



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2021 30 stp**  
Fakultet for Biovitenskap

# **Evaluering av avlsrestriksjoner til kontroll av innavl hos norsk-svensk kaldblodstraver**

Vilde Martine Grøv Bakken  
Husdyrvitenskap

# Forord

Jeg vil takke mine veiledere Peer, Hanne og Siri som har hjulpet meg i arbeidet med masteroppgaven. Uten dere hadde dette ikke vært lett å få til. Dere har kommet med innspill og vært gode støttespillere. Takk også til min gode venninne Kristin og min mor Anne. Takk til NMBU og alle mine gode veiledere og professorer som har gitt med mye god kunnskap og støtte gjennom mine studieår.

## **Sammendrag**

Innavlsraten hos norsk-svensk kaldblodstraver har over lengre periode vært høy, på grunn av sterk seleksjon for prestasjonsegenskaper med liten overordnet kontroll av avlsprogrammet. Store avkomsgrupper og høyt slektskap, gir både raskere avlsframgang for prestasjon, men

som også medfører raskere opphopning av negative alleler og innavlsdepresjon. I oppgaven sees det på metoder for å redusere slektskapet i populasjonen. Simulering av scenarier med tiltak som forskjellige årlige bedekningskvoter og lengde på aktive år i avl for hingster. Det ble også simulert effekt av at en andel oppdrettere tok hensyn til slektskap i valg av paringspartnere. I forhold til scenario tilnærmet dagens situasjon ble slektskapet i populasjonen redusert med mer begrensede kvoter og flere som tok hensyn til slektskap ved seleksjon av paringspartnere. Stigningen i slektskapet fulgte i stor grad størrelsen på største avkomsgrupper for scenarioene. Scenario med full bruk av Optimal Contribution Selection (OCS) hadde klart lavest slektskap i populasjonen. Mellom scenarioene var det små forskjeller i økning i sann avlsverdi (BV), som derfor er av liten betydning for å gjøre tiltak for å redusere innavlsraten. Det er viktig at tiltakene aksepteres av hestefolket slik at interessen for rasen opprettholdes og at populasjonsstørrelsen ikke reduseres.

# Innhold

Sammendrag	0
Innhold	3
1. Introduksjon	4
2. Materialer og metoder	7
2.1 Simulering - RStudio og MoBPS	7
2.2 Populasjonsparametre	8
2.2.1 Antall individer	8
2.2.2 Genetiske parametre	9
2.2.3 Seleksjonsindekser	9
2.2.4 Seleksjon til paring	10
2.3 Avlsprogrammet - Fenotyping og avlsverdiberegning	10
2.4 Scenarier	12
2.4.1 Sesongkvote	12
2.4.2 Livstidskvote	12
2.4.3 Hensyn til slektskap	13
2.4.4 Oversikt over scenarier	14
2.5 Statistikk	15
3. Resultater	17
3.1 Stigning i gjennomsnittlig slektskap per år	18
3.1.1 Scenarier	18
3.1.2 Sesong- og livstidskvoter	19
3.2 Antall avkom og avkomsgruppestørrelser	21
3.3 Avlsframgang BV	25
4. Diskusjon	28
4.1 Svakheter ved simuleringen	28
4.2 Scenarienes stigning i slektskap i forhold til hverandre	30
4.3 Hensyn til slektskap	31
4.4 Antall avkom og avkomsgruppestørrelser	32
4.5 Avlsframgang - BV	33
4.6 Andre studier	34
4.7 Holdninger hos hestefolket	35
4.8 Fremtidige tiltak	37
4.9 Videre studier	40
5. Konklusjon	41
6. Referanser	42

# 1. Introduksjon

Kaldblodstraver er en av de fire bevaringsverdige nasjonale hesterasene (Norsk Hestesenter, u. å). Løpsprestasjon til kaldblodstraveren har stort fokus i travsporten (Det Norske Travselskap, 2019). Travsporten skaper interesse rundt hesterasen og bidrar derfor med bevaring av kaldblodstraveren. Utveksling av genetisk materiale mellom den norske og den svenske populasjonen har lang historie. I 1990 ble det derfor inngått en intensjonsavtale mellom Det Norske Travselskap og Svensk Travsport om felles avl og løpsamarbeid, for at de skulle bli en samlet populasjon (Klemetsdal, 1998, referert i Olsen et al., 2013). I 2000 ble avtalen signert og har resultert i tiltak som felles avlsindeks og avlsplan mellom landene (Det Norske Travselskap, 2019).

Hesteavlen er en markedsbasert avl, som betyr at det er hoppeeiere som skaper etterspørselen etter hingster og velger i stor grad hvilke egenskaper som vektlegges. Derfor er seleksjonsintensiteten, avlsfrmgangen og innavlsøkningen sterkt avhengig av valgene oppdretterne tar. Denne markedsbaserte avlen er i kontrast til avl av produksjonsdyr som for det meste har avlsselskap med ekspertise innen avl som i større grad styrer bruken av hanndyrene til avl, slik som Geno for melkeferasen NRF og NorSvin for griserasene i Norge. Det Norske Travselskap har ansvaret for avlsarbeidet for kaldblodstraveren og har bestemmelser for blant annet hingster til avl og bruken av disse. Alle hingster som skal brukes i avl må bli godkjent på kåringer. Det er strenge krav til løpsprestasjon for å la hingster gå til kåring. For unghingster, under 6 år, er minimumskravet at de er blant de 10 % beste av årgangstoppen med grunnlag i inntjente penger på minst ti starter, pkt. 3.2.7 i avlsplanen (Det Norske Travselskap, 2019). På kåringen gjøres det individbedømmelse med poengrangering av hingstenes bevegelser, eksteriør og lynne. Den årlige bedekningskvoten er fra og med 2021 redusert fra 110 totalt til totalt 95 bedekninger per år (Det Norske Travselskap, 2019).

Dagens situasjon tillater matadoravl, som er hyppig bruk av få populære hingster. Hoppeeiere velger ofte paringspartner basert på hingsters løpsprestasjoner. Hingstene med de beste løpsprestasjonene vil være de mest populære hingstene til bruk i avl. Det er kun de mest

populære hingstene som bruker hele bedekningskvoten. De samme hingstene blir brukt i mange år, gjerne livet ut. Dette medfører høy alder på mange hingster som blir brukt til avl, med en snittalder på 10,4 år i 2019 (Norsk Hestesenter, 2020), og generasjonsintervall på 11,5 år (Olsen & Klemetsdal, 2018). Dette medfører stor variasjon i avkomsgruppe størrelsene blant hingstene, fordi noen få hingster blir brukt i vesentlig større grad enn resten av hingstene. Tidligere viste Klemetsdal (1993) at 6 hingster stod for 23,1 % av avkommene, mens 116 hingster fikk til sammen 5,1 % av avkommene over samme periode. En hingst alene hadde større andel av avkommene (8,5 %) enn de 116 hingstene til sammen (Klemetsdal, 1993). Hingstene som får de største avkomsgruppene får høyt genetisk bidrag og slektskap til resten av populasjonen, og er derfor negativt for innavlslraten (Olsen et al., 2013 ; Olsen & Klemetsdal, 2009). Matadorhingstene er ofte i nær slekt, som far og sønn. Disse matadorhingstene deler mye av genmaterialet og derfor gode status, som øker slektskapet i populasjonen og bidrar til høyere innavl.

Gjennomsnittlig innavlskoeffisient har økt siden tidlig på 1900-tallet (Klemetsdal, 1993). Fra 2000 til 2009 har innavlslraten i populasjonen økt med henholdsvis 1,48 % og 3,15 % basert på pedigree og genomisk basert innavlskoeffisient (Velie et al. 2019). Økningen i innavlslraten ( $\Delta F$ ) over en periode kortere enn generasjonsintervallet, på litt over 10 år (Klemetsdal, 1993; Norsk Hestesenter, 2020), er langt over anbefalt innavlsløkning per generasjon på maksimalt 1 % (FAO, 1998). Effektiv populasjonsstørrelse ( $N_e$ ) bestemmes av innavlslraten  $N_e = 1/(2\Delta F)$ . Innavlslraten bør ikke overstige 1 % fordi det gir effektiv populasjonsstørrelse under 50 (FAO, 1998 ; Meuwissen & Woolliams, 1994). Den effektive populasjonsstørrelsen har vært langt under, 32, eller rett over, 54, grensen i en lengre periode (Olsen et al., 2013). Få enkeltindivider har høyt genetisk bidrag, slik at en del av den genetiske variasjonen i populasjonen forsvinner ved genetisk drift og kan resultere i opphopning av skadelige alleler. Dermed kan innavl over lengre tid medføre innavlsdepresjon som negativt påvirker løpsprestasjonene i norske kaldblodstravere (Klemetsdal, 1998). Innavlsdepresjon medfører lavere fruktbarhet. Føllprosenten er på 60-70 % (Norsk Hestesenter, 2020) og kan bli lavere ved innavlsdepresjon.

Et mulig tiltak for å forbedre situasjonen er å redusere sesongkvoten ytterligere for å redusere variasjonen i avkomsgruppe størrelsene etter hingster. Et annet tiltak er at det opprettes en begrensning som forhindrer at hingster brukes hele livet ut. Å redusere hingsters reproduktive liv og holde en lav alder ved første paring vil redusere generasjonsintervallet samtidig som

det reduserer de største avkomsgruppestørrelsene blant hingstene. Dette øker også mulighet for genetisk fremgang per år (Klemetsdal, 1993). I tillegg utrangeres eldre hingster som allerede har fått høyt genetisk bidrag til populasjonen med nye hingster.

Slektskapet i populasjonen kan reduseres dersom oppdretterne tar hensyn til gjennomsnittlig slektskap til populasjonen ved valg av paringspartner. Det er nødvendig at valgene av paringspartnere baseres på oppdatert og riktig informasjon om det hypotetiske avkommets potensiale til løpsprestasjon, innavlsgrad og slektskap til populasjonen. En kontrollert metode for å forbedre situasjonen er med seleksjon for optimale bidrag (Optimal Contribution Selection - OCS). Bruk av OCS maksimerer avlsresponsen for en gitt innavlsøkning (Meuwissen, 1997).

Det er minimalt med kontroll for innavlsøkningen slik det er i dag (Olsen et al. 2013). I avlsmålet for kaldblodstraveren står det at “målet med avlsarbeidet er å (...) motvirke en for stor innavlsgrad” (Det Norske Travelskap, 2019). Slik avlen er med bruk av få hingster over en lengre periode, gir økt innavlsrate og medfører tap av genetisk variasjon. Dette øker faren for økt frekvens av skadelige mutasjoner og uønskede egenskaper i populasjonen. For å følge opp delen av avlsmålet med å motvirke for stor innavlsgrad trengs det tiltak for å endre dagens situasjon. Kaldblodstraveren er en av de bevaringsverdige nasjonale rasene, og bevaring av genetisk variasjon er viktig.

Innavlsraten er for høy i populasjonen av kaldblodstravere og bør reduseres for å bevare genetisk variasjon og unngå innavlsdepresjon, som vil redusere prestasjon i rasen over tid. Formålet med oppgaven var å undersøke ulike metoder for å redusere innavl hos kaldblodstravere. Disse metodene innebar forskjellige tiltak, som ulike nivåer av reduserte sesongkvoter, ulike begrensning på antall reproduktive år for hingstene og at en andel av oppdrettere tok hensyn til gjennomsnittlig slektskap til populasjon ved bedekning. Effekt av tiltakene sammenlignes med bruk av OCS som en ekstrem metode for kontroll, og dagens situasjon som et ekstrem uten tiltak.

