage & Vatn 2008). Sammenliknet med søyer med et lam fant Waage et al. (2008) at søyer med tvillinger har dobbelt så høy risiko, og søyer med trillinger hadde firedoblet risiko for å utvikle mastitt. Søyer med mer enn 3 lam har over 6 ganger så høy risiko sammenliknet med søyer med et lam.

For alder og paritetsnummer er det mindre konsensus. Enkelt studier har funnet at alder virker signifikant inn på risikoen for utvikling av mastitt (Al-Majali & Jawabreh 2002, Arsenault et al. 2008), mens en norsk og en engelsk studie ikke fant en slik sammenheng (Larsgard & Vaanenoe 1993, Cooper et al. 2016). Indreboe et al. (1991) fant at søyer i 1. paritet hadde mindre risiko enn eldre søyer.

Skade på jur/spener ser ut til å kunne disponere for mastitt ved å nedsette spenens fysiske og kjemiske motstand mot invasjon, uten å være en årsak i seg selv (Indreboe 1991, Al-Majali & Jawabreh 2002). Videre finner vi at søyer med dårlig jureksteriør har signifikant høyere risiko for mastitt enn de med normalt eksteriør (Larsgard & Vaanenoe 1993, Cooper et al. 2016)

Søyer som har blitt behandlet for mastitt minst en gang i løpet av de siste tre årene har 4 ganger så høy sannsynlighet for å utvikle klinisk mastitt igjen (Waage & Vatn 2008).

2.3 Estimering av arvegrader for mastittresistens hos sau i Norge

Larsgard et al. (1993) undersøkte genetisk variasjon i mastittresistens for å se på muligheten til å inkludere mastitt i avlsmålet til sau. Dataene ble samlet inn fra Tjotta forskningsstasjon, og fenotypen de undersøkte var «hvor mange år søya produserte uten å få mastitt» og en

skala med tre alternativer ble benyttet; 1: utrangert for mastitt i løpet av det første året; 2: Utrangert for mastitt i løpet av det andre året; 3: Overlevde minst to år uten å få mastitt. I tillegg til vær, ble rase og fødselsår inkludert i modellen. Arvegraden til holdbarheten ble beregnet til 0,13 ($\pm 0,16$) med GLM, og minste kvadrats metode, og 0,49 med maximum likelihood og en ikke lineær modell.

2.4 Avl mot mastitt på Norsk Rødt Fe (NRF)

Hos storfe er det, i likhet med forsøkt hos melkesau (Albenzio et al. 2001), funnet ugunstige sammenhenger mellom mastitt og melkeavdrått (Heringstad et al. 2000). Dette blir tydeligst demonstrert i et norsk forskningsprosjekt som har pågått siden 1989. I forsøket har en avlet frem to genetiske grupper av NRF, i den ene er det brukt okser med høyest avlsverdi for melk (hovedsakelig proteinmengde), og i den andre er det benyttet okser som er best på mastittresistens. Etter fem generasjoner var den genetiske forskjellen mellom frisklinjen og høylinjen 10 prosentpoeng klinisk mastitt (Heringstad et al. 2007). Forsøket bekrefter at det er variasjon i mastittresistens i NRF-populasjonen, og at avl mot mastitt virker. En positiv tilleggseffekt er at avl mot mastitt også ga fremgang for andre sykdomsegenskaper og fruktbarhet, som tyder på en positiv korrelasjon mellom disse egenskapene.

Mastitt har vært inkludert i avlsmålet til Norsk Rødt Fe siden 1978, og er dermed den populasjonen hvor mastitt har blitt registrert, og selektert mot, lengst (Heringstad et al. 2003). Fenotypen som benyttes i avlsarbeidet er definert som frisk eller sjuk basert på om kua er registrert med minst ett tilfelle av klinisk mastitt i perioden fra 15 dager før til 120 dager etter første kalving. Ved bruk av en lineær farmodell er arvegraden hos NRF-populasjonen estimert til 0,035 (Heringstad et al. 1999), og på underliggende skala (terskelmodell) er arvegraden 0,07-0,08 (Heringstad et al. 2003). Den relative vekta på mastitt i samla avlsverdi har økt gradvis fra mindre enn 3% i 1978 til 22% i dag (Heringstad 2005). På tross av den lave arvegraden har NRF-populasjonen oppnådd en genetisk forbedring i forhold til mastittresistens (Heringstad et al. 2003). Det poengteres at det er nødvendig med gode data, store dattergrupper og betydelig vektning av egenskapen om en skal oppnå fremgang med en så lav arvegrad.

2.5 Avlsarbeid på sau

2.5.1 Organisasjon og registrering

Sauekontrollen er den landsomfattende husdyrkontrollen for sau. Animalia står for den sentrale administrasjonen med ansvar for drift av den sentrale databasen, samt utvikling av registrering- og rapporteringsverktøy for medlemmer og rådgivere.

Sauekontrollen danner grunnlaget for statistikk, dokumentasjon og forskning og gir på denne måten en oversikt over status i norske sauebesetninger. Den er åpen for alle saueprodusenter i Norge, og medlemskapet organiseres gjennom slakteriene som har det lokale ansvaret med rådgivere og registratorer rundt omkring i landet. For å kvalitetssikre registreringene er medlemmer av sauekontrollen pliktet å følge vise kriterier. Medlemmer må blant annet registrere: lamming, høstvekter og tap, og medlemmer som ikke følger reglene kan bli ekskludert.

Sykdomshendelser kan enten rapporteres av produsenten eller av veterinær. I 2012 ble dyrehelseportalen opprettet hvor veterinærer registrerer utførte behandlinger og utlevering av medisin. Registreringene blir deretter overført direkte til sauekontrollen, og koblet til rett individ.

Når søyer utrangeres, etterspørres en utrangeringsårsak i sauekontrollen, og det forventes av ringmedlemmer registrerer denne. I 2016 besluttet avlsrådet for sau å gjøre utrangeringsårsaken obligatorisk å registrere for alle væreringsmedlemmer uten unntak (NSG 2015).

2.5.2 Avlsarbeidet på Norsk Kvit Sau

Sauekontrollen danner også grunnlaget for avlsarbeidet på sau, og her har Norsk Sau og Geit (NSG) ansvaret for organisering og gjennomføring. NSG er en faglig medlemsorganisasjon som har som formål «å fremme et rasjonelt og lønnsomt saue- og geitehold basert på naturgitte ressurser og god dyrevelferd» (NSG u.å.).

Styret i NSG har oppnevnt et faglig, rådgivende organ, Avlsråd for sau som har ansvaret for at avlsarbeidet blir gjennomført etter avlsplanen, og at nye tiltak blir organisert og gjennomført når utviklingen gjør det nødvendig eller ønskelig.

Avlsmål - Norsk Kvit Sau

Avlsmålet er fastsatt i den nasjonale avlsplanen for sau. Avlsrådet for sau vurderer årlig om delindeksene, samt vektingen skal revideres, og/eller om nye egenskaper skal inn i avlsmålet eller om gamle skal redefineres.

Det beregnes indekser på sau for egenskapene nedenfor med vektingen av de respektive i parentes (NSG 2016).

- Slaktevekt (24%): Korrigert for alder ved slakting. Det er ønskelig med best mulig tilvekstevne hos lamma, samt at de skal bli slaktemodne på utmarksbeite.
- Slaktekvalitet: EUROP klassifisering på slakteriet.
 - Slakteklasse (18%): Bestemmes ut fra kjøttfylde i lår, rygg og frempart, med lik vektlegging av hver stykningsdel. Fra P- til E+
 - Fettgruppe (11%): Relativt lite fett som skal ha lys farge. Det er ønskelig at en skal ligge innenfor 1+ til 2+(3-)
- Morsevne-vår (15%): Morkomponenten i vårvekta på avkom til ei søye.
- Morsevne-slakt (24%): Morkomponenten i høstvekta og slaktevekta på avkom til ei søye.
- Lammetall (3%): Endret fra 6 til 3 prosent i 2016.
- Ullvekt (3%)
- Ullklasse (2%): Ny egenskap i 2016.

Delindeksene settes sammen til en O-indeks hvor det tas hensyn til vektingen av de ulike egenskapene. Avlsverdiberegningene foretas med en BLUP-basert (Best Linear Unbiased Prediction) dyremodell ved hjelp av DMU. Dette programmet kan håndtere hele NKS-populasjonen i en beregning som vil si at værindeksene er sammenlignbare over hele landet, noe som er viktig blant annet i utvelgelse av de beste seminværene.

Det praktiske avlsarbeidet - væreringene

Det praktiske avlsarbeidet drives i væreringene. Deres hovedoppgave er å organisere alle praktiske sider ved avkomsgransking av værere, eliteparing og utvalg av avlsdyr for å få et effektivt avlsarbeid.

I væreringene blir de beste lammene plukket ut som kåringskandidater. Kåringen foregår om høsten og er første steg i utvalget av avlsværer. Værslammene får en indeks basert på avstammingsindeks og egen høstvekt hvor minstekravet er 115 for NKS. I tillegg foretas en

fenotypeseleksjon hvor det legges vekt på kropp, bein, ullmengde- og kvalitet. Her kan lammene få en poengsum fra 0-10 på hver av egenskapene, hvor 5 og under blir vraket. Det totale kåringskravet for O-indeksen og fenotypeseleksjonen er 145 (NSG 2015) De beste settes inn som prøveværer til avkomsgransking i en værering.

De ulike besetningene i en ring samarbeider om å avkomsgranske værer. Prøveværene flyttes fra besetning til besetning i paringssesongen, slik at samme vær benyttes i alle besetningene. På den måten kan en korrigerer for systematiske miljøeffekter, og en minimerer risikoen for at en vær får høy avlsverdi som følge av særbehandling av en produsent. Store ringer er avlsmessig fordelaktige ved at de har mulighet til å granske flere værer. Dette gir flere potensielle kandidater som det skal selekteres blant, og mulighet for større seleksjonsintensitet. Når væren er 1,5 år har det kommet opplysninger om deres lam som er slaktet og den får en avlsindeks. Prøveværer er ofte avkom etter eliteværer som har fått mange avkom. Lammetall og høstvekter fra halvøstre kan dermed benyttes til foreløpig gransking av morsegenskaper. På bakgrunn av denne informasjonen gjøres et utvalg for å finne de beste lokale eliteværene for videre bruk i ringen.

De beste eliteværene i landet blir plukket ut for semin. Seminværene blir plukket ut når de er 2,5 år og fraktet til seminstasjonen på Staur i Hedmark. På dette tidspunktet har de fått lammingsopplysninger til de førstefødte døtrene, samt deres søyeegenskaper. Seminbruk gjør det mulig for NSG å velge blant alle avkomsgranskede værer i landet og kan utnytte disse maksimalt, samt at alle væreringene kan få sæd fra de beste værene. Bruk av semin bidrar også til å styrke de genetiske båndene mellom besetningene som gjør det mulig å skille avlsverdier fra besetningsmiljø, og gjør dermed indeksene sammenlignbare mellom besetninger (Eikje et al. 2011)

Ved påsett av søyelam tas det hensyn til lammets avlsverdi, bruksegenskaper (lam og mor), samt saueholderens egne preferanser. De beste 5% på O-indeks blir paret med eliteværer som i all hovedsak bidrar til neste generasjons prøveværer, og blant de 40-50% beste finnes de fleste mødrene til påsettlam.

3. Materiale og metode

3.1 Om databasen

Dataene i oppgaven er hentet fra sauekontrollen årene 2011-2015 av biveileder Inger Anne Boman i NSG, og ble levert med følgende informasjon:

- Søyas identitet
- Søyas fødselsdato
- Søyas alder ved lamming
- Besetningen søya befinner seg i
- Paringstype: Naturlig eller semin
- Lammingsopplysninger: Dato og antall lam født
- Søyas alder ved første lamming
- Besetningår: Variabel sammensatt av besetning + året for lammingen
- Burd høst: Antall lam med høstvekt der søya er oppgitt å være mor/fostermor.
- Eventuelle utrangeringsopplysninger: Dato, utkode og utrangeringsårsak. Oversikt over de ulike utkoder, og utrangeringsårsaker er vedlagt i appendix.

Kun søyer fra 1 til 3 år ble inkludert i leveransen, hvor hver rad beskriver informasjon om en lamming. Hver søye kan dermed ha maksimum tre rader i datasettet.

I tillegg ble det levert en egen pedigreefil med søyenes slektskap fem generasjoner tilbake.

3.2 Krav til datasettet

Opplysningene ble hentet på bakgrunn av kriteriene:

- Produsenten skal ha vært i ring i fem år. Produsenter som har vært i karantene 1-2 år på grunn av fotråte ble tatt med.
- Søyene skal være født i besetningen
- Søyene skal ha rasekode 10 (NKS)
- Foreldrene skal være kjent og fra rasegruppe 10 (NKS)

Det leverte datasettet hadde 206 298 rader.