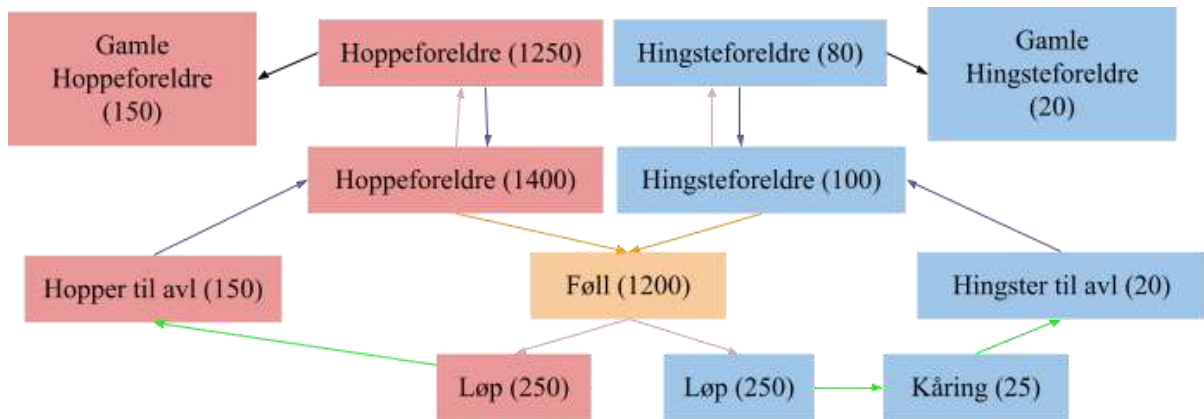


## 2. Materialer og metoder

### 2.1 Simulering - RStudio og MoBPS

Det ble simulert en populasjon med kaldblodstravere og utviklingen i gjennomsnittlig slektskap i populasjonen over tid, med forskjellige tiltak for å redusere økningen i slektskap. Dette ble gjort med programmet RStudio (RStudio Team, 2021) og pakken Modular Breeding Program Simulator, MoBPS, (Pook, 2020). MoBPS simulerer populasjoner gjennom avl. Pakken har en rekke muligheter for modifisering av populasjoner og avlsprogrammer, som gjør at den kan tilpasses mange ulike avlsprogram. Tidligere har MoBPS blitt brukt til å simulere avlsstrategier for å redusere forekomst av osteochondritis dissecans hos tysk varmbloodshest (Büttgen et al., 2020). Der ble simuleringen tilpasset det virkelige avlsprogrammet ved å sette forskjellige grupper av individer med flere egenskaper i ulike seleksjonstrinn. MoBPS har også blitt brukt for å undersøke effekt av bruk av reproduksjonsteknologier, og bare et fåtall okser til avl på melkefe som ga økt genetisk fremgang og lavere genetisk diversitet (Doublet et al., 2020).

Med funksjonene fra MoBPS ble det laget flere R-script tilpasset hvert scenario med kombinasjoner av gitte nivåer av tiltak. R-scriptene ble bygget opp slik at alle seleksjonstrinn og andre hendelser gikk i kronologisk rekkefølge over tid. Utdypende informasjon om antall individer, egenskaper, seleksjon og avlsprogrammet omtales under avsnitt 2.2 og 2.3 og er vist i Figur 1. Først ble en gruppe foundere dannet som var foreldre for å bygge opp populasjonene. Foundere fikk årlig en gruppe føll, inntil de ble erstattet av nye avlsdyr. Av disse føllene startet noen i løp ved to års alder, og fikk fenotyper for løpsprestasjoner. Hingster ble selektert på løpsprestasjon til kåring, der fikk de fenotyper for kårings-egenskaper. Hingstene som ble godkjent ble tilgjengelig for avl ved fem års alder. Kun startede hopper ble selektert for avl og kunne få føll ved fire års alder. Hvert år ble det derfor produsert nye hingster og hopper til avl som gradvis erstattet alle foundere. Gruppene med individer som har fått fenotyper for de samme egenskapene og var selektert etter samme seleksjonsindekser ble kalt kohorter. En kohort var en gruppe av individer med samme alder og kjønn. Det var bare en kohort for hvert kjønn av foreldrene, individene i disse hadde varierende aldre. Hvert scenario ble kjørt for 60 år i 10 replikater.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av avlsprogrammet for en gruppe føll. Antall individer i kohortene står i parentes. Røde bokser er hunndyr, blå er hanndyr og oransje er for begge kjønn samlet. Oransje pil er reproduksjon, lys rosa er aldring, grønn er seleksjon, lilla er kombinasjon og sort er utrantering.

## 2.2 Populasjonsparametre

### 2.2.1 Antall individer

Antall individer som var definert i kohortene i det simulerte avlsprogrammet er vist i Tabell 1. Disse var satt til et standardisert antall basert på tall fra Norsk Hestesenter, Det Norske Travselsskap og Svensk Travsport. Foundere var definert som ubeslektede hopper og hingster som ble brukt til paring de første årene for å bygge opp populasjon. Føll var antall fødte føll hvert år som ble produsert av foundere og/eller foreldre. Føll som gikk videre og startet i løp var i kohortene løp. I kohorten kalt kåring var hingster som har startet i løp og blitt selektert til å stilles til kåring. De hingstene som ble godkjent i kåringen gikk til kohorten kalt nye hingster til avl. Hoppene fra løp som ble nye avlshopper hadde ingen kåring men gikk direkte til avl. Foreldre var kohortene som er satt sammen av flere kohorter av nye hingster og hopper til avl.

Tabell 1. Antall individer brukt i kohortene i avlsprogrammet hvert år, med unntak av foundere som kun var dannet en gang per replikat.

	Foundere	Føll	Løp	Kåring	Nye til avl	Foreldre
<b>Hingster</b>	100	600	250	25	20	100
<b>Hopper</b>	1400	600	250	0	150	1400

## 2.2.2 Genetiske parametre

Hestens totale genom er beregnet til 2,41 Gb (Raudsepp et al., 2019). Det har 31 autosome par og ett kjønnskromosompar. Additive QTL var satt til 500 for alle fire egenskapene. Det ble simulert meiose for hvert enkelt dyr som ga genotyper og fenotyper (Pook et al., 2020).

Fenotype, genetisk varians, residual varians og arvbarhet for egenskapene start, inntjening, eksteriør og lynne er vist i Tabell 2. Egenskapen start representerer en sannsynlighet for at hesten starter i løp, mens inntjening er en transformert verdi for pengepremie hesten har tjent inn i løp. Estimerer for egenskapene start og inntjening er hentet fra Olsen et al. (2012). Egenskapene eksteriør og lynne er poengsum fra 1 til 10 gjort på individbedømmelser. På grunn av manglende estimerer på egenskapene eksteriør og lynne for kaldblodstraver ble det brukt estimerer fra Selle (2010) som er beregnet på grunnlag av dølahest, fjordhest og nordlands/lyngshest. Genetiske parametre for egenskaper for eksteriør og lynne er ofte relativt like på tvers av raser og populasjoner. Korrelasjoner mellom egenskapene var antatt uavhengige, på grunn av mangel på informasjon mellom alle egenskapene.

Tabell 2. Estimerer på arvbarhet, genetisk varians og residual varians for de fire egenskapene.

	Start <sup>1)</sup>	Inntjening <sup>1)</sup>	Eksteriør <sup>2)</sup>	Lynne <sup>2)</sup>
<b>Arvbarhet</b>	0,33	0,31	0,23	0,16
<b>Genetisk varians</b>	0,08	0,32	0,10	0,08
<b>Residual varians</b>	0,16	0,72	0,32	0,45

<sup>1)</sup> Estimerer på arvbarhet, genetisk varians og residual varians er hentet fra Olsen et al. (2012).

<sup>2)</sup> Estimerer på arvbarhet, genetisk varians og residual varians er hentet fra Selle (2010).

## 2.2.3 Seleksjonsindekser

Egenskapene ble vektlagt ulikt i to seleksjonsindekser. Seleksjon av hingster godkjent til avl inkluderte egenskapene eksteriør og lynne og krevde egen seleksjonsindeks, mens alle andre seleksjonstrinn ble gjort på kun prestasjonsegenskapene. Seleksjon basert kun på prestasjonsegenskapene ble gjort med totalindeksen hvor egenskapen start var vektlagt med 40 % og egenskapen inntjening var vektlagt med 60 % (Det Norske Travselskap, u.å.).

Kåringsindeksen var basert på pkt 3.2.2 i avlsplanen (Det Norske Travselskap, 2019). Start og inntjening var vektlagt med henholdsvis 30 % og 40 % for å representere 70 % vekt på

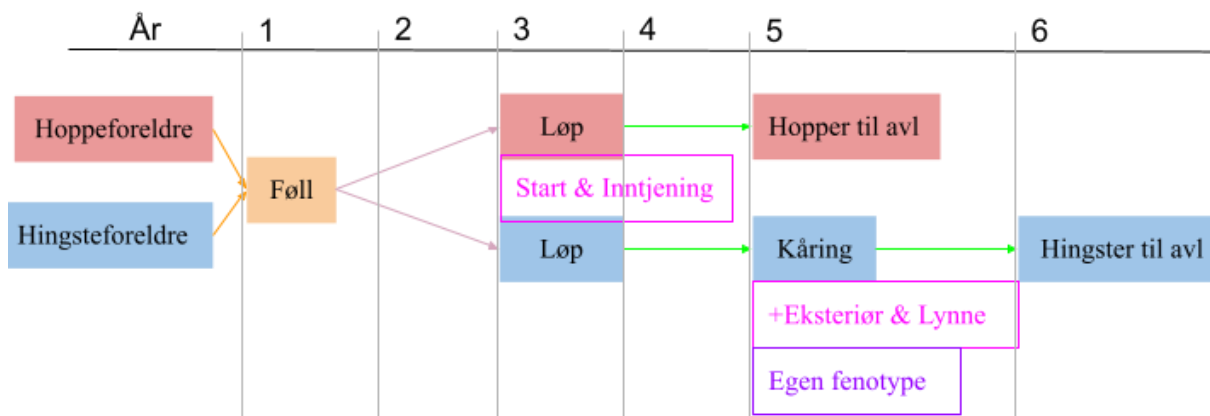
travprestasjon. De resterende 30 % av vektleggingen var fordelt likt på egenskapene eksteriør og lynne. Alle seleksjoner ble gjort på estimert avlsverdi, EBV.

#### **2.2.4 Seleksjon til paring**

Seleksjon av hanndyr til paring ble satt for å representere virkeligheten. Dette ble gjort med å sette en fordeling av bruk av hanndyr der de beste hingstene med høyest EBV ble brukt til paringer i større andel enn hingster med lavere EBV. Hingsten med høyeste EBV brukte full sesongkvote og andre hingster med høy EBV brukte til tider full sesongkvote, eller var nære å bruke kvoten fullt. De fem beste hingstene hadde til sammen 25 - 30 % av avkommene i løpet av året. Dette var omtrent like mange avkom som de 50 hingstene med lavest EBV hadde til sammen. Hoppene som hadde gått i løp ble selektert på totalindeksen til å potensielt kunne få avkom, men det var tilfeldig hvilke 1200 av 1400 som fikk føll hvert år. Det er valgt å unngå søskenparing og halv søskenparing, fordi individer av slike paringer ikke sertifiseres, pkt 3.5.4 i avlsplanen (Det Norske Travselskap, 2019).

### **2.3 Avlsprogrammet - Fenotyping og avlsverdiberegning**

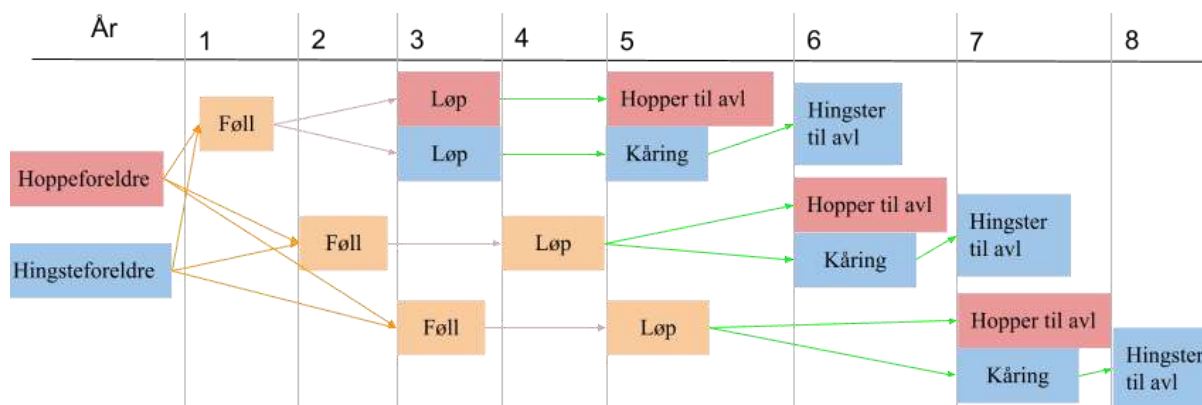
Hvert år ble det simulert de samme handlingene, men for individer født ett år senere, vist i Figur 1, Figur 2 og Figur 3. Det ble produsert 1200 føll fra 1400 hopper og 100 hingster. Føllene fikk en estimert avlsverdi som var gjennomsnittet av foreldres estimerte avlsverdi. Når føllene ble to år gamle gikk 250 hingster og 250 hopper til løp og fikk fenotype for egenskapene start og inntjening. Nye fire år gamle hopper som har gått i løp har fått en ny estimert avlsverdi og fra disse hoppene ble det selektert 150 nye hopper til avl etter løpsprestasjon (totalindeks). Når hingstene ble fire år gamle ble 25 selektert etter løpsprestasjon (totalindeks). På kåringen fikk hingstene i tillegg fenotype for egenskapene eksteriør og lynne. Disse fikk en ny estimert avlsverdi på bakgrunn av egne og slektingers fenotyper. Av de 25 hingstene til kåring ble 20 hingster selektert basert på vekter av alle egenskaper (kåringsindeks) som ble nye avlshingster ved fem års alder. Nye avlshopper og nye avlshingster var tilgjengelig for avl sammen med flere hopper og hingster som har blitt selektert på samme måte tidligere år. Kohortene med de potensielle foreldrene ble hvert år tilføyd nye individer fra kohortene hopper til avl og hingster til avl. Antall individer i kohortene var det samme da de eldste individene som hadde nådd maksimal alder for reproduksjon ble utrangert hvert år.



Figur 2. Tidslinje av hendelser for en kohort med føll. Røde bokser er hunndyr, blå er hanndyr og oransje er for begge kjønn samlet. Oransje pil er reproduksjon, lys rosa er aldring og grønn er seleksjon. Rosa boks er for fenotyping av egenskaper. Lilla boks er for egen avlsverdiberegning av kohorten som den er tilknyttet.

Hvert år ble nye individer til avl kombinert med eldre avlsdyr for en større avlsverdiberegning før avlsdyrene ble selektert for reproduksjon av føll. Denne beregningen ble gjort på grunnlag av egen og slektningers fenotype for foreldre, sammen med alle kohorter av avkom med fenotype etter hingstene som er tilgjengelig for avl og hingster med fenotype for alle egenskapene. Informasjon om prestasjon til avkom etter avlshingster kommer fra individene i kohortene løp av begge kjønn, som er født inntil 14 år tidligere. Kohorter med hingster til kåring inkluderte alle med fenotype for alle egenskapene født inntil 19 år tidligere.

Det var totalt to runder med estimering av avlsverdier hvert år. Hingster som hadde kommet til kåring og fått fenotype for alle egenskapene måtte få en ny avlsverdi hvor disse egenskapene ble inkludert for at de beste skulle selekteres til å bli nye avlshingster. Den andre og store avlsverdiberegningen var av alle nye hopper og hingster til avl kombinert med individer som var potensielle foreldre året før, sammen med deres tidligere avkom, basert på deres fenotyper. Denne avlsverdiberegning var hovedsakelig for å selektere avlsdyr for inneværende år.



Figur 3. Tidslinje av hendelser for tre kohorter med føll for de første åtte årene. Røde bokser er hunndyr, blå er hanndyr og oransje er for begge kjønn samlet. Oransje pil er reproduksjon, lys rosa er aldri og grønn er seleksjon.

## 2.4 Scenarioer

Det var forventet at det ekstreme scenarioet med bruk av OCS i hele populasjonen ville ha lavest slektskap, men at det ikke var realistisk å få gjennomført i en virkelig populasjon. Derfor ble det sett på andre tiltak for å redusere slektskapet. Tiltakene var reduserte årlige bedekningskvoter, sette en øvre grense for reproduktivt liv for hingster og at det gjøres stimulerende tiltak som gjør at en andel oppdrettere tar hensyn til slektskap.

### 2.4.1 Sesongkvote

Sesongkvote var det antallet avkom en hingst maksimalt kunne få per år. Høyeste nivå av sesongkvote i simuleringen var samme som den er i virkeligheten på totalt 95 bedekninger per hingst (Det Norske Travselsskap, 2019). Andre nivå var på 25 % redusert fra dagens sesongkvote, som vil si 71 bedekninger. Laveste sesongkvote i simuleringen var 48 bedekninger per år som er 50 % redusert fra dagens kvote.

### 2.4.2 Livstidskvote

Livstidskvoten ble simulert som en begrensning på antall år hingstene kunne benyttes i avl. De tre nivåene av livstidskvoten ble satt til at hingstene var tilgjengelig i 5, 10 eller 15 år i avl. Alder for utrangering fra reproduksjon ble satt til sum av alder ved første reproduksjon pluss lengde på livstidskvoten. Alle nye avlshingster begynner i avl som 5 åring. Derfor ble utrangering gjort etter at hingstene hadde hatt mulighet for siste paring ved henholdsvis 10, 15, og 20 års alder. Det antallet bedekninger som maksimalt var mulig om en hingst benyttet

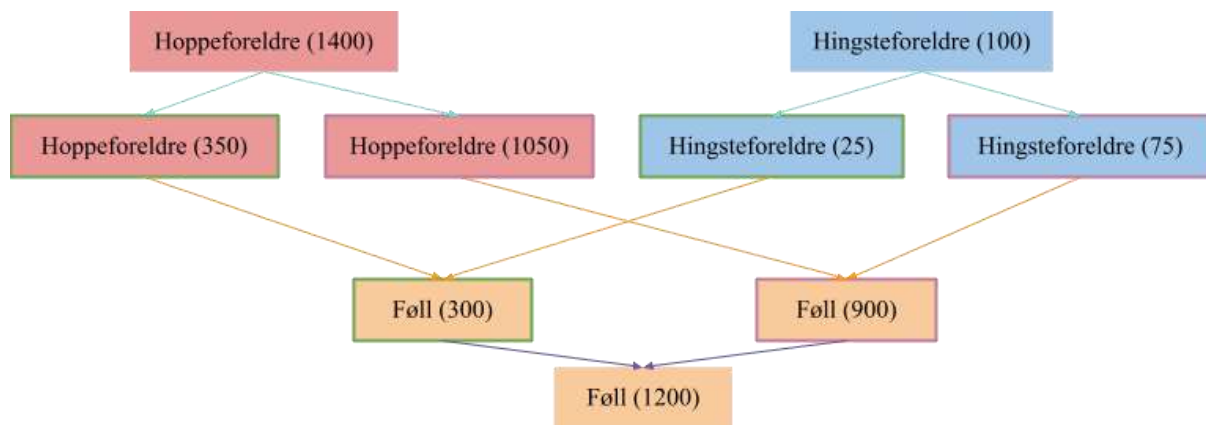
hele sesongkvoten i alle reproduktive år er vist i Tabell 3. Hopper ble utrangert ved 29 års alder.

*Tabell 3. Maksimalt antall avkom for hingster for alle kombinasjoner av sesongkvoter og livstidskvoter.*

Sesongkvoter	Livstidskvoter		
	15 år	10 år	5 år
95	1425	950	475
71	1065	710	355
48	720	480	240

### 2.4.3 Hensyn til slektskap

Det ble også simulert tiltak hvor en andel oppdrettere tok hensyn for å minimere innavlstraten i populasjonen ved bedekning. Det ble simulert ved at en andel hoppeiere valgte hingster med lavt slektskap til hoppa, med metoden OCS for å minimere slektskapet i den gitte andelen av populasjonen, uten hensyn til EBV. Likevel selekteres individene til avl basert på EBV. Andelen av av føll som ble født som resultat av OCS ble satt til 25 %, 50 % og 100 %. Scenarioet med 100 % hensyn til slektskap ble simulert med bruk OCS, for å minimere slektskapet i hele populasjonen. Dette ble simulert uten sesongkvote, men med livstidskvote på reproduksjon i 15 år for hingstene. Halvparten av føllene som ble født hvert år i scenario med 50 % hensyn til slektskap var resultat av paringer mellom hingster og hopper med lavt slektskap til hverandre ved bruk av OCS. Den andre halvparten av føllene var resultat av paringer med seleksjon på prestasjon med kun sesongkvote på 95 og livstidskvote på 15 år, eneste hensyn til slektskap var å unngå hel- og halvsøskenparinger. Scenarioet med 25 % hensyn til slektskap ble simulert på liknende måte, men hvor 25 % av føllene hvert år var resultat av reproduksjon med OCS, og 75 % av føllene var resultat av seleksjon for presentasjonsegenskaper, vist i Figur 4.



Figur 4. Skjematisk fremstilling av del av avlsprogrammet hvor foreldre deles for reproduksjon, med forskjellige kriterier for seleksjon av paringspartnere hvert år for scenario OCS25. Antall individer i kohortene står i parentes. Røde bokser er hunndyr, blå er hanndyr og oransje er for begge kjønn samlet. Grønn kantlinje er OCS, rosa kantlinje er seleksjon kun for prestasjon med sesongkvote. Oransje pil er reproduksjon, lys blå er splitting og lilla er kombinasjon.

#### 2.4.4 Oversikt over scenarioer

Det ble simulert totalt 12 ulike scenarioer, ni scenarioer med kvoter for bruk av hingster i avl og tre med at en andel tok hensyn til slektskap (Tabell 4). De ni scenariene med kun kvoter var en kombinasjon av tre sesongkvoter og tre livstidskvoter. Ett av disse scenarioene med største sesong- og livstidskvoter (S95L15) var satt som tilnærmet dagens situasjon og ansett som ett ekstrem med forventning om størst slektskap i populasjonen. Det ble i tillegg simulert tre scenarioer hvor en gitt andel av avkommene er produkt av reproduksjon for lavt slektskap. Seleksjon for optimale bidrag med fokus på å redusere slektskapet i hele populasjonen, OCS100, forventes å være et ekstrem med lavest slektskap av alle scenarioene.



Tabell 4. Oversikt over scenarier med ulike nivåer av tiltak. Sesongkvoten er markert med “S” etterfulgt av verdien av kvoten, og livstidskvoten er markert med “L” fulgt av antall år. De tre scenarioene med hensyn til gjennomsnittlig slektskap er markert med OCS som er optimal contribution selection, etterfulgt av en verdi i prosent for andelen det er brukt på. Inf står for ingen begrensning, og er for de hingstene som blir selektert etter optimale bidrag for å redusere slektskap.