3.3 Bearbeiding av databasen

Søyer som var utrangert på tidspunktet hvor dataene ble hentet inn, hadde utrangeringsopplysninger på alle sine observasjoner. Søyer som er planlagt utrangert kan ofte holdes i livet til januar på grunn av telledato, og søyer som er tomme ved ultralydscanning går ofte ut på vinteren. I et forsøk på å skille disse to gruppene antok en at januarslakt var planlagt, mens februarslakt var tomme søyer. Utrangeringsdata ble dermed kun beholdt på observasjonen hvor utdatoen var samme år, eller januar året etter, lammingsdatoen. Denne perioden blir referert til som produksjonsåret.

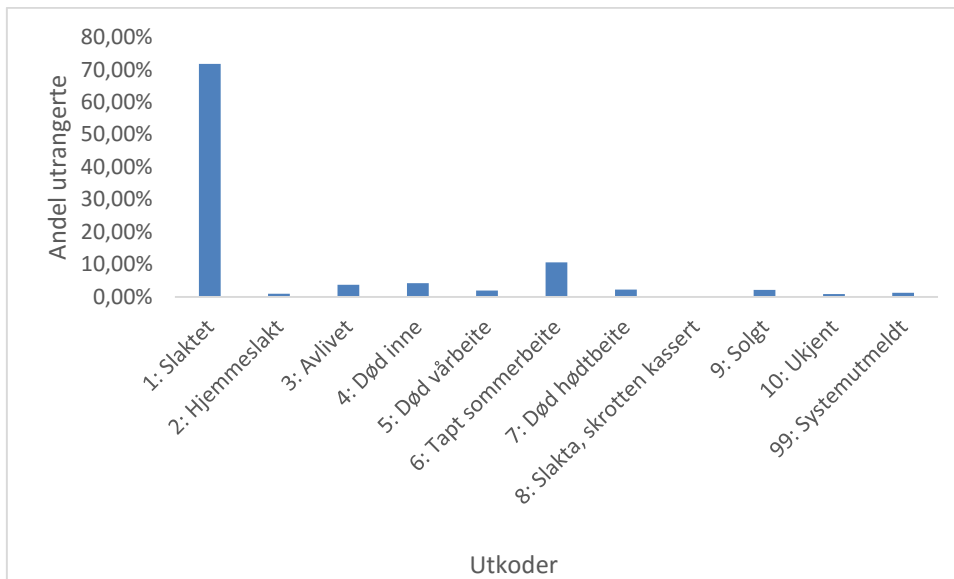
Fire nye variabler ble lagt til datasettet

- **Overlevd:** To nivåer; 1 om hun hadde overlevd produksjonsåret, og 0 om hun hadde gått ut.
- **Paritet:** Fortalte om oppføringen var for søyas første, andre eller tredje lamming.
- **Mastitt:** To nivåer; 1 om søya var oppgitt med utrangeringsårsak nummer 9 (mastitt), og 0 om hun var utrangert med annen årsak eller om hun hadde overlevd.
- **Mastittjur:** En kombinasjon av mastitt og skade på jur/spener; 1 om søye var oppgitt med utrangeringsårsak nummer 9 (mastitt) eller 7 (skade på jur/spener), og 0 om annen, ingen årsak eller om hun hadde overlevd.

3.4 Beskrivelse av datasettene og utplukk gjort underveis

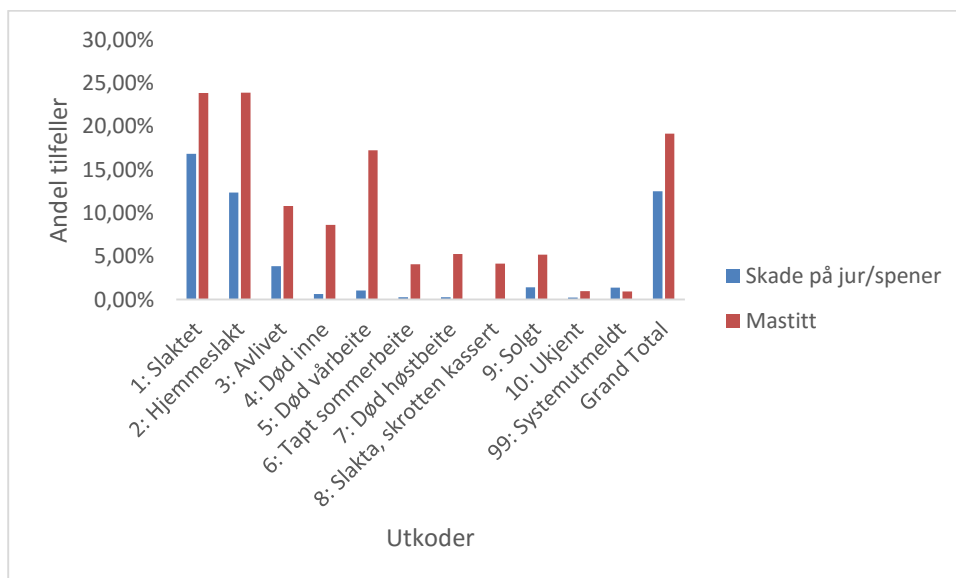
Det ble satt endel krav for å sikre best mulig data. Utplukket ble gjort i SAS, og utplukk gjort underveis vil være nummerert, mens andre endringer vil stå oppført i kursiv. Utplukk og endringer er drøftet under punkt 5.1 i diskusjonen.

Datamateriale inneholdt søyer som var gått ut på ulike måter. Figuren nedenfor gir en oversikt over dette.



Figur 1: Andelen søyer i det originale datasettet som har gått ut på ulike måter.

Slaktet er den vanligste utkoden, og ble benyttet for omtrent 72% av søyene som gikk ut. Nest vanligst er tapt på sommerbeite som var påført for litt over 10% av de utgått søyene. Frekvensen av mastitt og skade på jur/spener varierte mellom gruppene av utkoder:



Figur 2: Utkodene og hvor stor andel av som hadde gått ut på grunn av mastitt og skade på jur og spener i de enkelte. Dataene er hentet fra det originale datasettet.

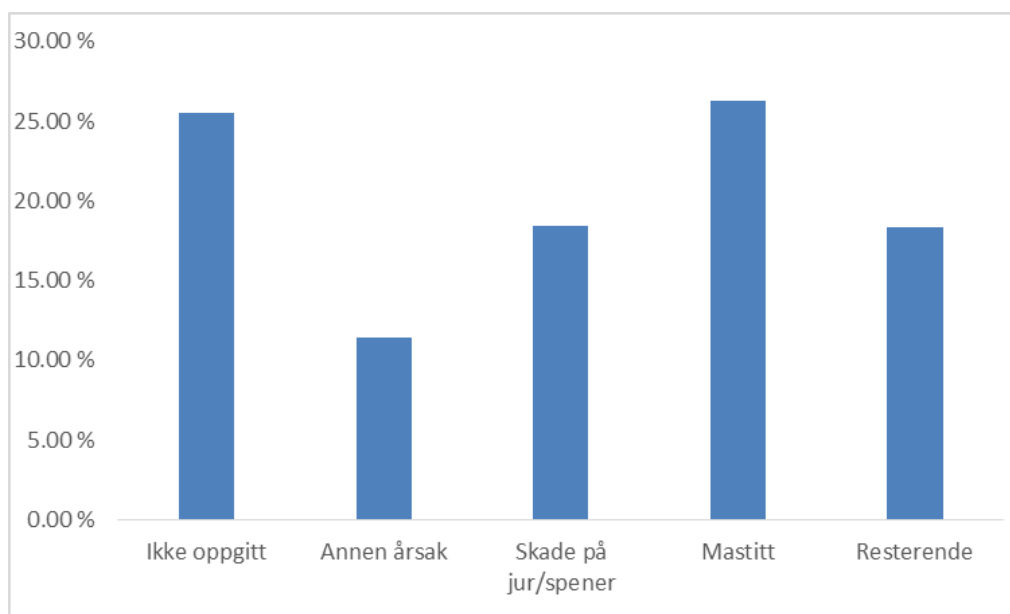
I kategoriene slaktet og hjemmeslakt finner vi de fleste tilfellene av søyer som har gått ut med mastitt som utrangeringsårsak. Hver gruppe hadde en andel på rundt 24%, som var over totalgjennomsnittet på 19%. Av søyene som hadde dødd på vårbeite, var avlivet eller

dødd inne hadde henholdsvis 17, 11 og 9 prosent mastitt som oppgitte utrangeringsårsak, og i de resterende kategoriene var det få tilfeller (fra 1-5%).

Andelen som hadde gått ut grunnet skade på jur/spener var 17 prosent i utgruppa slakt og 12% i hjemmeslakt. Ellers var det lave nivåer i de andre kategoriene, og gjennomsnittet totalt var 12,5%.

1. Kun utkode 1, slaktet, ble tatt med videre.

Med det reduserte datasettet var fordelingen av utrangeringsårsakene blant de slaktede søyene slik:



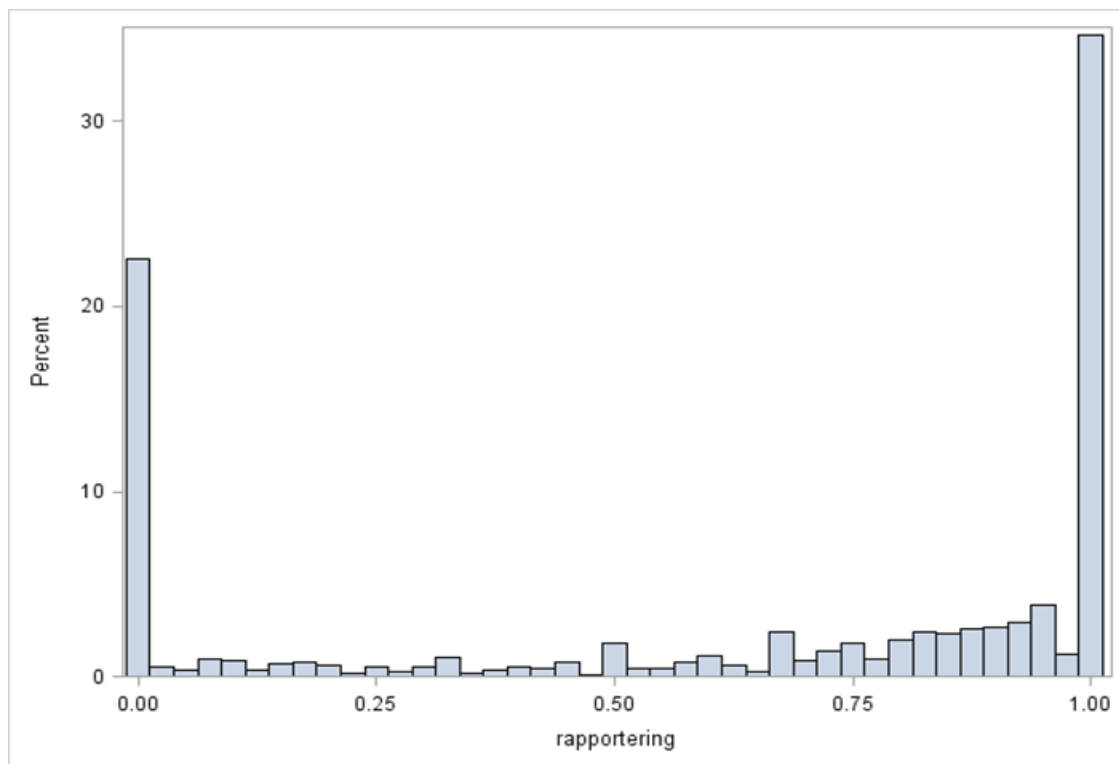
Figur 3: Fordelingen av de ulike utrangeringsårsakene. Dataene er for alle utrangerte søyer med utkode 1.

Figur 3 viser at av alle slaktede søyer i mitt datasett er det en fjerdedel som ikke har noen oppgitt utrangeringsårsak.

Den vanligste utrangeringsårsaken er mastitt som er rapportert for 26% av alle slaktede søyer. Skade på jur og spener står for omtrent 18%, og 11% utrangeres for «annen årsak». De resterende utrangeringsårsakene utgjør 18%.

På bakgrunn av usikkerheten i hva «annen årsak» består av ble denne inkludert i «ikke oppgitt» før videre analyse.

Vi kan lese av figur 3 at 36% av de de utrangerte søyene er utrangert uten årsak eller med «annen årsak». Denne rapporteringsviljen varierte naturlig nok mellom besetningsår:



Figur 4: Rapporteringsviljen til de ulike besetningsårene basert på alle slakede søyeobservasjoner. "Annen årsak" er satt som ikke rapportert.

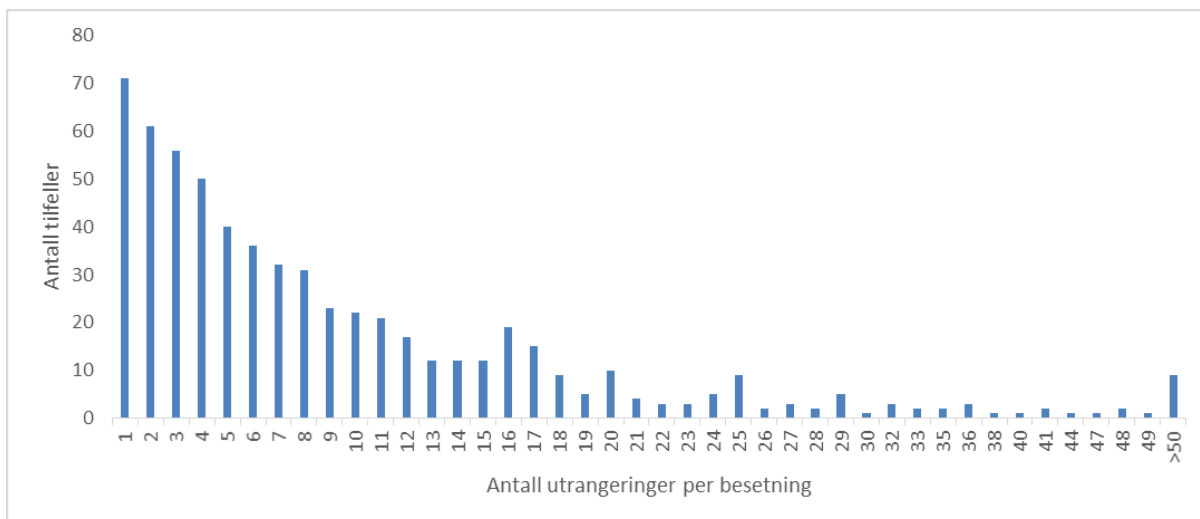
Figur 4 viser besetningsårenes evne til å rapportere en gyldig utrangeringsårsak for de slakede søyene. Vis ser av figuren at i overkant av 20% av besetningsårene aldri rapporterer årsak eller noterer «annen årsak», mens omkring 35% alltid rapporterer.

2. For å sikre pålitelige data valgte jeg å kun ta med besetningsår som oppga en årsak for minimum 90% av de utrangerte søyene.

Jeg ønsket å estimere arvegradet av mastitt eller mastitt + skade på jur/spener som utrangeringsårsak, samt finne eventuelle grupper som var spesielt utsatt for sykdommen blant søyer som lammet for første gang. For å få med flest mulig observasjoner ble utplukkene ovenfor gjort på søyer i alle aldersgrupper, men for videre analyse og utplukk var det nødvendig å hente ut søyer i 1. paritet.

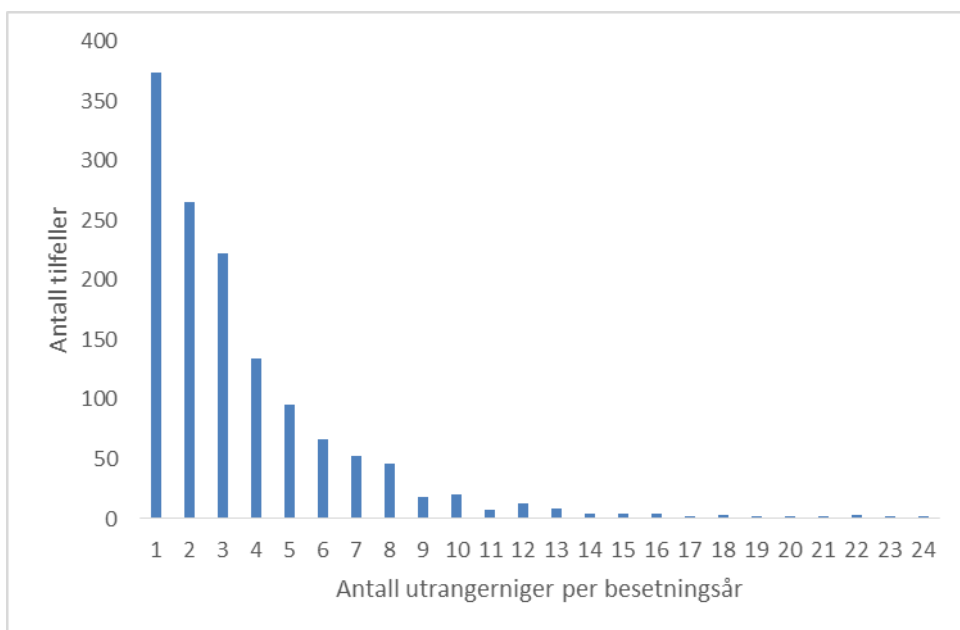
3. Kun søyer i første paritet ble plukket ut.

Besetningene, og besetningsårene, varierer i størrelse, og i andelen som utrangeres, blant søyer som lammet for første gang. Figurene nedenfor gir en oversikt over dette.



Figur 5: Antall utranginger per besetning. Dataene er for alle utrangerte søyer som lammet for første gang som befinner seg i besetningsår med en rapporteringsvilje på minimum 90%.

Det var i gjennomsnitt 18,2 utranginger per besetning, med et minimum på 1 og maksimum på 74.



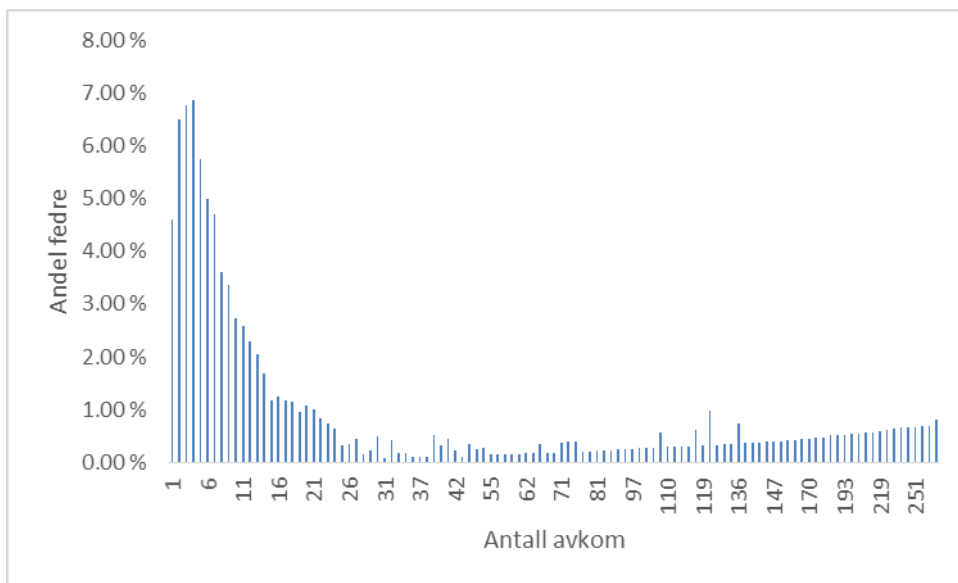
Figur 6: Ulike kategorier av antall utranginger per besetningsår og hvor mange tilfeller som finnes av hver. Dataene er for alle utrangerte søyer som lammet for første gang som befinner seg i besetningsår med en rapporteringsvilje på minimum 90%.

I gjennomsnitt ble det utrangert 6,8 søyer per besetningsår.

Figur 6 viser antall utranginger per besetningsår med et gjennomsnitt på 6,8. Det fantes omkring 70 besetninger med kun en utrangering (Figur 5), og hele 374 besetningsår i samme kategori (Figur 6). Sistnevnte figur er mer forskjøvet mot venstre og figur 5 er strukket mer ut som vil si at besetningene, naturlig nok, har større subklasser enn besetningsårene.

4. Besetningsår med kun en observasjon bidrar ikke i variansanalyse når besetningsår modelleres som fast effekt. Med bakgrunn i dette ble kun besetningsår med minimum 2 utrangeringer inkludert i datasettene som ble benyttet for å modellere mastitt.

Med utplukkene beskrevet ovenfor var det nå 6788 fedre i datasettet. Antall søyer hver far har i datasettet (referert til som «avkomsgruppe») varierte fra 338 til 1, med et gjennomsnitt på 54,2.



Figur 7: «Avkomsgrupper» i datasettet og andel fedre i hver. Dataene er basert på det midlertidige datasettet sprunget ut fra seleksjonstrinn 1-4.

Fedre som har mange døtre med observasjoner bidrar mer i forhold til å finne variasjon dem imellom, spesielt siden egenskapen jeg undersøkte var binær. Jeg valgte å produsere to datasett med to ulike krav.

5. Krav til antall søyer per vær:
 - a. *Datasett a*: Kun søyer fra fedre som har minimum 5 døtre i datasettet.
 - b. *Datasett b*: Kun søyer fra fedre som har minimum 10 døtre i datasettet.

Tabell 1: Antall observasjoner etter hvert utplukk, og hvor mange observasjoner som gikk tapt.

Datasett og krav	Antall observasjoner	Antall tapt i steg
Originalt datasett	206.297	-

Kun slakede søyer	195.615	10.682
Kun besetningsår med minimum 90% rapporteringsvilje	80.216	115.399
Kun søyer som lammer for første gang	41.753	38.463
Kun besetningsår med minimum 2 utrangeringer	41.379	374
Minimum 5 søyer per far	31.725	9654
Minimum 10 søyer per far	22.209	9516

3.5 De to endelige datasettene

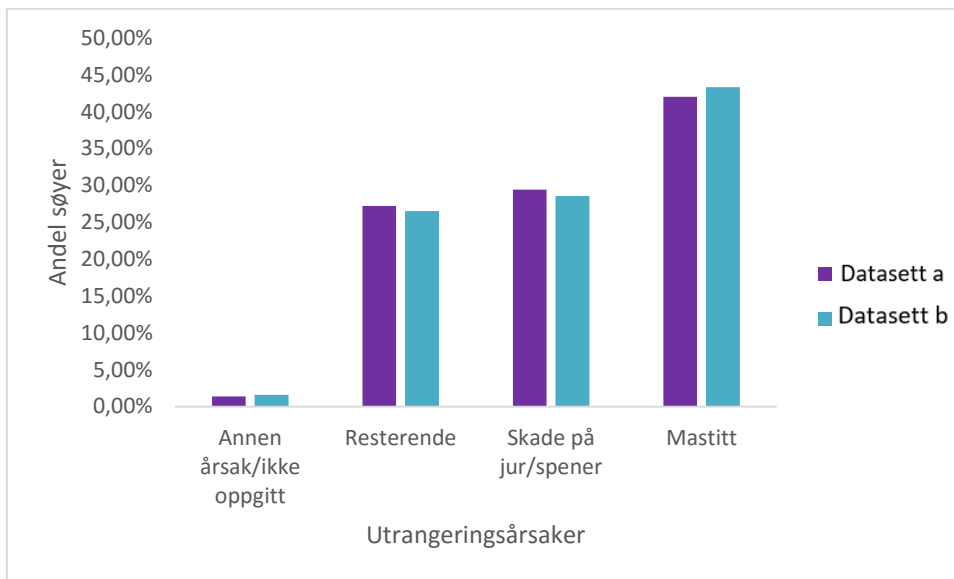
3.5.1 Overordnet oversikt

Tabell 2 Beskriver de to endelige datasettene. Datasett a inneholder kun søyer med fedre som har minst fem søyer i mitt datasett, og datasett b har minimum 10 søyer per far.

	Datasett a	Datasett b
Antall observasjoner	31 725	22 209
Antall besetninger	653	638
Antall besetningsår	1568	1521
Antall fedre	2273	788
Andel utrangert	11.3 %	11.4 %
Andel utrangert for mastitt	4.8 %	4.9 %
Andel utrangert for skade på jur spener	3.3 %	3.2 %
Andel åringer	86.3 %	86.5 %

Det er små forskjeller mellom datasettene når det kommer til andelen som utrangeres totalt, for mastitt eller for skade på jur/spener. Det samme gjelder andelen åringer i forhold til toåringer blant søyer som lammer for første gang.