Scenario navn	Sesongkvote	Livstidskvote	Andel OCS
<b>S95L15</b>	95	15 år	0
<b>S95L10</b>	95	10 år	0
<b>S95L05</b>	95	5 år	0
<b>S71L15</b>	71	15 år	0
<b>S71L10</b>	71	10 år	0
<b>S71L05</b>	71	5 år	0
<b>S48L15</b>	48	15 år	0
<b>S48L10</b>	48	10 år	0
<b>S48L05</b>	48	5 år	0
<b>OCS25</b>	95 / Inf	15 år	25 %
<b>OCS50</b>	95 / Inf	15 år	50 %
<b>OCS100</b>	Inf	15 år	100 %

## 2.5 Statistikk

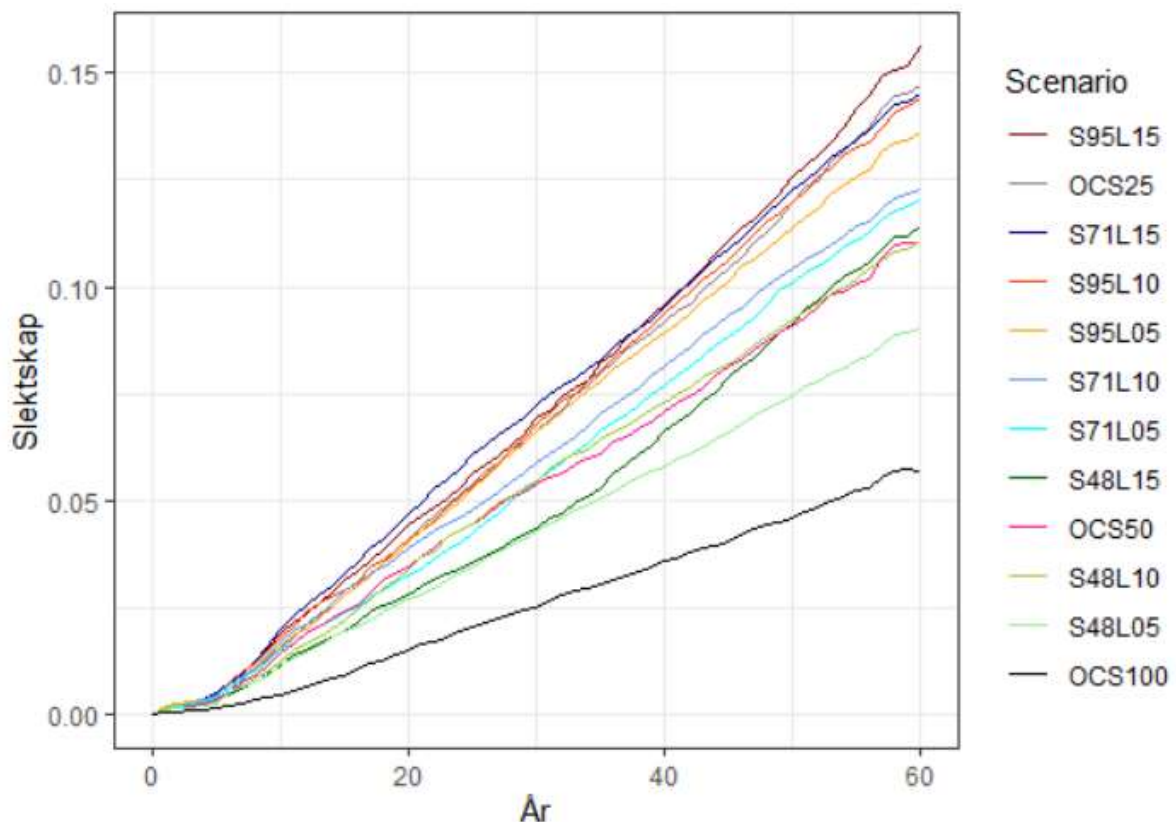
Det ble kjørt statistiske analyser i RStudio (RStudio Team, 2021). Stigning i gjennomsnittlig slektskap for år 30 til 60 ble hentet ut for hvert replikat ved stigningstallet i lineær regresjon med ANOVA. De første årene var flere foundere fortsatt med som foreldre i de simulerte populasjonene. Alle foundere som var hopper var ute av populasjonen etter år 25 i simuleringen. Hingster som var foundere var ute av populasjonen til samme tid som lengden av livstidskvoten i scenarioene, som var etter 15 år og 10 år. Unntak var i de tre scenariene med livstidskvote 5 år da noen foundere måtte være med til år 9, slik at til reproduksjonen i år 10 hadde det blitt produsert mange nok, altså 100, nye hingster til avl. Foundere hadde ikke slektskap med hverandre og måtte ut av populasjonen før det kunne tas sikrere resultater om slektskap. De første generasjonene hadde ikke like mange avkom og andre slektninger for å beregne EBV, som ga lavere sikkerhet i forhold til senere generasjoner i simuleringen. Fra år

30 gikk alle handlinger inn i loop for simulering til år 60. På den måten ble det sikrere kvalitet på kjøringene. For disse replikaer ble gjennomsnittet og standardavviket for stigningen i slektskap hentet ut for hvert scenario. Det ble gjort en enveis ANOVA for om modellen var signifikant, og for hvilke scenarioer som var signifikant forskjellig fra scenarioet tilnærmet dagens situasjon. Det ble satt opp kontraster mellom alle scenarioer. Det ble også gjort en toveis ANOVA for stigningen i slektskap forklart av sesongkvote og livstidskvote basert på alle replikater for de ni scenarioene uten bruk av seleksjon for OSC.

For økning i sann avlsverdi, BV ble det hentet ut differansen mellom gjennomsnittet i BV for første og siste kohort med føll for alle replikater. Det ble kjørt ANOVA for hver egenskap, både enveis forklart av scenario og toveis forklart av sesongkvote og livstidskvote.

### 3. Resultater

Resultatene svarer til forventningen om gjennomsnittlig slektskap i populasjonen. Scenario med sesongkvote på 95 bedekninger og reproduktiv tid på opptil 15 år for hingstene (S95L15) hadde høyest gjennomsnittlig økning i gjennomsnittlig slektskap i populasjonen ved siste simulerte år (Figur 5). Andre scenarioer som hadde høyt gjennomsnittlig slektskap var scenarioer med minst begrensende tiltak. Det var scenarioene med at 25 % tok hensyn til slektskap (OCS25), scenario med sesongkvote på 71 (S71L15) og hvor hingster kan være i avl i 10 år (S95L10). Laveste gjennomsnittlige slektskap over alle årene var scenarioet med bruk av optimale bidrag i hele populasjonen (OCS100). Scenario med laveste sesong- og livstidskvote (S48L05) hadde det laveste gjennomsnittlige slektskapet av scenariene med bare kvoter.



Figur 5. Gjennomsnittlig økning i slektskap for alle replikater for alle 12 scenarioer fra år 0 til 60. Fargene representerer de ulike scenarioene.

### 3.1 Stigning i gjennomsnittlig slektskap per år

Tabell 5. Stigningen i slektskap per år for alle replikaer av scenarioer i gjennomsnitt og standardfeil. Sannsynlighet for at scenario er signifikant forskjellig fra scenario med 95 bedekninger i 15 år er oppgitt med P-verdi og signifikansnivå (\*\*\*) = <0,001; \*\* = <0,01; \* = <0,05).

Scenario med tiltak	Gjennomsnitt	Standardfeil (SE)	P-verdi og signifikansnivå
<b>95 bedekninger</b>			
15 år	0,00293	0,00027	----
10 år	0,00258	0,00015	0,162645
5 år	0,00237	0,00015	0,027043 *
<b>71 bedekninger</b>			
15 år	0,00252	0,00022	0,100292
10 år	0,00219	0,00014	0,003638 **
5 år	0,00225	0,00016	0,007496 **
<b>48 bedekninger</b>			
15 år	0,00246	0,00026	0,061213
10 år	0,00188	0,00012	5,49E-05 ***
5 år	0,00161	0,00014	6,26E-07 ***
<b>Andel hensyn til slektskap (OCS)</b>			
25 %	0,00274	0,00019	0,445617
50 %	0,00197	0,00014	0,000206 ***
100 %	0,00108	0,00009	3,12E-11 ***

#### 3.1.1 Scenarier

Stigning i slektskap per år for alle 12 scenarioer, vist i Tabell 5, var basert på år 30 til 60 i simuleringen. En ANOVA av stigningen i slektskap per år ga en svært signifikant ( $Pr(>F) = 1,20E-10$ ) forskjell mellom gjennomsnittene av de forskjellige scenariene. Største stigning i slektskap per år var for scenario tilnærmet virkeligheten (S95L15). Laveste stigning i slektskap var scenario med full seleksjon for optimale bidrag (OCS100). Stigningen i

scenarioet uten andre begrensende tiltak enn at 25 % av avkommene ble født som resultat av hensyn til lavt slektskap (OCS25) hadde minste avvik fra stigningen i S95L15. Scenariene S71L15 og S95L10 hadde ganske lik stigning, noe lavere enn stigningen i OCS25. Standardfeilen var størst for scenarioer med livstidskvote 15 år, og minst for OCS100. Stigningen i slektskap i scenario S95L15 var signifikant forskjellig fra de seks scenariene med lavest stigning, S95L05, S71L05, S71L10, OCS50, S48L10, S48L05 og OCS100.

Kontrastene var korrigert for antallet sammenligninger (Tabell 6). Det var derfor høyere terskel for signifikans, enn ved sammenligning kun med scenario S95L15 alene vist i Tabell 5. Scenarier med høyeste og laveste stigning i slektskap var signifikant forskjellig fra flest scenarioer som var resultat av at de var ekstremene. Scenarioene med milde tiltak, hvor 25 % tok hensyn til slektskap (OCS25) og hingstene kunne være i avl i 10 år (S95L10) var i tillegg signifikant forskjellig fra scenario med mest begrensende kvoter (S48L05).

Tabell 6. Sannsynlighet for at scenario er signifikant forskjellig fra andre scenarioer. Farge tilsvarende signifikansnivå (\*\*\*) = <0,001; \*\* = <0,01; \* = <0,05).