3.5.2 Fordelingen av utrangeringsårsaker blant de slaktede

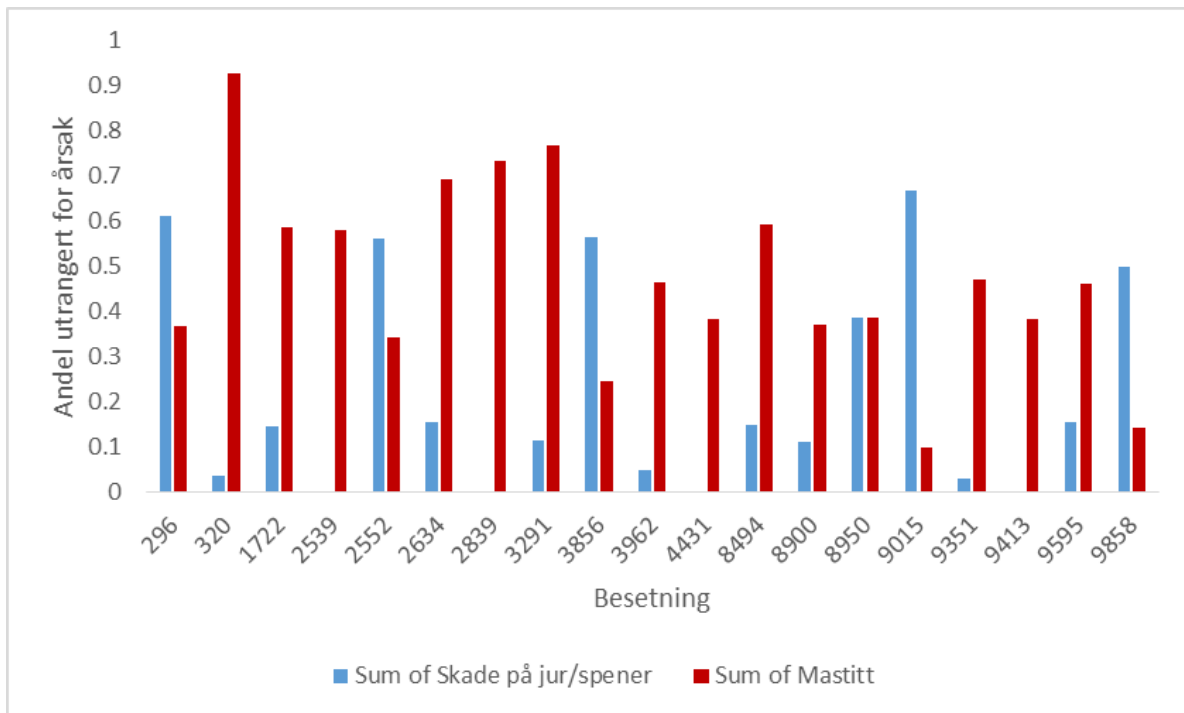


Figur 8: Andel søyer som er utrangert for ulike årsakene i datasekk a og b.

Den vanligste utrangeringsårsaken blant de unge søyene er mastitt, og hele 42% utrangeres med denne årsaken. Nest vanligste utrangeringsårsak er skade på jur/spener som står oppført for 29% av søyene. Både skade på jur- og spener og mastitt er vanligere enn de resterende utrangeringsårsakene til sammen.

3.6 Registrering av utrangeringsårsak innad i besetningene

Andelen søyer som utrangeres for mastitt eller skade på jur/spener varierer mellom besetninger. I figuren nedenfor har jeg plukket ut besetninger som har mer enn 25 utrangeringer totalt for å gi et inntrykk av dette.



Figur 9: Andel søyer som har blitt utrangert for mastitt og/eller skade på jur/spener i besetninger som totalt har over 25 utrangeringer. Dataene er hentet fra datasett a.

Figuren viser at det er store forskjeller mellom besetningene i forhold til andel søyer som utrangeres for mastitt eller skade på jur/spener. Besetning 2839, 4431 og 9413 har ingen søyer som er utrangert for skade på jur/spener. I andre besetninger som 9015 og 9858 har majoriteten av søyene blitt utrangert for skade på jur/spener, og henholdsvis 10 og 14 prosent har blitt utrangert for mastitt.

3.7 Forekomst av mastitt innen ulike grupper

Undersøkelse av forekomsten av mastitt og skade på jur/spener for søyer i ulike kategorier ble gjort med det minste datasettet (datasett b).

Nedenfor finnes en oversikt over tilfeller og kontroller, samt frekvens, innen de ulike gruppene i de to endelige datasettene.

Tabell 3: Antall søyer utrangert for mastitt mot antall «friske» dyr innen ulike kategorier. Av de totalt 22209 søyene i datasett b var det 1092 mastittutrangeringer og 21117 kontroller

Variabel	Nivåer	Mastitt	Antall kontroller	Mastittfrekvens
<i>Alder</i>	1	869	18349	4.5 %
	2	223	2768	7.5 %
<i>Lammetall</i>	1	148	5419	2.7 %
	2	700	12482	5.3 %
	3	217	2899	7.0 %
	4 eller fler	27	317	7.8 %
<i>Burd høst</i>	0	86	1594	5.1 %
	1	329	8120	3.9 %
	2	627	10978	5.4 %
	3	50	425	10.5 %
<i>Parringstype</i>	<i>Naturlig</i>	834	15968	5.0 %
	<i>Semin</i>	258	5149	4.8 %

Fra tabell 3 finner vi at litt over 13% av søyene i datasettet er toåringer, men disse står for omtrent en femtedel av alle mastittfellene; 3% flere toåringer har mastitt som utrangeringsårsak, enn åringer.

Videre kan vi lese at andelen som utrangeres for mastitt er lavest hos søyene som kun får ett lam, blant disse har 2,7% blitt påført mastitt som utrangeringsårsak. Deretter ser vi at andelen som utrangeres for mastitt øker for hvert ekstra lam hun får; 5,3% utrangeres blant de som får tvillinger, og 7% av de som får trillinger. Det var 344 ungsøyer som fikk 4 eller flere lam, og av disse har 7,6% blitt utrangert med mastitt som årsak.

Totalt 3,9% av søyene som gikk med ett lam om høsten hadde mastitt som utrangeringsårsak, og dette var den laveste andelen blant gruppene. Litt over 1% flere var utrangert med samme årsak blant søyene som gikk uten lam om høsten, og marginalt flere blant søyene som gikk med to lam. Av søyer som gikk med tre lam om høsten var hele 10,53% utrangert grunnet mastitt. Sistnevnte kategori inneholdt til sammen 475 søyer.

Det er kun marginale forskjeller mellom frekvensen av utrangeringer grunnet mastitt blant søyer som ble paret naturlig, og blant de som har blitt inseminert.

Tabell 4: Antall tilfeller av søyer utrangert for mastitt eller skade på jur/spener mot antall «friske» dyr innen ulike kategorier. Av de totalt 22209 søyene i datasett 2 var det 1812 tilfeller og 20397 kontroller.

Variabel	Nivåer	mastitt eller skade på jur/spener	Antall kontroller	Frekvens
Alder	1	1469	17749	7.6 %
	2	343	2648	11.5 %
Lammetall	1	239	5328	4.3 %
	2	1192	11990	9.0 %
	3	340	2776	10.9 %
	4 eller fler	41	303	11.9 %
Burd høst	0	148	1532	8.8 %
	1	550	7899	6.5 %
	2	1046	10559	9.0 %
	3	68	407	14.3 %
Parringstype	Naturlig	1385	15417	8.2 %
	Semin	427	4980	7.9 %

Ved å inkludere utraneringsårsaken skade på jur/spener i responsvariabelen har forskjellen i sykdomsfrekvens mellom aldersgruppene økt ytterligere 1%, og er nå 4%.

Det er færre søyer som utraneres for skade på jur/spener blant de med kun ett lam. Dette gjør at frekvensforskjellen mellom disse og de resterende øker ytterligere når begge årsakene er inkludert. Når en kommer til gruppene med 2 eller flere lam, er frekvensen av skade på jur/spener relativt lik innen de ulike kategoriene, så her er det for det mastittutraneringer som utgjør det meste av forskjellene.

Det var omtrent 1% færre utraneringer grunnet skade på jur/spener blant søyer som gikk med 1 lam om høsten enn de som gikk med 0, 2 eller 3. Dermed kommer denne gruppen enda litt bedre ut når denne årsaken inkluderes i responsvariabelen. I de sistnevnte kategoriene var skadefrekvensen omtrent den samme (3,6-3,8%), så forskjeller mellom gruppene her, skyldes i hovedsak forskjeller i utranering for mastitt.

Forskjellene mellom paringstypene når det kommer til andel søyer som utraneres for mastitt eller skade på jur/spener er 0,3%.

3.8 Undersøkelse av faste effekter

3.8.1 Alder og lammetall

For å undersøke en eventuell effekt av alder og lammetall på mastitt benyttet jeg en terskelmodell. I en slik modell blir den observerbare egenskapen antatt å være på en underliggende (konseptuell) normalfordelt skala. Konverteringen til den underliggende skalaen ble gjort med en probit link funksjon i AsReml, hvor $y = \text{mastitt}$ ble gitt ved λ .

$$y = \begin{cases} 0 & \text{for } \lambda_i \leq 0 \\ 1 & \text{for } \lambda_i > 0 \end{cases}$$

En eventuell interaksjon mellom alder og lammetall ble også undersøkt via følgende modell:

$$\lambda_{ijklmn} = \text{besetning}_i + \text{år}_j + \text{alder}_k + \text{lammetall}_l + (\text{alder} * \text{lammetall})_{kl} + \text{far}_m + e_{ijklmn}$$

hvor λ er en vektor med den underliggende årsaken til mastitt på søye n ; besetning er de tilfeldige effektene av besetning $i \sim N(0, \sigma^2_{\text{besetning}})$; år er de faste effektene av år, $j=2011, \dots, 2015$; alder er faste effekter av alder, $k=1, 2$; lammetall er de faste effektene av antall lam født, $l=1, \dots, 6$; alder*lammetall $_{kl}$ er de faste effektene av alle kombinasjoner av kl ; far er de tilfeldige effektene far $m \sim N(0, \sigma^2_s)$ og e er resterende variasjon $\sim N(0, \sigma^2)$

Følgende hypoteser ble satt opp for å undersøke eventuelle effekter:

- Hypotese 1₀: Alder har ingen effekt på hvorvidt søya utrangeres for mastitt
- Hypotese 1_A: Alder har effekt på om søya utrangeres for mastitt

- Hypotese 2₀: lammetallet har effekt på hvorvidt søya utrangeres for mastitt
- Hypotese 2_A: Lammetallet har ingen effekt på hvorvidt søya utrangeres for mastitt.

- Hypotese 3₀: Det er ingen interaksjon mellom alder og lammetall på mastitt.
- Hypotese 3_A: Det er en interaksjon mellom alder og lammetall på mastitt.

Eventuell signifikans av alder, lammetall og alder*lammetall ble testet ved hjelp av F-verdiene gitt i AsReml, og øvre grense ved $\alpha = 0,05$ er hentet fra en F-tabell. Jeg valgte å være konservativ i forhold til antall frihetsgrader for residualene, og benyttet dermed 120 df_e som var det høyeste alternativet i tabellen med unntak av uendelig.

3.8.2 Lammetall høst og paringstype

Også i denne sammenhengen benyttet jeg en terskelmodell og datasett b for å undersøke effekten av lammetall høst (burd høst i modellen), og paringstype på mastitt. Den underliggende årsaken til $y = \text{mastitt}$ ble modellert med:

$$\lambda_{ijk\text{åasn}} = \mu + \text{burd høst}_i + \text{paringstype}_j + \text{besetning}_k + \text{år}_a + \text{alder}_a + \text{far}_s + e_{ijk\text{åasn}}$$

hvor λ er en vektor med den underliggende årsaken til at søye n utrangeres for mastitt; burd høst er faste effekter av hvor mange lam søya gikk med om høsten, $i=1,2,3,4$; paringstype er faste effekter av hvordan søya ble paret, $j = 1$ (naturlig) eller 2 (semin); år er fast effekt av år, $a = 2011, \dots, 2015$; besetning er tilfeldige effekter av besetning $k \sim N(0, \sigma^2_{\text{besetning}})$, alder er fast effekt av alder, $a = 1, 2$; far er tilfeldig effekt av far $s \sim N(0, \sigma^2_{\text{far}})$ og e er resterende variasjon $\sim N(0, \sigma^2_e)$.

Jeg satte opp følgende hypoteser:

- *Hypotese 4₀*: Antall lam søya går med om høsten har ingen effekt på hvorvidt søya ble utrangert for mastitt
- *Hypotese 4_A*: Antall lam søya går med om høsten spiller inn på om søya blir utrangert for mastitt

Eventuell signifikans av antall lam søya går med om høsten på mastitt ble testet ved hjelp av F-verdiene gitt i ASReml, og øvre grense for $\alpha = 0,05$ er hentet fra en F-tabell.

Videre ønsker jeg å undersøke om det å gå med tre lam på høsten er signifikant forskjellig fra å gå med to. Til dette formålet benyttet jeg en t-test:

$$t = \frac{\text{burdh}_3 - \text{burdh}_2}{SE_{diff}}$$

$$SE_{diff} = \text{Var}_3 + \text{Var}_2 - 2\text{Cov}_{3,2}$$

Antar ingen kovarians mellom søyer som går med 3 lam om høsten og søyer som går med to i forhold til om de utrangeres for mastitt, så denne settes til 0.

Hypotesene blir som følger:

- *Hypotese 5₀*: Effekten av burd_3 på mastitt = effekten av burd_2 på mastitt
- *Hypotese 5_A*: Effekten av burd_3 på mastitt \neq effekten av burd_2 på mastitt

Øvre grense ved for t-verdi for $\alpha = 0,05$ er hentet fra en t-tabell. Jeg valgte igjen å være konservativ med tanke på antall frihetsgrader for residualene og benyttet $df_e = 120$.

Følgende hypoteser ble satt opp for å undersøke en eventuell effekt av paringstype:

- *Hypotese 6₀*: Effekten av paringstype₁ på mastitt = effekten av paringstype₂ på mastitt
- *Hypotese 6_A*: Om det benyttes semin eller naturlig paring spiller inn på om søya utrangeres for mastitt.