	S95L15	OCS25	S95L10	S71L15	S95L05	S48L15	S71L10	S71L05
OCS100	***	***	***	***	***	***	**	**
S48L05	***	**	*					
S48L10	**							
OCS50	*							

### 3.1.2 Sesong- og livstidskvoter

Gjennomsnitt i stigning i slektskap for sesongkvoter og livstidskvoter hver for seg er vist i Tabell 7. Fordi de tre scenarioene med andel OCS kun var basert på S95L15, var de utelatt fra denne delen. Scenarioer med største sesong- og livstidskvoter har størst økning i slektskap, mens scenarioer med lavere kvoter har lavere gjennomsnittlig slektskap. Det var stor effekt av å redusere sesongkvoten. Størst effekt av å redusere den fra 95 bedekninger til 48 bedekninger. Så vidt en større forskjell i å redusere den fra 71 til 48 enn fra 95 til 71 (Tabell 7). Effekten av å redusere livstidskvoten var også stor. Vesentlig større effekt av å redusere livstidskvoten fra 15 år til 10 år enn fra 10 år til 5 år (Tabell 7). Totalt var det større

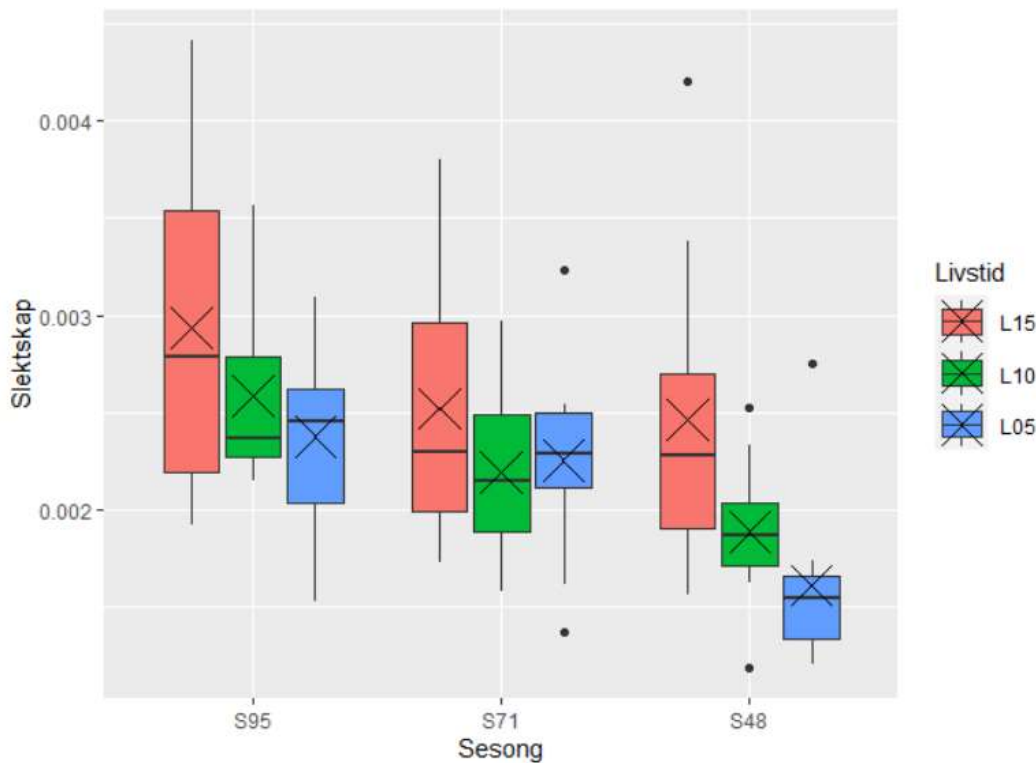
forskjell i å redusere sesongkvoten fra 95 til 48, enn å redusere livstidskvoten fra 15 til 5 år (Tabell 7).

*Tabell 7. Stigning i slektskap for alle nivåer av sesongkvoter og livstidskvoter i gjennomsnitt med standardfeil. Beregnet på alle replikater av de tre scenarioene som hadde kvotene.*

	<b>Gjennomsnitt</b>	<b>Standardfeil</b>
<b>Sesongkvote</b>		
95 bedekninger	0,00263	0,00012
71 bedekninger	0,00232	0,00010
48 bedekninger	0,00199	0,00012
<b>Livstidskvote</b>		
15 år	0,00264	0,00014
10 år	0,00222	0,00009
5 år	0,00208	0,00011

Det var signifikant effekt av både sesongkvoter og livstidskvoter. Høyere signifikans av sesongkvoter ( $\text{Pr}( > F ) 0,0003$ ) enn for livstidskvoter ( $\text{Pr}( > F ) 0,0011$ ). Interaksjon mellom sesongkvoter og livstidskvoter på gjennomsnittlig stigning i slektskap i populasjonen per år hadde vært å forvente, men interaksjonen var ikke signifikant, antagelig på grunn av få replikater.

Både sesongkvote 71 og 48, og livstidskvote på 10 og 5 år hadde signifikant forskjell fra S95L15. Størst signifikant forskjell fra S95L15 var det mellom både sesongkvote på 48 bedekninger og livstidskvote på 5 år. Forutsetningene for modellene ble testet. Både normalitet og residualer var relativt uavhengig. Det var noen ekstreme replikater vist i Figur 6 for scenariene S71L05, S48L15, S48L10 og S48L05.



Figur 6. Boksplott av scenariene med kombinasjon av sesong og livstidskvote. Stigning i gjennomsnittlig slektskap i y-aksen, sesongkvoter i x-aksen, og farget for livstidskvoten. Kryssene i boksene er gjennomsnittene. Den svarte tykke horisontale streken inne i boksene viser middelveien, boksene omfatter 25-75 % persentilene og de vertikale linjene omfatter høyeste og laveste verdi innen  $1,5 \cdot IQR$  (interquartile range) over og under 25-75 % persentilene. Sorte prikker er "outliers" og er ikke utelatt fra gjennomsnittene.

### 3.2 Antall avkom og avkomsgruppestørrelser

Antall hingster brukt til paring, og avkomsgruppestørrelser fra år 30 til 60 i simuleringen er vist i Tabell 8. For de ni scenariene uten OCS er det omtrent 700 hingster i bruk i avl på 30 år, fordi alle hingster som blir kåret og godkjent til avl brukes i avl. Antall fedre var lavere for scenarioer med OCS, og lavest for OCS100. Gjennomsnittlig antall avkom er omtrent likt for alle scenarier, det var bare OCS50 og OCS100 som var noe høyere som konsekvens av at det var brukt færre hingster i avl over perioden. Antall avkom etter hingsten med flest avkom var størst for scenario S95LL15, S95LL10 og S71L15. Største avkomsgrupper var tett opp mot maksimal kvote (Tabell 3) for livstidskvote på 5 år, spesielt med lavere sesongkvote (S48L05 og S71L05) hvor kvoten ble brukt fullt for minst ett av replikaer. I scenarioene med livstidskvote på 10 og 15 år er avviket mellom total maksimal kvote (Tabell 3) og største avkomsgruppe (Tabell 8) større. Spesielt for S95L15, selv i replikater med største

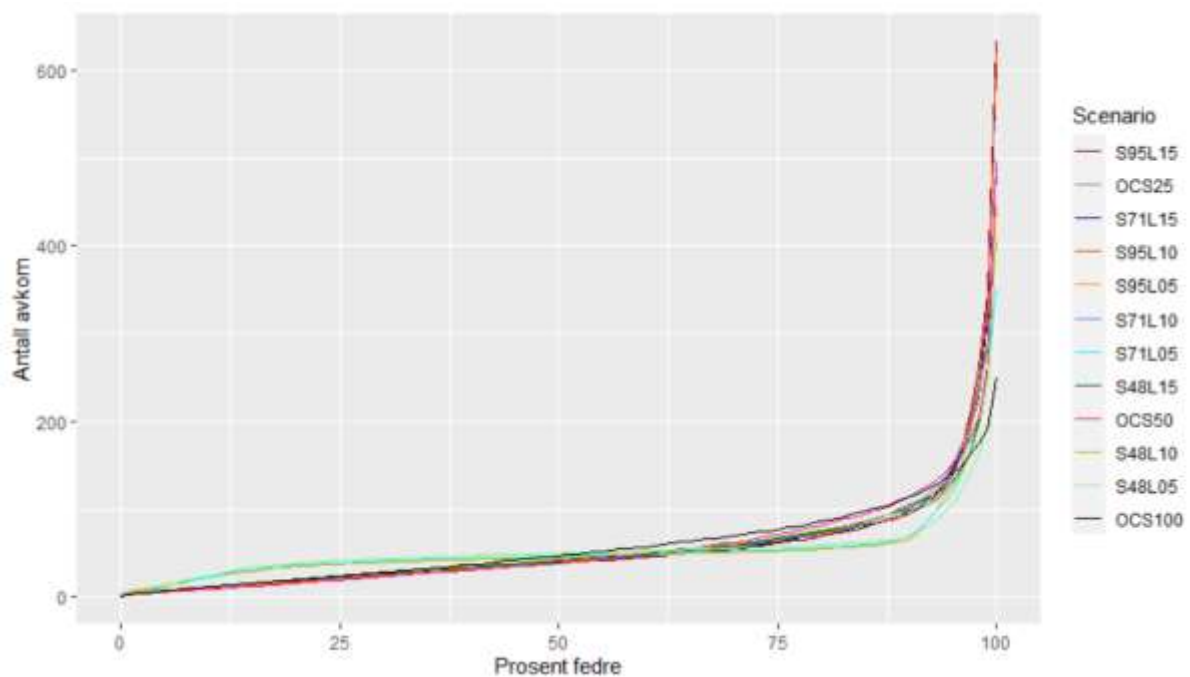
avkomsgruppe for scenarioet var bare største avkomsgruppe (Tabell 8) halvparten av total maksimal kvote (Tabell 3).

*Tabell 8. Bruk av hingster i avl og avkomsgrupper for alle scenarioer fra tid år 30 til 60 i simuleringen. Gjennomsnittlig antall hingster brukt i avl med avkom (Antall hingster). Gjennomsnittlig antall avkom per hingst brukt i avl (Avkomsgruppe i snitt). Største avkomsgruppe i snitt er antall avkom etter mest brukte hingst i snitt over alle 10 replikater (Største avkomsgruppe i snitt) og antall avkom etter mest brukte hingst fra replikatet med høyest antall (Største avkomsgruppe av rep.), for alle scenarioer.*

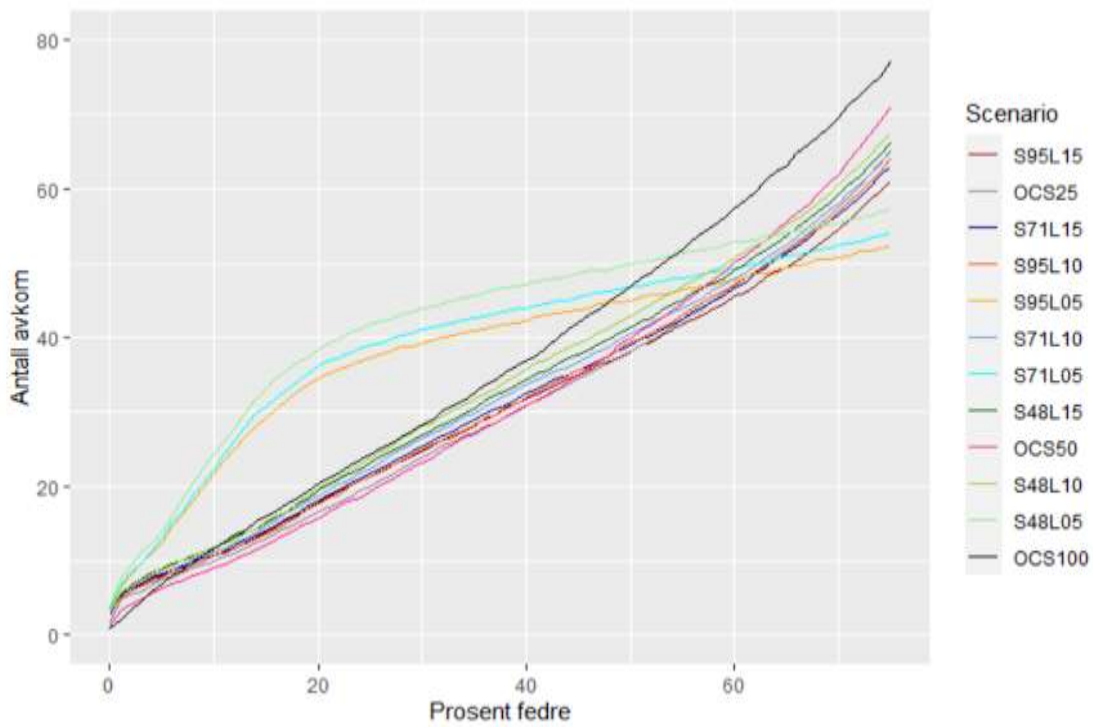
<b>Scenario med tiltak</b>	<b>Antall hingster</b>	<b>Avkomsgruppe i snitt</b>	<b>Største avkomsgruppe i snitt</b>	<b>Største avkomsgruppe av rep.</b>
<b>95 bedekninger</b>				
15 år	696,9	53,4	632,6	714
10 år	698,7	53,2	620,2	844
5 år	700,0	53,1	444,2	465
<b>71 bedekninger</b>				
15 år	697,3	53,3	614,7	1029
10 år	698,8	53,2	495,3	592
5 år	700,0	53,1	349,1	355
<b>48 bedekninger</b>				
15 år	697,5	53,3	488,8	584
10 år	698,7	53,2	404,9	480
5 år	699,9	53,2	240,0	240
<b>Andel hensyn til slektskap (OCS)</b>				
25 %	692,4	53,7	599,1	775
50 %	684,7	54,3	491,0	629
100 %	661,3	56,3	249,3	276