Eventuell signifikans av paringstype ble testet ved hjelp av F-verdiene gitt av ASReml.

3.9 Modeller for estimering av varianskomponenter og arvegrad

Fire ulike farmodeller ble benyttet for å estimere varianskomponenter og beregne arvegrad ved hjelp av maximum likelihood. Alle 4 modellene ble først kjørt med datasett a hvor det var satt krav om minimum 5 søyer per far (1a,...,4a), deretter med datasett b hvor kravet var satt til minimum 10 (1b,...,4b). Modellene ble kjørt i ASReml Interactive Environment (versjon 4.1, 2015).

$$1) Y_{\text{basn}} = \text{år}_a + \text{besetning}_b + \text{alder}_a + \text{far}_s + e_{\text{basn}}$$

hvor:

Y er mastittobservasjon på søye n, registrert som 1 om mastitt var utrangeringsårsak og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av annen grunn; år er fast effekt av år, $\text{år} = 2011, \dots, 2015$; besetning er tilfeldig effekt av besetning $b \sim N(0, \sigma^2_b)$; alder er fast effekt av alder, $a = 1, 2$; far er tilfeldig effekt av far $s \sim N(0, \sigma^2_s)$ og e er resterende variasjon $\sim N(0, \sigma^2_e)$.

$$2) Y_{\text{basn}} = \text{besetning} * \text{år}_p + \text{alder}_a + \text{far}_s + e_{\text{basn}}$$

hvor:

Y er mastittobservasjon på søye n, registrert som 1 om mastitt var satt som utrangeringsårsak, og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av en annen grunn; besetning*år er tilfeldig effekt av besetningsår $p \sim N(0, \sigma^2_p)$, alder er fast effekt av alder, $a = 1, 2$; far er tilfeldig effekt av far $s \sim N(0, \sigma^2_s)$ og e er resterende variasjon $\sim N(0, \sigma^2_e)$.

Deretter slo jeg sammen mastitt og skade på jur og spener og kjørte de samme modellene for denne variabelen:

$$3) Y_{\hat{a}basn} = \hat{a}r_{\hat{a}} + besetning_b + alder_a + far_s + e_{\hat{a}basn}$$

hvor:

Y er mastittobservasjon på søye n, registrert som 1 om mastitt eller skade på jur/spener var satt som utrangeringsårsak, og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av annen grunn; For de faste og tilfeldige effektene se modell 1.

$$4) Y_{pasn} = besetning * \hat{a}r_p + alder_a + far_s + e_{pasn}$$

hvor:

Y er mastittobservasjon på søye n, registrert som 1 om mastitt var satt som utrangeringsårsak og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av en annen grunn; For de faste og tilfeldige effektene se modell 2.

De 4 modellene ble både undersøkt som lineære modeller og som terkselmodeller. Innføringen i konverteringen av den observerbare egenskapen til en underliggende skale er gjennomgått i punkt 3.8.

For modellering av den underliggende årsaken til mastitt ble følgende modeller kjørt:

$$5) \lambda_{\hat{a}basn} = \hat{a}r_{\hat{a}} + besetning_b + alder_a + far_s + e_{\hat{a}basn}$$

$$6) \lambda_{pasn} = besetning * \hat{a}r_p + alder_a + far_s + e_{pasn}$$

hvor λ er en vektor med den underliggende årsaken til mastitt på søye n, registrert som 1 om mastitt var satt som utrangeringsårsak, og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av en annen grunn; For de faste og tilfeldige effektene se tilsvarende lineær modell (1 og 2).

For den underliggende årsaken til mastitt + skade på jur/spener ble følgende modeller benyttet:

$$7) \lambda_{\hat{a}bas} = \hat{a}r_{\hat{a}} + besetning_b + alder_a + far_s + e_{\hat{a}bas}$$

$$8) \lambda_{pas} = besetning * \hat{a}r_p + alder_a + far_s + e_{pas}$$

hvor λ er en vektor med den underliggende årsaken til mastitt + skade på jur/spener på søye n, registrert som 1 om mastitt eller skade på jur/spener var satt som utrangeringsårsak, og 0 om hun hadde overlevd eller gått ut av en annen grunn; For de faste og tilfeldige effektene se tilsvarende lineær modell (3 og 4).

De fire terskelmodellene er, i likhet med de lineære, kjørt med både datasett a og datasett b.

Jeg estimerte den smale arvegraden ved formelen: σ^2_A / σ^2_P , $\sigma^2_A = 4 * \sigma^2_S$

hvor σ^2_A er den additive genetiske variansen, σ^2_P er den totale fenotypiske variansen og σ^2_S er farvariansen.

Standardfeilen til arvegarden ble estimert i AsReml.

4. Resultater

4.1 Undersøkelse av faste effekter

4.1.1 Alder og lammetall

Source of Variation	Wald F statistics NumDF	F-inc
11 mu	1	3894.93
10 aar	4	10.20
5 alder	1	38.85
7 lammetall	1	68.44
12 alder.lammetall	1	0.36

Figur 10: Wald F-verdier for de faste effektene estimert av modellen under punkt 3.8.1.

Øvre grense for alder: $F_{0,05,1,120} = 3,92 < 38,9$.

Øvre grense for lammetall og alder*lammetall: $F_{0,05,5,120} = 2,29 > 0,36$

- ➔ Jeg kan forkaste H_{10} og H_{20} og påstå en signifikant effekt av alder og lammetall på mastitt.
- ➔ Jeg beholder H_{30} og kan ikke påstå en signifikant effekt av interaksjonen alder*lammetall på mastitt.

4.1.2 Effekt av lammetall høst (burdh) og paringstype på mastitt

Source of Variation	Wald F statistics	
	NumDF	F-inc
11 mu	1	3724.83
10 aar	4	10.23
5 alder	1	40.48
8 burdh	3	10.55
6 parringstype	1	0.85

Figur 11: F-verdier for de faste effektene estimert av modellen under punkt 3.8.2.

Øvre grense for F-verdien til burd høst med 5% signifikansnivå = $F_{0.05,3,120} = 3,23$.

$3,23 < 10,55$.

➔ Vi kan dermed forkaste hypotese 4_0 og hevde at burd høst har en signifikant effekt på hvorvidt søya utvikler mastitt eller skade på jur/spener.

Effekten av å gå med 3 lam på høsten i forhold til 2

burdh		Probit_value	Stand_Error	Ecode	Retransformed_value	approx_SE
1		-1.8542	0.0364	E	0.0319	0.0026
2		-1.7129	0.0302	E	0.0434	0.0028
0		-1.7155	0.0602	E	0.0431	0.0055
3		-1.4430	0.0842	E	0.0745	0.0119
SED: Overall Standard Error of Difference			0.7497E-01			

Figur 12: De predikerte terskelverdiene, tilbaketransformerte verdiene samt standardfeil til de ulike nivåene av lammetall høst (burdh), gitt av ASReml ved kjøring av modell i punkt 3.8.2.

$$t = \frac{0,0745 - 0,0434}{\sqrt{0,0119^2 + 0,0028^2 - 0}}$$

$t=2,54$

$t_{0,05,120} = 1,658$

➔ Jeg kan dermed forkaste hypotese 5_0 og hevde at det er en signifikant forskjell om søya går med 2 eller 3 lam om høsten i forhold til om hun blir utrangert for mastitt.

Øvre grense for F-verdien til paringstype med 5% signifikansnivå = $F_{0.05,1,120} = 3,92$.

$3,92 > 0,85$

➔ Jeg kan ikke påstå en signifikant effekt av paringstype, og beholder H_{6_0} .

4.2 Estimering av varianskomponenter og beregning av arvegrad

Tabell 5: Varianskomponentene estimert av de lineære modellene (1-4).

Lineær modell	Søyer per vær									
	≥ 5				≥ 10					
	Nr.	σ^2 besetning	σ^2 besetningår	σ^2 far	σ^2_e	Nr.	σ^2 besetning	σ^2 besetningår	σ^2 far	σ^2_e
Mastitt=besetning+år+alder+far+e	1a	0.00112	-	0.00006	0.04404	1b	0.00113	-	0.00008	0.04533
Mastitt=besetning*år+alder+far+e	2a	-	0.00205	0.00004	0.04315	2b	-	0.00210	0.00006	0.04440
Mastitt+Skade på jur/spener=besetning+år+alder+far+e	3a	0.00145	-	0.00010	0.07277	3b	0.00144	-	0.00023	0.07310
Mastitt+Skade på jur/spener=besetning*år+alder+far+e	4a	-	0.00238	0.00008	0.07189	4b	-	0.00248	0.00017	0.07214

Vi ser av tabellen at modellene med besetning + år generelt gir høyere farvarians enn de med interaksjon mellom disse effektene.

Modellene med mastitt + skade på jur/spener gir høyere varianskomponenter for far enn modeller med kun mastitt som forklarende variabel.

Besetningsvariansen er om lag 18 ganger høyere enn farvariansen i modellen med responsvariabelen mastitt, og omtrent 8 ganger høyere enn farvariansen i modellen med responsvariabelen mastitt + skade på jur/spener.

Modellene kjørt med datasettet med minimum 10 avkom per vær gir høyere varianskomponenter enn tilsvarende modeller kjørt med datasettet med minimum 5 avkom per vær.

Tabell 6: Varianskomponentene estimert av de ulike terskelmodellene. Feilvariansen blir satt til 1 i en slik modell.

Threshold modell	Søyer per vær							
	≥ 5				≥ 10			
	Nr.	σ^2 besetning	σ^2 besetningår	σ^2 far	Nr.	σ^2 besetning	σ^2 besetningår	σ^2 far
Mastitt=besetning+år+alder+far+e	5a	0.1436	-	0.0022	5b	0.1228	-	0.0038
Mastitt=besetning*år+alder+far+e	6a	-	0.1939	0.0005	6b	-	0.1713	0.0013
Mastitt+Skade på jur/spener=besetning+år+alder+far+e	7a	0.0709	-	0.0026	7b	0.0660	-	0.0078
Mastitt+Skade på jur/spener=besetning*år+alder+far+e	8a	-	0.1018	0.0017	8b	-	0.0982	0.0052

Vi ser de samme tendensene som kjøringene av de lineære modellene i forhold til at farvariansen blir høyere med en modell:

- med besetning + år, fremfor interaksjon mellom disse.
- et datasett med minimumskrav til antall søyer per vær på 10, fremfor 5
- hvor den forklarende variabelen er sammensatt av søyer utrangert av mastitt og skade på jur/spener.

Tabell 7: Arvegrader og standardfeil estimert med de lineære modellene.

	Søyer per vær					
	≥ 5			≥ 10		
	Nr.	h ²	SE(h ²)	Nr.	h ²	SE(h ²)
Lineær Modell						
<i>Mastitt=besetning+år+alder+far+e</i>	1a	0.0049	0.0042	1b	0.0065	0.0050
<i>Mastitt=besetning*år+alder+far+e</i>	2a	0.0038	0.0038	2b	0.0054	0.0047
<i>Mastitt+Skade på jur/spener=besetning+år+alder+far+e</i>	3a	0.0056	0.0045	3b	0.0125	0.0065
<i>Mastitt+Skade på jur/spener=besetning*år+alder+far+e</i>	4a	0.0041	0.0039	4b	0.0089	0.0056

Modellene kjørt med database b gir høyere arvegrad enn tilsvarende modeller kjørt med database a, og modellene uten interaksjon gir høyere arvegradsestimater enn modellene med.

Den høyeste arvegraden for mastitt får vi fra modell 1b og er her estimert til 0,0065±0,005.

Mastitt + skade på jur/spener har høyere arvegrad enn mastitt alene. Førstnevnte egenskap er estimert til 1,25±0,65 prosent av modell 3b.

Begge egenskaper ser ut til å ha en reell genetisk komponent.

Tabell 8: Arvegrader samt standardfeil estimert med terskelmodellene.

	Søyer per vær					
	≥ 5			≥ 10		
	Nr.	h ²	SE(h ²)	Nr.	h ²	SE(h ²)
Threshold Modell						
<i>Mastitt = besetning + år + far + rest</i>	5a	0.008	0.014	5b	0.014	0.018
<i>Mastitt = besetning*år + far + rest</i>	6a	0.002	0.012	6b	0.005	0.015
<i>Mastitt + skade på jur/spener = besetning + år + far + rest</i>	7a	0.010	0.012	7b	0.029	0.018
<i>Mastitt + skade på jur/spener = besetning* år + far + rest</i>	8a	0.006	0.010	8b	0.019	0.015

Vi ser de samme tendensene som i de lineære modellene i forhold til at database b gir høyere estimater enn database a, og at modeller uten interaksjon gir høyere estimater enn de uten.

Modell 5b og 7b gir de høyeste arvegradsestimater for henholdsvis mastitt (1,4%) og mastitt + skade på jur/spener (2,9%), og er omtrent dobbelt så høye som de tilsvarende lineære modellene.