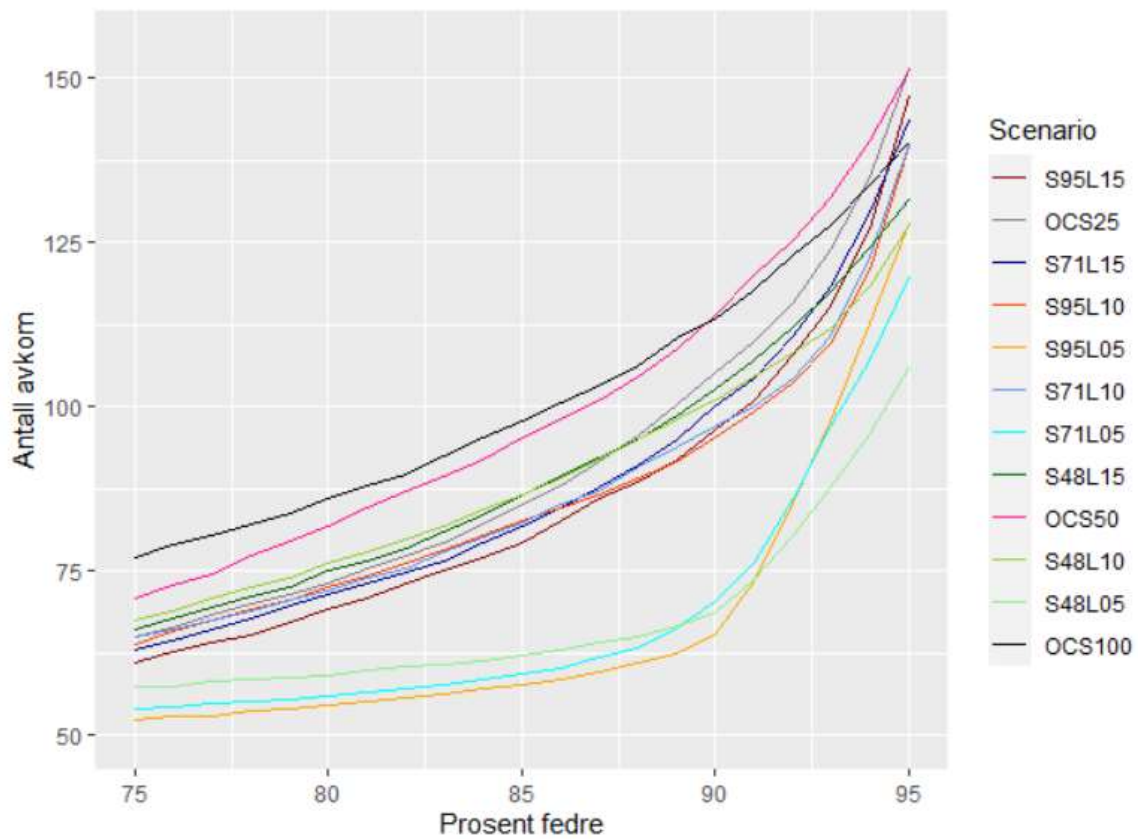
Fordelingen av bruken av hingstene (Figur 7) var ekstremt skjev. Det var et fåtall hingster som fikk de største avkomsgruppene, mens en stor andel av hingstene fikk færre avkom. De fire scenariene med høyest stigning i slektskap, S95L15, S95L10, S71L15 og OCS25 (Tabell 5) hadde også flest avkom for de mest brukte hingstene i forhold til de andre scenariene (Figur 7). I forhold til de andre scenarioene, hadde de tre scenarioene med livstidskvote på 5 år flere avkom for de 60 % hingstene som hadde færrest avkom, og færre avkom for hingstene med flest avkom i disse scenariene enn de andre. Utenom disse hadde OCS100 en mer jevn fordeling av bruken av hingstene, med minst bratt stigning fra 90 til 100 %, altså for de 10 % mest brukte hingstene. Over alle scenarioene hadde de 50 % fedrene med færrest avkom maksimalt 50 til 40 avkom hver.



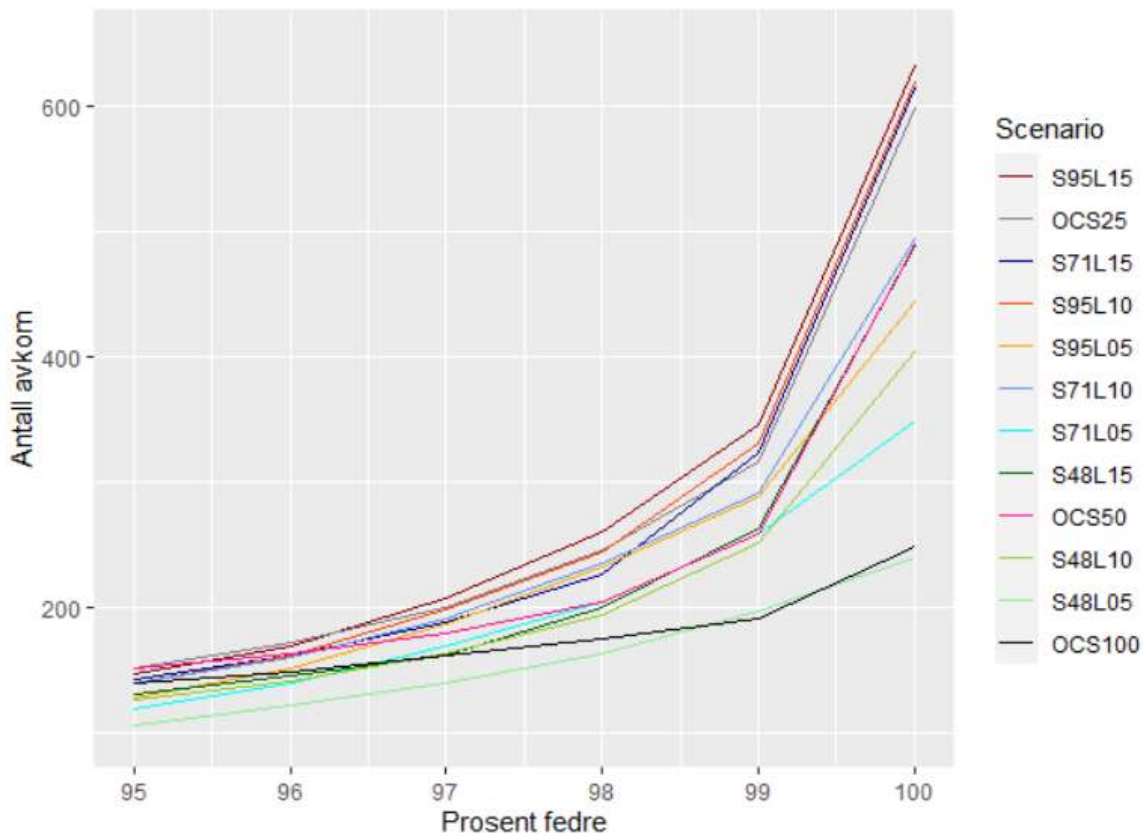
Figur 7a. Kvantiler av frekvens for antall avkom per hingst, i prosent av bruk for føll født fra år 30 til 60 i simuleringen for de forskjellige scenarioene.



Figur 7b. Fedre brukt inntil fra 0 - 75 %.



Figur 7c. Fedre brukt fra 75 til 95 %.



Figur 7b. Fedre brukt fra 95 til 100 %.

### 3.3 Avlsframgang BV

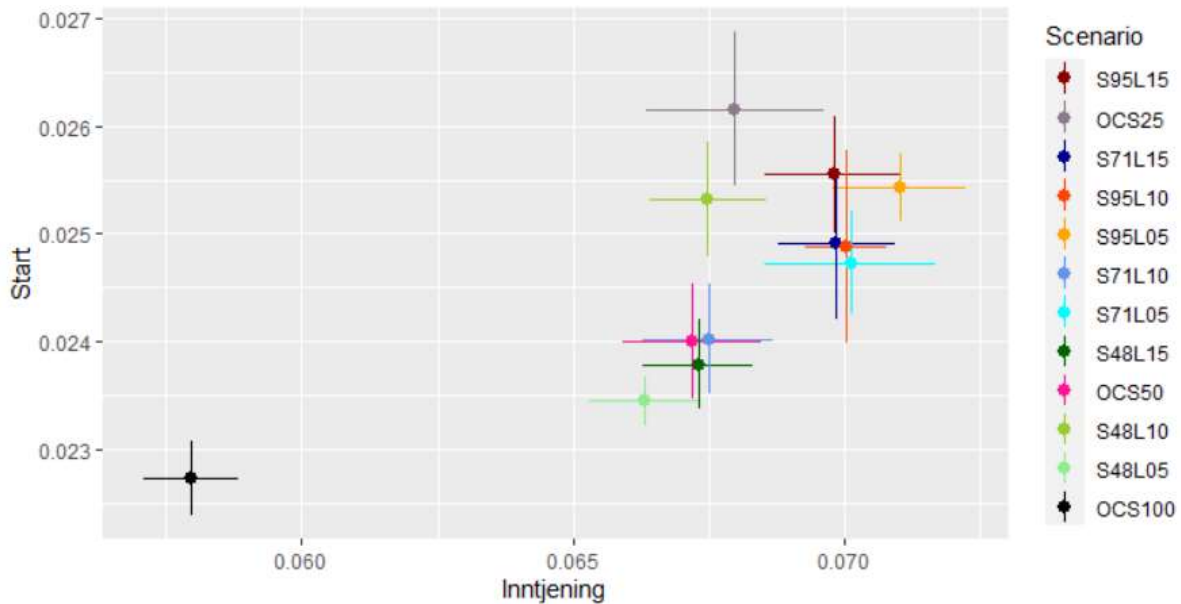
Start var en binær egenskap og økningen i egenskapen var ikke i prosent, men på en underliggende skala for egenskapen, med en terskelverdi for start eller ikke-start.

Tabell 9. Gjennomsnittlig årlig økning i BV over alle scenarier.

	Start	Inntjening	Eksteriør	Lynne
<b>Gjennomsnitt</b>	0,0246	0,0677	0,0046	0,0034
<b>Standardfeil (SE)</b>	0,0002	0,0005	0,0002	0,0002
<b>Genetiske spredningsenheter</b>	0,0870	0,1197	0,0145	0,0120

Egenskapen inntjening hadde størst økning i genetiske spredningsenheter, etterfulgt av egenskapen start, vist i Tabell 9. Til forskjell hadde egenskapene eksteriør og lynne en mindre økning over 60 år. ANOVA for BV for hver av de fire egenskapene for hvert scenario ga bare signifikant effekt av egenskapene start ( $\text{Pr}( > F ) 6,05\text{E}-04$ ) og inntjening ( $\text{Pr}( > F )$

2,72E-10). Det var ingen signifikant effekt av egenskapene eksteriør og lynne, og var derfor ikke omtalt videre.



Figur 8. Årlig økning i BV fra år 1 til år 60 av føll for egenskapene start og inntjening. Gjennomsnittlig av alle replikater for scenariene, med linjer for standardfeilen. Fargene for scenarioer er de samme som i Figur 5.

Scenario OCS25 hadde størst økning i egenskapen start, mens scenario S95L05 hadde størst økning i BV for inntjening. Scenariene med sesongkvote 95 er i øvre del for begge egenskapene. Det var ingen av scenarioene som hadde klart høyest avlsfremgang på begge egenskapene. Scenario OCS100 hadde lavest økning for begge prestasjonsegenskapene. Figur 8 viser en gruppering av scenarioer med ganske lik avlsfremgang for begge egenskapene med standardfeil som i stor grad overlapper med andre scenarioers avlsfremgang. I nedre del var en gruppe med scenarioene med ganske store tiltak, S71L10, OCS50, S48L15 og evt. S48L05. Mens i øvre del er det scenarioer med mindre begrensende tiltak, S95L10, S71L05, S71L15 og evt med noe høyere for BV start S95L05 og S95L15. Scenariene OCS25 og S48L10 ligger med noe større avvik fra de andre scenarioene, mens det var stort avvik til OCS100.

For egenskapen start var det høy signifikans i reduksjon i BV fra S95L15 for scenario OCS100, og signifikant reduksjon i scenario S48L05, OCS50 og S48L15. Det var også høy signifikans på reduksjonen i BV for egenskapen inntjening fra S95L15 til OCS100, og S48L05 med lavere signifikans. For egenskapen inntjening ble det også funnet en sterkt signifikant effekt av sesongkvote 48 mot scenario S95L15. Verken sesongkvote 71 eller noen av livstidskvotene hadde signifikant effekt på reduksjon i BV.

# 4. Diskusjon

## 4.1 Svakheter ved simuleringen

Til simuleringen av avlsprogrammet ble pakken MoBPS valgt på grunn av universell utforming, med gruppering av individer og hendelser som seleksjon og reproduksjon med mulighet for mange ulike tilpasninger som beskrevet i Simianer et al. (2021). Intensjonen var bruk av tilleggsverktøy MoBPS-web. Det krevde mindre kunnskap om selve pakken og programmering i RStudio. MoBPS-web møtte ikke forventninger da det var en rekke problemer, som ikke alle kunne løses på en tilfredsstillende måte. Imidlertid var det vanskeligheter med dokumentasjon på både MoBPS og MoBPS-web. En manual tilhørende pakken og et par publiserte artikler ble opplevd som utilstrekkelig. Den underliggende datastrukturen var til hinder for uthenting av informasjon om blant annet generasjonsintervall, aldersfordelinger og enkel tilgang på årlig gjennomsnittlig BV. Pakken er fortsatt under utvikling, og det ble lansert flere oppdateringer i perioden for simuleringen. Likevel er MoBPS et viktig verktøy for en universell beskrivelse av et avlsprogram. Med tiden er potensialet større for videreutvikling av nye metoder for simulering av situasjoner og mulige handlinger i et avlsperspektiv med bedre muligheter for senere uthenting av data.

Figur 5 viser at stigningen er relativt konstant og lineært for scenarioene. De fleste scenarioene hadde en liten økning i stigningen etter år 30, som kan forklares av at foundere, som ikke hadde slektskap med hverandre, var ute av populasjonen. Scenario S48L15 hadde en ganske tydelig endring i stigningen etter år 30, slik at den fikk en høyere stigning enn S48L10 som var å forvente. Dette til sammen ga en trygghet på at det var mer fornuftig å velge stigning i slektskap fra år 30 når alle foundere var ute av populasjonen. En forbedring kunne vært å legge inn et reelt pedigree som basepopulasjon. På den måten kunne noe historikk og reelt slektskap mellom individer vært med fra starten av simuleringen, i stedet for å starte på null og måtte gå flere år før mer stabile data.

Dette var en simuleringstudie av en komplisert populasjon med markedsbasert avl. Det er stor variasjon i virkeligheten med mange holdninger og krefter i markedet som simuleringen ikke klarer å gjenskape. Dette inkluderer blant annet antall og alder på individer som går til ulike seleksjonstrinn, og at hingster blir kastret og blir vallak, slik at seleksjonsintensiteten

varierer over tid. Alle paringer ga alltid avkom i simuleringen. I virkeligheten er føllprosenten på 60-70 % (Norsk Hestesenter, 2020), eller på 74 % med kunstig befruktning (Haadem et al., 2015). Avviket mellom antall bedekninger og antall fødte føll var ikke tatt hensyn til i simuleringen, slik at det ble like mange føll som bedekninger som ikke er reelt i virkeligheten. Seleksjonen gikk alltid på EBV i simuleringen, mens i virkeligheten gjøres seleksjonen på flere måter selv om det beregnes avlsindeks for start og prestasjon. I kåringen gjøres individbedømmelse av eksteriør og lynne på fenotype, men det er i all hovedsak bare av betydning for uttrangering. I simuleringen ble eksteriør og lynne vektlagt for seleksjon av avlshingster, som ga fremgang på disse egenskapene. I virkeligheten er det ikke seleksjon på hoppesiden, alle hopper kan bedekkes i den grad eieren ønsker, uten krav om at hopper må ha gått i løp og fått egen fenotype før de brukes til avl. Hoppeeiere selekterer hingster på varierende måter, basert på fenotype i form av inntjening, avstamning eller etter pris. Oppdrettere kan velge å utsette bedekning på grunn av full sesongkvote på den ønskede hingsten, eller andre faktorer. Hoppeeiere må velge mellom om hoppene skal bedekkes, eller gå i løp hvert år. Dette begrenser potensialet for avlsfremgang fra hoppesiden, fordi de best presterende hoppene heller går i løp enn til avl. Simuleringen tok ikke hensyn til eventuelle konsekvenser av oppdretteres reaksjoner på tiltakene i scenarioene. Med de strengeste kvotene kan interesse for rasen tapes, slik at det blir reduksjon i antall fødte føll.

Ti replikater for hvert scenario var sannsynligvis litt lite i forhold til variasjonen innen og mellom scenarioene. Det er potensiale for sikrere resultater med flere replikater. På grunn av tidkrevende simulering ble ikke dette gjort. Likevel er det signifikante effekter mellom noen scenarier. Det tyder på at forskjellene i stigningen i slektskap mellom scenarier var relativt sikre, med unntak av stigning i gjennomsnittlig slektskap mellom scenarier med mindre forskjeller og som hadde overlapp med standardfeil.

Scenarier med avl med hensyn til slektskap ble simulert med OCS kun for å minimere slektskapet. Slektskapet i populasjonen kunne vært lavere om det var seleksjon for individer som ga avkom med lavere slektskap til OCS-gruppene, i stedet for tilfeldig gruppering av potensielle foreldre. Samtidig kunne avlsframgang vært større om individer med høy EBV hadde blitt selektert til å danne avkom med seleksjon for prestasjon. Hvert år kunne bare hingstene i OCS-gruppen pares med hoppene i OCS-gruppen. Dette gir ikke mening i forhold til virkeligheten, men uten denne delingen kunne hoppene fått flere avkom årlig, som er mindre reelt. Vanligvis skal OCS maksimere avlsresponsen for en gitt innavlsøkning. Figur 8 viser derimot at scenario med bruk av OCS i hele populasjonen hadde lavest avlsfremgang av alle scenarioene. Her ble det i stedet valgt fokus for å minimere slektskapet i seleksjonen av paringspartnere, ikke maksimere avlsfremgang under en gitt innavlsøkning og forklarer den lave fremgangen i BV. Det var likevel sterk preseleksjon, ved at individene som skulle bli avlsdyr ble selektert på EBV som i de andre scenarioene, som ga noe avlsframgang. Denne metoden med bruk av OCS for å finne paringspartnere med minst slektskap til hverandre er mer optimal for å redusere innavlsøkningen, enn om hoppeiere skulle valgt hingst med lavt slektskap til populasjonen. Det kreves mindre å finne hingst med minst slektskap til populasjonen, enn hingstene som har minst slektskap til hver av hoppene. Hvis det i stedet hadde vært brukt hingst med minst slektskap til populasjonen, kunne hoppe og hingst vært i nær slekt. I tillegg ville alle hoppene paret med samme hingsten, eller de få hingstene, med minst slektskap til populasjonen. Dette ville resultert i at stor andel av avkommene blir halvsøsken og dermed øker slektskapet i populasjonen.

## **4.2 Scenarioenes stigning i slektskap i forhold til hverandre**

Resultatene angående gjennomsnittlig økning i slektskap fra år 0 til 60 (Figur 5) og stigningen i slektskap fra år 30 til 60 (Tabell 5) hadde ganske lik fordeling av scenarioene. Scenarioenes stigning i slektskap svarer i stor grad til forventningen om lavere gjennomsnittlig slektskap i populasjonen med reduserte kvoter for sesong og livstid. Det mest betydelige avviket i scenarioenes slektskap i forhold til de andre scenarioene i resultatene i Figur 5 og Tabell 5 var for scenario S48L15. I siste år av simuleringen var slektskapet i S48L15 lignende slektskapet i S48L10 og OCS50 (Figur 5), mens stigningen i slektskapet i S48L15 var mellom slektskapet i S71L15 og S95L05 (Tabell 5). Dette skyldes at i scenarioet



S48L15 var det en betydelig svakere stigning i slektskapet de første 30 årene, enn de siste 30 årene som stigningen i Tabell 5 var beregnet på. Gjennomsnittlig stigning i slektskap per år (Tabell 5) for scenarier med sesongkvote på 71 bedekninger var høyere for scenario med livstidskvote på 5 år enn for livstidskvote på 10 år som er uforventet, med standardfeilen overlapper konfidensintervallet. I andre scenarier med sesongkvoter på 95 eller 48, hadde scenarioene med livstidskvote på 10 år høyere stigning i slektskap enn scenarier med livstidskvote på 5 år. I Figur 5 var det høyere slektskap i S71L10 enn S71L05. Det skyldes antageligvis få replikater at S71L05 hadde så vidt høyere slektskap enn S71L10.

I scenarioene S71L10 og S48L15 kunne de største avkomsgruppene bli like store, på 720 og 710 avkom (Tabell 3). Resultatene viser at det ikke var store forskjeller mellom disse to scenarioene. I begge scenarioene var største avkomsgruppe størrelse på nesten 500 avkom i gjennomsnitt (Tabell 8), og det var like stor avlsframgang for egenskapene start og inntjening (Figur 8). Det var ikke stor forskjell i årlig stigning i slektskap mellom disse scenarioene (Tabell 5). Dette tyder på at det var det totale antall avkom, ikke spesifikt hvilken sesongkvote eller antall reproduktive år som var avgjørende for slektskapsutviklingen. I to andre scenarier, S48L10 og S95L05, var det også potensiale for like store avkomsgrupper på 480 og 475 (Tabell 3). Mellom disse to scenarioene var det noen større forskjeller. Scenario S95L05 hadde i gjennomsnitt 40 flere avkom i de største avkomsgruppene enn scenario S48L10 (Tabell 8). Stigningen i slektskap per år (Tabell 5) og avlsframgang for egenskapene inntjening (Figur 8) var også større for scenario S95L05 enn for S48L10 (Figur 8). Størrelsen på sesong- og livstidskvote var av betydning for forskjellene mellom disse to scenarioene, høyest sesongkvote, i forhold til høyest livstidskvote, ga høyest slektskap.