For de fleste modellene er arvegradsestimatene for usikre til å kunne stole på estimatet. Unntaket er modell 7b og 8b, hvor feilmarginen ikke dekker 0.

5. Diskusjon

5.1 Utplukk og endringer gjort fra originalt datasett

Det første jeg gjorde var å hente ut de søyene som hadde utkode 1: «slaktet». Dette ble gjort fordi jeg antok at de frivillig utrangerte inneholdt de fleste og mest pålitelige tilfellene av mastitt og skade på jur/spener. Tabell 1 viser at over 10.000 observasjoner gikk tapt i dette steget. Dette er observasjoner som kunne ha vært viktige i en oppgave hvor det var nødvendig å kutte så mange andre steder. Figur 2 viser at det var tilfeller av mastitt i andre grupper som vi kan koble til alvorlig/akutt jurbetennelse blant annet avlivet, død inne, død vårbeite og død høstbeite. Ved å utelate disse kan vi ha gått glipp av søyer som var spesielt utsatt for denne sykdommen, og noe av denne følsomheten kan være koblet til genetikkk for eksempel i form at et jureksteriør som gjør søya spesielt utsatt, eller via immunforsvaret som til dels er bestemt av gener. Søyer med et immunforsvar som er lite motstandsdyktige vil ha økt risiko for akutt mastitt, og eventuelt koldbrann, som kan føre til at søya dør eller må avlives. En annen konsekvens av dette valget er at jeg har gjort en seleksjon i data som gjør resultatene kanskje ikke kan generaliseres for å gjelde alle søyer som lammer for første gang i NKS-populasjonen. Det kan tenkes at det er forskjeller mellom de frivillige utrangerte (slaktede) og de resterende, ved at de for eksempel har en lavere O-indeks, som gjør de mindre attraktive for bonden, og dermed lettere å bytte ut. På en annen side er det en kostnad forbundet med nyrekruttering som gjør at de fleste åringer gis en ny sjanse om de produserer dårlig, eller kaster, det første året. Dette antydes også av den relativt høye andelen av toåringer som lammer for første gang i mine datasett. Samtidig er det «slaktet» som er den desidert vanligste utkoden, og kun 5% av observasjonene blir utelatt i dette steget. Jeg velger dermed å anta at resultatene kan representere søyer i 1. paritet i NKS-populasjonen som helhet. Videre ser vi av Figur 2 at både mastittfrekvensen og frekvensen av skade på jur og spener hadde blitt lavere om jeg hadde inkludert alle kategoriene. En lavere mastittfrekvens ville gjort det vanskeligere å finne variasjon mellom fedre, fordi den binære egenskapen i realiteten forteller om frekvensen av mastitt for de forskjellige fedrene. Med relativt få søyer per vær ville det vært lite å hente av variasjon. I noen av kategoriene er det i tillegg vanskelig å stole på utranteringsårsaken. Blant annet er det merkelig å selge ei søye med mastitt, og om hun er tapt på sommerbeite er det tvilsomt at bonden vet at mastitt er årsaken, om hun ikke for eksempel blir funnet med koldbrann i juret. Siden det er

«tapt sommerbeite» som utgjør den største kategorien av de utelatte, er det snakk om relativt få nyttige observasjoner som gikk tapt, og jeg føler meg dermed trygg på valget jeg tok i dette seleksjonstrinnet.

Vi ser i Figur 3 at over 10% av søyene utrangeres for en annen årsak enn de som finnes i listen. Det finnes per dags dato omkring 30 ulike utrangeringsårsaker bonden kan velge mellom. Disse har blitt bearbeidet av sauekontrollen over flere år, og skal inneholde de fleste tenkelige utrangeringsårsakene, både vanlige og mindre vanlige. Jeg mistenker derfor at annen årsak-posten ofte benyttes som en «vet ikke, husker ikke eller vil ikke ta stilling til»-post, enten av bonden selv, av rådgiver på slakteriet eller en annen registrator. Om en annen enn bonden registrerer, kan det også tenkes at vedkommende ikke har fått informasjonen om den utrangerte søya. Noen av disse tilfellene vil naturligvis være en annen årsak enn de som finnes i listen, men i og med at det var umulig for meg å vite hvilke det gjaldt, så jeg meg nødt til å inkludere «annen årsak» i «ikke rapportert» for videre analyse. Det kan eventuelt legges til en vet ikke-boks for å minimere bruken av annen årsak, men jeg frykter at dette blir en lett utvei, og at mange dermed tyr til denne, fremfor å vurdere den faktiske årsaken. Et bedre alternativ ville kanskje vært et underfelt for «annen årsak» hvor denne måtte skrives inn. På den måten er registratoren nødt til å tenke seg om, og vedkommende vil kanskje krysse av for et annet felt i stedet. Om mange produsenter noterer en årsak som ikke finnes i listen, kan det vurderes om denne skal legges til.

Rapporteringsevnen er estimert på bakgrunn av variabelen besetningsår. Jeg valgte å se på denne variabelen, fremfor bare besetning, da det kan tenkes at det er store forskjeller mellom rapporteringsevne innad i besetninger for ulike år. Gården kan for eksempel tas over av sønn/datter eller sykdom/død i familie eller nær vennekrets kan gi utslag i rapporteringsevnen. Det ville vært dumt å ekskludere en besetning som vanligvis er svært flink til å rapportere, men som blir utelatt på grunn av ett slikt år. Figur 4 viser at de fleste besetningsårene hører til blant de som aldri rapporterer (22%) eller de som alltid rapporterer (35%) (utrangeringsårsak. Ved å sette krav om at rapporteringsviljen er minimum 90% sikrer vi mer pålitelige data samtidig som vi unngår en underestimert av mastittfrekvensen. Sistnevnte vil forekomme fordi alle manglende årsaker vil bli satt til 0, og enkelte av disse vil med stor sannsynlighet være mastitt eller skade på jur/spener. I Tabell 1 finner vi at jeg utelot over 115.000 observasjoner med dette kravet. Siden det er forventet at

ringmedlemmer fyller inn en utrangeringsårsak, føles dette som en svært unødvendig tap. Det må legges til at siden jeg kun har undersøkt førstegangslammere er det faktiske antallet observasjoner som går tapt er lavere, samtidig som det er satt flere krav til datasettet i ettertid. Likevel kunne jeg fått mer nøyaktige, og kanskje også høyere arvegradestimater om registreringen var bedre. Igjen gjør jeg et utvalg i data som kan føre til et seleksjonsbias. I dette tilfellet kan jeg likevel ikke tenke meg at valget av besetningsår som er gode til å rapportere vil kunne gå utover den genetiske variasjonen mellom fedre i forhold til disponering for mastitt, og vi må kunne anta at søyene fortsatt er representative for populasjonen av søyer i første paritet.

Jeg valgte å kun se på søyer som lammet for første gang. Når åringene hentes inn fra beite om høsten, er faren minimum 1,5 år om han er prøvevær, 2,5 år om han er lokal elitevær og 3,5 år om han er seminvær. Det kan tenkes at arvegraden på senere pariteter er høyere, men de fleste seminværer selekteres før denne informasjonen er tilgjengelig på sine døtre, og info om egenskapen må dermed komme via andre slektsledd. I tilfeller hvor arvegraden er lav vil dette gi lav sikkerhet på avlsverdiene, men om arvegraden blir betydelig høyere kan det likevel være lønnsomt å se på senere pariteter. Videre kan det beregnes korrelasjoner mellom de ulike paritetene som dermed kan bidra til ekstra informasjon om første paritet. Det kan likevel ikke antas at arvegraden blir høyere enn rundt 3-4%, som hos NRF (Heringstad et al. 1999), og egenskapen må dermed vektlegges betydelig i avlsmålet om det skal høstes resultater.

Ut ifra tabell 2 kan vi se at litt over 13% av observasjonene i mine endelige datasett tilhørte toåringer som lammet for første gang. Årsaken til at jeg valgte å inkludere disse var todelt. Først og fremst hadde jeg gjort en betydelig vasking av dataene allerede, og ved ekskludering av toåringene ville disse 300 observasjonene gå tapt, i tillegg til ytterligere observasjoner grunnet kravene om minimum antall søyer per vær, og minst 2 utrangeringer per besetningsår. Med det strengeste kravet på minimum 10 søyer i mitt datasett per far endte jeg opp med 22209 observasjoner, hvor 1092 av disse var utrangert grunnet mastitt, og 1812 av disse var utrangert for enten mastitt eller skade på jur og spener. Under 2000 «positive» observasjoner for en binær egenskap med lav frekvens, er allerede på grensen til hva vi kan få noe ut av. Samtidig ønsket jeg å undersøke effekten av alder når pariteten var

lik, og så lenge jeg korrigerer for alder i modellene, vil jeg hevde at det er ok å inkludere disse observasjonene. Mer om virkningen av alder under risikofaktorer.

5.2 Skade på jur/spener

Av de slaktede søyene med en gyldig utrangeringsårsak (ikke blank eller annen årsak), går nesten 30% ut grunnet skade på jur og spener (Figur 8). Det kan tenkes at enkelte produsenter benytter denne årsaken på søyer hvor de kjenner klumper i juret under rutineundersøkelse, og at «mastitt» kun benyttes i akutte tilfeller. I andre besetninger benyttes derimot mastitt som utrangeringsårsak i begge tilfellene. Denne mistanken forsterkes noe av Figur 9 hvor vi ser at enkelte av besetningene har oppført skade på jur/spener som årsak for rundt 60% av de utrangerte søyene, noe som er dobbelt så høyt som totalgjennomsnittet. Andre besetninger igjen har ingen, eller svært få, skadetilfeller, mens godt over majoriteten av de slaktede har mastitt som årsak. Det må legges til at denne figuren kun viser et lite utvalg av mine data, og ikke nødvendigvis er representative for besetningene som helhet, men siden jeg kun har inkludert besetninger med over 25 utrangeringer totalt vil jeg anta at forskjellene er reelle, og ikke viser tilfeldigheter som følge av lave antall. Det må påpekes at ulike miljøforhold vil variere mellom besetningene, som kan gi høyere eller lavere risiko for mastitt eller skade på jur/spener i de ulike. Blant annet har gulvtype i fjøset vist seg å ha betydning for risikoen for utvikling av mastitt da søyer som går på talle etter fødsel en signifikant høyere mastittrisiko enn søyer som oppholder seg på trespalter eller strekkmetall (Indreboe 1991). Videre er det vist at søyer som beiter i lavlandet, og/eller som flyttes til nytt beite i løpet av sesongen, har høyere risiko enn de som beiter på fjellet eller oppholder seg på samme sted (Larsgard & Vaanenoe 1993, Cooper et al. 2016). I forhold til spenetråkk fant Indrebo (1991) høyere frekvenser av sår på søyer i fjøs med strekkmetall. Disse og andre strukturelle og forvaltningsmessige ulikheter mellom besetningene kan gi utslag i resultatene i Figur 9, men mistanken om at enkelte produsenter registrerer kliniske mastitttilfeller som skade på jur/spener gjorde likevel at jeg undersøkte denne årsaken sammen med mastitt som en egen responsvariabel.

Det kan være forskjell mellom produsentene når det kommer til deres evne til å gjenkjenne mastitt. Dette kan forårsake både falske positive og negative observasjoner i mine data, men kanskje først og fremst falske negative da kliniske mastitter lett kan overses om ikke jurene

undersøkes ved palpering. Dette kan underestimere mastittfrekvensen i mitt datasett, noe som kan ha gått utover arvegradsestimatene.

5.3 De ulike modellene og datasettene

Siden arvegraden på mastitt som utrangeringsårsak ikke har vært undersøkt for NKS tidligere, valgte vi å bruke ulike modeller, og ulike krav til søyer per far, for å se hvordan det påvirket varianssestimatene og arvegraden. Datasett b, med minimum 10 døtre per far, gav høyere og sikrere arvegradsestimater. Dette er ikke spesielt overraskende med tanke på «alt eller ingenting» egenskapen til responsvariablene. Fedrene med mellom 5 og 10 søyer i mitt datasett har kanskje en til to søyer som har gått ut på grunn av mastitt, og det er dermed lite å hente i forhold til variasjon mellom dem.

Det viste seg at arvegraden i dette tilfellet også var svært følsom for modell. Vi ser i tabell 5 og 6 at farvariansen blir høyere i modeller uten interaksjon enn med. Interaksjonen ser ut til å stjele mye av variasjonen som er mellom fedre. Dette er mest sannsynlig et problem fordi vi jobber med en binær egenskap med en relativt lav frekvens som gjør at det er lite variasjon å jobbe med i utgangspunktet. Fedrene har døtre i ulike besetningsår og det er variasjon mellom disse når det kommer til andel som utrangeres for mastitt, men programmet finner større variasjoner mellom de ulike besetningsårene, og variasjon som deles mellom de to gruppene blir dermed gitt til interaksjonen fordi denne forklarer mer av spredningen totalt. Figur 5 og 6 viser at besetningene generelt har flere utrangeringer, og dermed mastittobservasjoner i hver. Med større subklasser kan farvariansen lettere skilles fra besetningsvariansen, og resultatet at farvariansen blir høyere. Mange besetningsår forsvant når jeg satte kravet om 90% rapportering. Det kan tenkes at noen av de større besetningsårene forsvant i dette steget fordi større bruk har mer å gjøre og dermed tar seg mindre tid til å rapportere. Det hadde vært ønskelig å kunne inkludert besetningsår i modellen, nettopp fordi den tar for seg variasjonen mellom år innad i en besetning, men når dataene er som de er, forklarer modellene uten interaksjon mer av den genetiske variansen.

Bruk av en terskelmodell forutsetter at egenskapen har mye miljøvariasjon og at den styres av mange gener. Tabell 5 at besetningsvariansen er om lag 18 ganger høyere enn farvariansen for egenskapen mastitt, og restvariansen er betydelig høyere enn dette igjen. Med andre ord ser det ut til at den første forutsetningen blir ivaretatt. Resistens mot mastitt vil påvirkes av blant annet immunforsvaret til søya. Det vil dermed være mange ulike gener

involvert i kodingen for de ulike delene av det indre og ytre immunsystemet, og den andre forutsetningen blir dermed overholdt. Likevel viser resultatene i Tabell 8 at arvegradene i de fleste tilfellene er mer usikre enn ved bruk av lineære modeller, og de eneste unntakene her er for egenskapen mastitt + skade på jur/spener ved bruk av datasett b.

5.4 Risikofaktorer

Jeg valgte å undersøke tre ulike variabler som kan tenkes å påvirke sannsynligheten for at søya får mastitt. Det er til dels motstridene studier i forhold til påvirkning av alder på mastitt, så jeg ønsket å undersøke om det var en forskjell mellom ett og to-åringer når begge lammet for første gang. Enkelte studier fant ingen sammenheng mellom alder og mastitt (Larsgard & Vaanenoe 1993, Cooper et al. 2016), mens andre har funnet at risikoen øker med økende alder (Waage & Vatn 2008). Andre igjen har kun funnet signifikant effekt for søyer over 4 år (Arsenault et al. 2008) og søyer over 2 år (Al-Majali & Jawabreh 2002). I de nevnte undersøkelsene er det ikke tatt hensyn til hvilken paritet søye befinner seg i, men Waage og Vatn 2008 nevner at det var det kun 4,9% av søyene som ikke lammet for første gang når de var åringer. I mine data er det derimot 13% toåringer blant søyer som lammet for første gang, og denne andelen er den samme før kravene om rapportering og antall søyer per far. Resultatene under punkt 4.1.1 viser at alder har en signifikant effekt på om søya utrangeres for mastitt selv om pariteten er lik. Enkelte studier kobler en høyere frekvens av mastitt hos eldre søyer til slitasje på juret som følge av tidligere lamminger (Indreboe 1991, Al-Majali & Jawabreh 2002), men om mine resultater stemmer, tyder det på at det ligger noe mer bak denne forskjellen. Tidligere undersøkelser (Indreboe 1991, Larsgard & Vaanenoe 1993, Arsenault et al. 2008), samt mine resultater tyder på at lammetallet har signifikant effekt på mastitt. Det gjennomsnittlige lammetallet er 1,87 for åringer og 2,27 for toåringer i datasett b, og kan dermed være noe av årsaken til den signifikante effekten av alder.

Jeg fant ingen signifikant effekt av interaksjonen lammetall og alder. Det ser for eksempel ikke ut til å ha noe å si om søya får trillinger som åring eller toåring, i forhold til om hun utrangeres for mastitt. Waage og Vatn (2008) fant derimot en slik interaksjon, men denne studien tok også for seg eldre søyer enn hva jeg hadde i mitt materiale. Eldre søyer har gjerne høyere avdrått, og i slike tilfeller vil det være negativt med kun et avkom fordi lammet ikke klarer å tømme begge melkekjertlene og søya utvikler mastitt som følge av dette.

Burd høst representerer hvor mange lam søya går med om høsten. Jeg valgte å undersøke effekten av lammetall høst på egenskapen «utrangert for mastitt» fremfor «mastitt + skade på jur/spener» i frykt for at sistnevnte nettopp fanger opp skader og ikke mastitt. Som nevnt tidligere vil flere ivrige lam øke risikoen for rifter på juret, og det er ikke risikoen for rifter jeg er ute etter, men risikoen for jurbetennelse. Resultatene i punkt 4.1.2 viser at antall lam søya går med om høsten har en signifikant effekt på hvorvidt søya utrangeres for mastitt. I Tabell 3 finner vi mastittfrekvensen i de ulike gruppene av lammetall høst, og Figur 12 viser terskelverdiene. I følge disse resultatene gir 1 lam om høsten minst risiko for mastitt og 3 gir høyest risiko. Dette tilsvarer studier som har undersøkt effekten av ulike nivåer for lammetall (Larsgard & Vaanenoe 1993, Waage & Vatn 2008). Denne effekten kobles blant annet til økt slitasje på spenene, og økt melkeproduksjon, som følge av flere lam (Indreboe 1991, Larsgard & Vaanenoe 1993, Arsenault et al. 2008). Det kan også tenkes at produsenter holder et ekstra godt øye med søyer som går med 3 lam, noe som vil gi en overestimering av mastittfrekvensen i denne gruppen. Søyer som gikk med 0 lam om høsten hadde høyere risiko for å utvikle mastitt enn søyer med et lam. Det er ingen søyer i mine datasett er registrert med et lammetall på 0, så disse har med andre ord mistet sine lam ved fødsel eller i løpet av sesongen. Det er påvist en signifikant høyere risiko for at lam fra søyer med akutt jurbetennelse dør (Arsenault et al. 2008), noe som betyr at disse søyene kan ha mistet lam som følge av sykdommen. En annen plausibel forklaring er at søyene mistet lammene av en annen årsak, men utviklet mastitt som følge av manglende drenering fra diende lam. Videre ser vi av resultatene av t-testen at de unge søyene som går med 3 lam om høsten har signifikant høyere risiko for mastitt enn søyer som går med 2. I Tabell 3 ser vi at mastittfrekvensen i førstnevnte gruppe er 5% høyere enn i sistnevnte, og de tilbaketransformerte verdiene i Figur 12 viser at, med bakgrunn i mine data, vil rundt 7,5% av søyer som går med 3 lam om høsten utvikle mastitt, mot 4,3% av søyer med to lam. Forskjellen er ikke dramatisk, men siden søyer i første paritet har vist seg å ha lavere avdrått enn søyer i senere pariteter (Oravcová et al. 2006), bør ikke førstegangsfødende gå med mer enn 2 lam.

Resultatene i Figur 11, viser at det ikke ut til at det spiller noen rolle om søyer som skal lamme for første gang pares naturlig eller om hun blir inseminert i forhold til risikoen for å bli utrangert for mastitt. Jeg forventet ingen effekt av paringstype, så lenge lammetall var

tatt hensyn til i modellen, men eventuell risiko for smitteoverføringer, som følge av for eksempel insemineringsprosessen, gjorde at jeg valgte å undersøke variabelen for sikkerhetsskyld.

5.5 Arvegrad

Vi ser av arvegradsestimatene i Tabell 7 og 8 at det er mindre genetisk informasjon i egenskapen «utrangert for mastitt» enn «utrangert for mastitt eller skade på jur/spener». Arvegraden på mastitt ble med de lineære modellene estimert til maksimum 0.0065 ± 0.005 (SE). Feilmarginen dekker ikke null, så vi kan anta en reell genetisk forskjell, men den er svært lav og usikker. Den tilsvarende terskelmodellen 5b estimerte en arvegrad på rundt 1,5%, men i dette tilfellet ble feilmarginen større enn estimatet.

Derimot fant jeg en større genetisk forskjell mellom fedrene for egenskapen «utrangert for mastitt eller skade på jur/spener». Arvegraden til mastitt + skade på jur/spener ble estimert 0.029 ± 0.018 . En skade er ikke arvelig i seg selv, så det er tydelig at det ligger noe mer i denne egenskapen. Spenetråkk kan antas å forekomme oftere for søyer med enkelte jurformer, og slike sår vil i mange tilfeller gi gode vekstvilkår for bakterier som kan forårsake mastitt. Undersøkelser har funnet en sammenheng mellom et dårlig jureksteriør og sjansen for å utvikle mastitt (Larsgard and Vaanenoe 1993, Cooper, Huntley et al. 2016). Dette settes blant annet i sammenheng med at det blir vanskeligere for lammene å komme til juret; Ivrige lam kan komme til å skrape opp spenene med sine skarpe tenner, og om juret er utformet på en slik måte at lammene ikke kommer til, vil det redusere drenasjen i en eller begge spenene. En skadet og hoven spene er vanskelig å tømme, og Indrebo (1991) skriver at ømhet kan gjøre at søya vil motsette seg patting fra lammene. I tillegg til at speneskader nedsetter spenens fysiske og kjemiske motstand mot invasjon, forklarer hun at den nedsatte drenasjen øker risikoen for at bakterier som har invadert spenen, eller jurkjertelen, vil kunne forårsake mastitt. På bakgrunn av sammenhengen mellom jureksteriør, skader og mastitt vil jeg anta at responsvariabelen mastitt + skade på jur/spener kan benyttes til å finne dyr som er mer motstandsdyktige mot mastitt generelt.

For å sammenligne prediksjonsevnen til mastitt og mastitt + skade på jur/spener kan en foreta kryssvalidering. En måte å gjøre dette på er å dele det originale datasettet i to ved å

plassere annenhver observasjon i hvert datasett, det ene med mastitt som forklarende variabel, og det andre med mastitt + skade på jur og spener. Deretter kan det estimeres avlsverdier for de ulike fedrene, og på den måten få to uavhengige estimater på deres genetiske kvalitet. Korrelasjonen mellom disse vil fortelle noe om sammenhengen mellom de to responsvariablene. Om korrelasjonen blir 1, eller nær 1, er det i praksis samme egenskap, men om korrelasjonen er lav eller negativ er det ulike egenskaper, og mastitt + skade på jur/spener er ingen god indikator på genetisk resistens mot jurbetennelse. Jeg vil anbefale at det fokuseres på at bønder i fremtiden ikke registrerer knuter i juret som skade på jur og spener, men som mastitt. Kanskje er det nødvendig å dele egenskapen opp i to kategorier hvor den ene inneholder akutt mastitt, og den andre knuter funnet ved palpering, for at produsentene lettere skal kunne skille de to gruppene. I og med at mastitt er en samlebetegnelse på infeksjon i juret som kan være forårsaket av ulike faktorer, kan vi tenke oss at det finnes forskjeller i hva som disponerer for subklinisk eller klinisk mastitt. En husdyrkontroll som skiller mellom disse kan gi oss en unik mulighet til å indentifisere disse ulikhetene, som igjen vil kunne bidra til bedre rådgivning ovenfor produsenter som har unormalt høye frekvenser av det ene eller det andre. På en annen side tilbringer sauene store deler av tilværelsen på beite, hvor bøndene har mindre oversikt over dem, og det kan være at enkelte søyer har hatt akutt mastitt, uten at dette har blitt oppdaget. Samtidig er registreringene såpass mangelfulle i dag, at det kanskje ikke er realistisk å få produsenter til skille mellom de ulike gruppene. Videre ville frekvensene i hver gruppe blitt lavere, noe som hadde gått utover eventuelle arvegradsestimater, men i slike tilfeller ville det vært naturlig å slå egenskapen sammen til en. Uansett må det gjøres noe med dagens situasjon hvor vi ikke kan være sikre på hva de ulike registreringene betyr. En «popop» beskjed ved avkryssing av skader på jur/spener hvor det står at knyter i juret skal registreres som mastitt, kan vurderes for en periode.

Sammenlignet med resultatene til Larsgard et al. (1993), som undersøkte holdbarhet til mastitt på norsk sau, er mine estimater svært lave. I nevnte artikkel finner de en arvegrad på 0,13(0,16) med lineær modell og 49% med terskelmodell. Disse estimatene er særdeles høye når det er snakk om en helseegenskap, men standardfeilen til de lineære modellene viser samtidig at de er usikre. Forskerne skriver at de ikke lyktes å finne en metode for å estimere

standardfeilen til maximum likelihood-estimatet, så en kan ikke utelukke at også dette estimatet er usikkert.

5.6 Veien videre

Jeg vil hevde at mine data viser at det er et potensial for å benytte mastitt som utrangeringsårsak i avlsmålet til Norsk Kvit Sau i fremtiden, men kriteriet for dette er at dataene blir bedre, både i forhold til rapporteringsvilje, og mer pålitelige registreringer. En mulighet for å øke informasjonsmengden kan være å inkludere helseopplysninger om mastitt.