### **4.3 Hensyn til slektskap**

Effekten av at 25 % av oppdretterne tok hensyn til slektskap ved reproduksjon (OCS25) var mindre enn forventet i forhold til scenario tilnærmet dagens kvoter (S95L15). Effekten var større i scenarioet hvor 50 % av oppdretterne tok hensyn til slektskap (OCS50) fordi økning i slektskap var midt mellom de to ekstremene, OCS100 og S95L15 (Tabell 5). Da foreldrene hvert år ble splittet i to grupper for reproduksjon for lavt slektskap eller høy prestasjon, var det tilfeldig, ikke seleksjon for lavt slektskap eller EBV. I OCS gruppene var seleksjon av paringspartnere kun for lavt slektskap hos føllene, det var ikke vekt på seleksjon for prestasjon, som gir en annen fordeling av bruken av hingstene, enn i gruppene hvor

seleksjonen gikk kun på EBV for prestasjonsegenskapene. Dette resultere i at avkom etter OCS-paringer ikke fikk like høy EBV som avkom etter seleksjon kun for prestasjon. Slik at avkom etter OCS-paringene ikke ble brukt i like stor grad til avl fordi seleksjonen for å bli avlsdyr gikk på EBV. Det lavere slektskapet disse individene hadde ble ikke med videre i populasjonen. Olsen et al. (2013) observerte lignende med data fra virkeligheten på kaldblodstraveren med bruk av OCS for å maksimere avlsfremgangen under en gitt innavlsøkning, uten begrensninger på antall bedekninger. Der ble det selektert individer med høy EBV og andre individer med lavere slektskap for å holde innavlsraten under 1 % og 0,5 %. Der hadde individene som ble selektert med lavt slektskap som oftest lavere EBV. I scenario hvor 50 % av avkommene var resultat av valg av paringspartnere med OCS (OCS50) var det flere individer i OCS-gruppene for paringer som resulterte i føll med lavt slektskap enn i OCS25. Med like mange hopper og hingster i OCS-gruppen som for gruppene med seleksjon kun for prestasjon, var det større sannsynlighet for at individene som var resultat av disse paringene også hadde ganske høy EBV slik at de ble selektert til videre avl, enn i scenario OCS25.

## **4.4 Antall avkom og avkomsgruppestørrelser**

Både reduserte årlig kvoter og begrensning på antall år hingstene gikk i avl hadde effekt på redusert slektskap. Kvotene reduserte de største avkomsgruppestørrelsene og til en viss grad standardisere avkomsgruppestørrelsene mellom hingstene, og dermed reduserte de største genetiske bidraget etter hingstene. Forskjellene mellom scenarier i gjennomsnittlig stigning i slektskap (Tabell 5) kunne her best forklares av antall avkom etter hingsten med flest avkom (Tabell 8). Scenarioene med høyere stigning i slektskap hadde også større størrelse på største avkomsgruppe. Det var likevel tre scenarioer med høyere stigning i slektskap enn andre scenarioer med lignende størrelse på den største avkomsgruppen. Scenario med 25 % hensyn til slektskap (OCS25) hadde høyere stigning i slektskap, men færre antall avkom i største avkomsgrupper enn scenarioene S95L10 og S71L15. I scenarioet hvor bare 25 % av føllene var resultat av OCS, var det ikke så stor effekt på redusert slektskap i populasjonen. Fordi OCS-avkommene i svært liten grad ble avlsdyr for å få avkom med noe lavere slektskap, enn avkom etter seleksjon kun for prestasjon. Samtidig var det en årlig tilfeldighet om hingstene var i OCS-gruppene eller gruppe for kun vektlegging av prestasjonsegenskaper. Hingstene som tidligere år hadde fått mange avkom på grunn av høy EBV, hadde også fått høyt

slektskap til populasjonen og ville derfor ikke fått et stort antall avkom i årene hvor de var i OCS-gruppene. Det resulterte i mindre størrelse på avkomsgruppene for hingstene i OCS25.

To scenarioer med livstidskvoter på 5 år, og sesongkvote på 95 (S95L05) og 71 bedekninger (S71L05) hadde også forholdsvis høyt slektskap i forhold til antall avkom i største avkomsgrupper. Det var ingen tydelige matadorhingster fordi hingstene bare var i avl i 5 år. Fordi det var flere hingster som var de mest brukte hingstene, en ny hingst for minst hvert femte år. Dette skjedde over flere år, slik at det var mange hingster med ganske like store avkomsgrupper i disse scenarioene med livstidskvote på 5 år. Dette synes i Figur 7 hvor det var flatere stigning i antall avkom for de mest brukte hingstene i scenarioer med livstidskvote på 5 år i forhold til de andre scenarioene. Når kun de største avkomsgruppene i scenarioene sammenlignes med de andre scenarioene, hvor det er en mye mindre andel som har de største avkomsgruppene, blir sammenligningsgrunnlaget skjevt.

I scenarioer med livstidskvoter på 10 og 15 år var avviket mellom den teoretiske maksimale kvoten for antall avkom (Tabell 3) og størrelsen på de største avkomsgruppene (Tabell 8) større for livstidskvote på 15 år enn for livstidskvote på 10 år. I simuleringen drives det mer systematisk avl enn i virkeligheten. Det ga avkom med generelt høyere avlsverdier enn foreldrene. Avlsfremgangen erstattet bruken av eldre hingster i avl til fordel for yngre hingster. I scenarioer med lengre livstidskvote fikk ikke hingstene mulighet til å bruke livstidskvoten fullt ut, til tross for at det skulle vært mulig. Mellom scenarioene med livstidskvote på 15 og 10 år, var det mindre forskjell i største avkomsgrupper (Tabell 8), men større forskjell i stigning i slektskap (Tabell 7) enn mellom scenarier med livstidskvote på 10 og 5 år. Det ble høyt slektskap med livstidskvote på 15 og 10 år fordi de mest brukte hingstene hadde opparbeidet store avkomsgrupper, selv om hingstene ikke fikk like mange avkom de senere årene av livstidskvoten, i forhold til de tidligere årene.

## **4.5 Avlsframgang - BV**

Det er flere egenskaper i virkeligheten som inngår i seleksjonen enn det som er inkludert i denne simuleringen. Mangel på estimater for kårings-egenskapene for kaldblodstraver og korrelasjoner mellom alle egenskapene, gjorde at det var lavere sikkerhet på avlsframgang på egenskapene. Estimaten hadde stor spredning innen scenarier (Figur 8). Likevel viser Tabell

9 en økning i BV for alle egenskaper, spesielt for prestasjonsegenskapene inntjening og start, som det selekteres sterkest for.

Forskjellene i økning i BV for start og inntjening var små, og det var stort overlapp med standardfeilen mellom flere av scenariene. Dette med unntak for BV i scenario OCS100, fordi det ikke var vekt på BV i seleksjon av paringspartner. Forskjellene mellom scenarioene i BV for start kunne verken forklares av reduserte sesongkvoter eller lavere livstidskvoter. BV for inntjening kunne ha en økning med økte sesongkvoter, da det var signifikant forskjell i inntjening mellom S95L15 og de tre scenarioene med sesongkvote på 48 bedekninger. Det var kun noen av scenarioene med mest begrensende tiltak som hadde lavere økning i EBV i forhold til scenarioene med mindre begrensninger. Det var noen avvik med scenarioer med lavere kvoter som hadde høyere økning i BV for prestasjonsegenskapene. Dette var for eksempel scenarioene med livstidskvote på 5 år som hadde høyere fremgang i BV for begge prestasjonsegenskapene enn scenarioer med livstidskvote på 10 år, for sesongkvote på 95 og 71 bedekninger (Figur 7). Det var ikke ett scenario som hadde den største økningen i BV av alle scenarioene for begge egenskapene. Gjennomsnittlig slektskap i populasjonen ble redusert med lavere kvoter fra dagens sesongkvote og den største livstidskvoten, mens forskjellene i økt BV var mindre mellom scenarioene. Innavlslraten reduseres proporsjonalt mer enn avlsresponsen (Klemetsdal, 1999). Det tyder på at redusert avlsfremgang er av liten betydning som konsekvens av tiltak for å redusere slektskapet og innavlslraten.

## 4.6 Andre studier

Innavlsrate per år har tidligere blitt estimert til 0,0014 for perioden 1955-1985 og 0,00048 for perioden 1985-2003 (Olsen & Klemetsdal, 2009). Dette er lavere innavlslrate per år enn stigningen i slektskapet i denne simuleringen, med unntak av for scenario med bruk av OCS på hele populasjonen (Tabell 5). Reduksjonen i innavlslraten mellom de to periodene fra Olsen & Klemetsdal (2009) kan forklares ved at en hingst med forholdsvis lav innavlsgrad og slektskap til populasjonen ble brukt i stor grad. Stor bruk av en hingst økte slektskapet i populasjonen og samtidig reduserte innavlsgraden i populasjonen. Over tid vil innavlsgraden i populasjonen øke, da hingsten med opprinnelig lavt slektskap har fått et stort genetisk bidrag til populasjonen (Olsen & Klemetsdal, 2009). Gjennomsnittlig slektskap er et mer

robust mål enn innavlsraten, som ikke bare tar hensyn til slektskap mellom foreldre av avkom på individnivå, men mulighet for å kunne forvente fremtidig innavlsgrad.

Det er svært lite sannsynlighet for å kunne gjennomføre scenarioet med OCS i en slik populasjon med markedsbasert avl. Problemet med OCS er at det fratrer oppdrettere valgfriheten og hingsteeiere den økonomiske gevinsten, som kan være avgjørende for at de i det hele tatt driver med avlshingster. Likevel viser Olsen et al., (2013) at bruk av optimale bidrag hadde vært mulig for å begrense innavlsøkningen sterkt med simulering. Olsen et al., (2013) foreslår bruk av OCS for å rekruttere og godkjenne førstegangs avlshingster, samt for å bestemme om hingstene skal beholde avlstillatelsen senere år. Dette krever årlig arbeid for datainnsamling og beregninger. Et annet potensielt alternativ for å beholde den genetiske variasjonen i populasjonen er ved aktivt bruk av hingster fra flere små "klustere", altså deler av populasjonen som er mindre i slekt med andre deler av populasjonen, i populasjonen med lavere slektskap til paring, som bør byttes ut årlig (Olsen & Klemetsdal, 2018). Begge metodene krever arbeid og hyppige oppdateringer med nye dyr. Justering av sesongkvote og en begrensning på reproduktivt liv er enklere grep som kan igangsettes snarlig.

## **4.7 Holdninger hos hestefolket**

For avl som i stor grad er markedsbasert er det viktig å holde en balanse mellom tiltak slik at interessen for rasen ikke faller. Med for sterke tiltak kan folk slutte å avle på hestene når hoppeeiere ikke får velge like fritt mellom hingster å bruke til bedekning, og det kan føles påtvunget med andre hingster enn ønsket. For eiere av de mest populære hingstene medfører sterkt reduserte kvoter et større økonomisk tap. Dette kan medføre økte kostnader for bedekning med de mest populære hingstene. De eventuelt økte prisene på bedekning med de mest populære hingstene, kan gjøre at flere hoppeeiere vil vurdere hingster som er lavere rangert som en mer økonomisk gunstig mulighet. Dette kan bidra til å slippe flere hingster inn på markedet og spre bruken av hingstene.

I virkeligheten er det enkelte matadorhingster som har det store antallet avkom. Elding har fått over 1350 (Breedly, 2021a) registrerte avkom, og Järvsöfaks har fått 1170 avkom (Breedly, 2021b). Avkom som kryssning av linjene fra Elding og Järvsöfaks er populært. Spesielt en sønn av Elding, Moe Odin, er en annen hingst med en stor avkomsgruppe, på

1467 avkom (Breedly, 2021c). Markedskreftene gjør at hingster med god inntjening og avstamning blir svært populære og derfor brukt i mange år.

Fordelingen av bruken av