Jeg har vist at for hvert trinn jeg har bedret dataene, i form av strenge krav til rapporteringsvilje, flere søyer per vær, og større subklasser for besetning, så har farvariansen og arvegraden økt. Jeg har samtidig vist at det ser ut til å være en reell genetisk komponent i egenskapen, og at det dermed vil eksistere fedre som er bedre og dårligere i forhold til motstandskraft mot mastitt. Geno har vist med NRF at det er mulig å avle frem friskere dyr selv om arvegraden er lav (Heringstad 2005). På NRF er arvegraden for mastitt estimert til mellom 0,03 og 0,04 ved bruk av lineær modell (Heringstad et al. 1999), som er omtrent 3 ganger høyere enn mitt høyeste estimat. Geno et fortrinn i for av større dattergrupper og mer og bedre data. I forsøket fra 1999 ble observasjoner fra over 1,2 millioner kuer inkludert i beregningene, og de store dattergrupper kan gi sikre avlsverdier for oksene selv ved lave arvegrader. NSG har derimot også en fordel; lammetallet skal ikke lenger øke, men holde dagens nivå. Noe av årsaken til den høye vektingen som kreves for å oppnå fremgang for mastitt hos NRF er fordi denne har en korrelasjon med melkeavdrått på 0,43 (Heringstad et al. 2000), og det ønskes avlsfremgang for begge egenskaper. Om lammetallet skal holde dagens nivå på NKS, må det kanskje økes noe for å unngå tilbakegang om mastitt tas inn i avlsmålet, men ikke like mye som hos NRF som ønsker fremgang for begge egenskaper.

På avlsrådsmøtet i juni i år ble det besluttet at utrangeringsårsak skal bli obligatorisk uten unntak (NSG 2016). Helseegenskaper registreres ofte som binære egenskaper ved at dyret enten er sykt eller frisk innenfor en gitt periode, noe som er tilfellet for mastitt som utrangeringsårsak. Dette gir lave arvegrader, og gjør det nødvendig at registreringene er så komplette som mulig, om en skal ha mulighet til å benytte egenskapen i avlsmålet. Siden mastitt er et utbredt problem blant norske sauebesetninger, blant annet fordi det er den

vanligste utrangeringsårsaken i mitt datasett, håper jeg produsentene ser nytten i det eventuelle merarbeidet en slik registrering medfører.

6. Konklusjon

6.1 Rapportering

I det originale datasettet jeg fikk utdelt var det 25% av besetningsårene som aldri rapporterte utrangeringsårsak eller noterte «annen årsak» på tross av at det finnes 30 ulike utrangeringsårsaker å velge mellom. 35% rapporterte alltid en årsak, og de resterende befant seg et sted midt imellom. For å sikre gode data satte jeg et minimumskrav til rapporteringsvilje på 90% som gjorde at nærmest 60% av observasjonene gikk tapt. I avlsrådsmøtet til norsk sau og geit i juni i år (2016) ble det bestemt at utrangeringsårsak skal være obligatorisk i væreringer uten unntak. Dette har også vært min anbefaling, og vil forhåpentligvis føre til mer og bedre data.

6.2 Risikogrupper

Analyser av mastitt som utrangeringsårsak hos søyer i første paritet viste at det var signifikant effekt av følgende egenskaper:

- Alder
- Lammetall
- Lammetall høst

Den signifikante forskjellen mellom åringene og toåringene som lammet for første gang settes i sammenheng med et høyere lammetall i sistnevnte gruppe. Videre viste det seg at søyer som gikk med 3 lam om høsten hadde signifikant høyere risiko for å bli utrangert for mastitt, enn søyer som gikk med 2. Flere ivrige lam, og lavere avdrått hos søyer i første paritet, indikerer at disse bør slippe å gå med 3 lam.

6.3 Arvegrader

Arvegradene for mastitt som utrangeringsårsak ble høyere ved:

- Krav om minimum 10 søyer per vær, fremfor minst 5 søyer per vær i datasettet.
- Bruk av modeller uten interaksjon mellom besetning og år, fremfor med.
- Mastitt + skade på jur/spener, fremfor mastitt alene.
- Bruk av terskelmodeller fremfor lineære.

På grunn av den lave mastittfrekvensen, og den binære karakteren til mastitt, var det fordelaktig med større subklasser for fedrene, og for besetningene. Besetning*år stjal mye av variasjonen mellom fedrene.

Med kombinasjon av mastitt + skade på jur/spener gav mer genetisk variasjon mellom fedrene, og høyere arvegrad, enn ved bruk av mastitt alene. Det er likevel knyttet en del usikkerhet i hva denne egenskapen består av, og det bør foretas et kryssvalideringsforsøk mellom disse egenskapene for å evaluere verdien av mastitt + skade på jur/spener i forhold til mastittresistens.

Terskelmodellene gav omtrent dobbelt så høye arvegradsestimater som de lineære, noe som tilsvarer estimater på mastitt foretatt på NRF. Terskelmodeller kan benyttes for egenskaper som antas å styres av mange gener, og har mye miljøvariasjon, noe som stemmer godt for en helseegenskap. Likevel var det i mange tilfeller viste standardfeilen at det var knyttet mer usikkerhet til disse estimatene. Unntaket var for egenskapen mastitt + skade på jur/spener, estimert med datasettet hvor det var satt krav om minst 10 søyer per vær.

Arvegraden for utrangering grunnet mastitt:

- Ved bruk av de lineære modellene varierte den fra: 0,0038 ($\pm 0,0038$) til 0,0065 ($\pm 0,005$ SE).
- Ved bruk av terskelmodellene varierte den fra: 0,002 ($\pm 0,012$) til 0,014 ($\pm 0,018$)

Arvegraden for utrangering grunnet mastitt eller skade på jur/spener:

- Ved bruk av de lineære modellene varierte den fra: 0,0041 ($\pm 0,0039$) til 0,0125 ($\pm 0,0065$)
- Ved bruk av terskelmodellene varierte den fra: 0,006 ($\pm 0,01$) til 0,029 ($\pm 0,018$)

6.4 Potensiale

Med bakgrunn i at arvegradsestimatene økte for hver gang jeg gav programmet mer informasjon i form av større subklasser, og mange observasjoner gikk tapt underveis, vil jeg påstå at det eksisterer et potensiale for å benytte mastitt eller mastitt + skade på jur/spener i avlsverdberegninger i fremtiden. Dette kan bli en virkelighet om:

- Flere væreringsmedlemmer rapportere utrangeringsårsak, og det må bli mindre usikkerhet i forhold til hva denne gjenspeiler.

- Helseopplysninger om mastitt kan benyttes for å øke data.
- Det inkluderes data fra senere paritetene. Disse har kanskje høyere arvegrader, samt at korrelasjonene mellom de ulike paritetene kan bidra til ekstra info om første paritet.

Mastitt er den vanligste utrangeringsårsaken blant søyer, og fører til lidelse for dyrene, og økte kostnader og arbeid for saueprodusenter. Avl på helse er dermed en varig og kumulativ løsning som gir bedre dyrevelferd, og bedre økonomi i lengden.

7. Referanser

Al-Majali, A. M. and S. Jawabreh (2002). "Period prevalence and etiology of subclinical mastitis in Awassi sheep in southern Jordan." Small Ruminant Research **47**: 6.

Albenzio, M., et al. (2001). "Prevalence and etiology of subclinical mastitis in intensively managed flocks and related changes in the yield and quality of ewe milk." Small Ruminant Research **43**: 8.

Arsenault, J., et al. (2008). "Risk factors and impacts of clinical and subclinical mastitis in commercial meat-producing sheep flocks in Quebec, Canada." Preventive Veterinary Medicine **87**: 20.

Bergonier, D. and X. Berthelot (2003). "New advances in epizootiology and control of ewe mastitis." Livestock Production Science **79**(1): 16.

Cooper, S., et al. (2016). "A cross-sectional study of 329 farms in England to identify risk factors for ovine clinical mastitis." Preventive Veterinary Medicine **125**: 10.

Eikje, L. S., et al. (2011). Genetiske bånd mellom norske sauebesetninger. Husdyrforsøksmøtet 5.

Fjellhammer, E. and M. Ramborg (2015). "Meninger om norsk mat - Spørreundersøkelse av Ipsos MMI." Retrieved 08.07.2016, 2016, from http://www.tankesmienagenda.no/wp-content/uploads/Web_version_Perspektivnotat_Meninger_om_norsk_mat1.pdf.

Fthenakis, G. C. and J. E. T. Jones (1990). "The effect of experimentally induced subclinical mastitis on milk yield of ewes and on the growth of lambs." British Veterinary Journal **146**: 7.

Gelasakis, A. I., et al. (2015). "Mastitis in sheep - The last 10 years and future research." Veterinary Microbiology **181**: 11.

Heringstad, B. (2005). Resultater av 25 års avlsarbeid for bedre mastitresistens i NRF. Geno / Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Norges Landbrukshøgskole. <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/>, Norges Miljø og Biovitenskaplige Universitet: 4.

Heringstad, B., et al. (1999). "Clinical Mastitis in Norwegian Cattle: frequency, Variance Components, and Genetic Correlation with Protein Yield." Journal of Dairy Science **82**(6): 6.

Heringstad, B., et al. (2000). "Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries." Livestock Production Science **64**(2-3): 11.

Heringstad, B., et al. (2007). "Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian red cows." Journal of Dairy Science **90**(5): 7.

Heringstad, B., et al. (2003). "Genetic change for clinical mastitis in Norwegian cattle: a threshold model analysis." American Dairy Science Association **86**: 7.

Indreboe, A. (1991). "Forekomst av mastitt og speneskade hos søye på ulikt underlag." Norsk Veterinærtidsskrift **103**(3): 7.

Indreboe, A. (1991). "Mastitt og speneskade hos søye i relasjon til alder, lammetall og partus." Norsk Veterinærtidsskrift: 8.

Indreboe, A. and G. Mosdoel (1991). "Mastitt hos søye. Bakteriefunn og følsomhet for antibakterielle midler." Norsk Veterinærtidsskrift **103**: 7.

Larsgard, A. G. and A. Vaanenoe (1993). "Genetic and environmental causes of variation in mastitis in sheep." Small Ruminant Research **12**(2013): 9.

Mørk, T., et al. (2007). "Clinical mastitis in ewes; bacteriology, epidemiology and clinical features." Acta Veterinaria Scandinavica **49**(23).

NSG (2015, 19.09.2015). "Reglar for kåring av vêrlam 2015 vedteke av Avlsrådet for sau i Norsk Sau og Geit 16.-17. juni 2015." Retrieved 16.03, 2016, from http://www.nsg.no/getfile.php/1379915/NSG-PDF-filer/Sau/Sauavl/K%C3%A5ring/2015/Reglar_for_kaarng_av_verlam_2015%20-%20TB%2019092015.pdf.

NSG (2016). Møte nr 1/2016 - Avlsrådet for Sau, Norsk Sau og Geit.

NSG (u.å.). "Strategiplan for 2012 - 2019." 2016, from <http://www.nsg.no/getfile.php/1350974/NSG-PDF-filer/Om%20NSG/Diverse%20lagsdokumenter/Strategi-Handlingsplaner/Strategiplan%202012-2019.pdf>.

Oravcová, M., et al. (2006). "Factors affecting milk yield and ewe's lactation curves estimated with test-day models." Czech journal of animal science **51**(11): 8.

Vatn, S., et al. (2008). Helse og velferd hos sau. Oslo, Tun Forlag AS.

Waage, S. and S. Vatn (2008). "Individual animal risk factors for clinical mastitis in meat sheep in Norway." Preventive Veterinary Medicine **87**(3-4): 13.

8. Appendix

Kodeoversikt sau

UTKODE;TEKST;UTGAATT

1;Slaktet;
2;Hjemmeslakt;
3;Avlivet;
4;Død inne;
5;Død vårbeite;
6;Tapt sommerbeite;
7;Død høstbeite;
8;Slakta, skrotten kassert;10.01.2014
9;Solgt;
10;Ukjent;10.01.2014
11;Tatt av rovdyr;10.02.2014
12;Eksport;10.01.2014
99;Systemutmeldt;06.01.2015

UTKODE_AARSAK;GJELDER_KJONN_ID;TEKST;UTGAATT

1;2;Manglende brunst;
2;2;Ikke drektig;
3;2;Kasting;
4;2;Lammingsvansker;
5;2;Jurform;
6;;Sjukdom;10.01.2014
7;2;Skade på jur/spener;
8;;Beinproblemer;
9;2;Mastitt;
10;;Annen sykdom;
11;;Dårlig avdrått;
12;;Dårlige bruksegenskaper;
13;;Lav avlsverdi;10.01.2014
14;2;Dårlige morsegenskaper;
15;;Lynne;
16;;Høy alder;
17;;Feil beiteatferd;
18;;Ledd i driftsopplegg;
19;;Førmangel;
20;;Uhell;
21;;Annen årsak;
22;;Tatt av ulv;
23;;Tatt av bjørn;
24;;Tatt av gaupe;
25;;Tatt av jerv;
26;;Tatt av kongeørn;
27;;Tatt av rev;
28;;Tatt av hund;
29;;Tatt av rovdyr, ukjent art;
30;;Bukbrokk;
31;2;Skjedeframfall;
32;;Tarmframfall;



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway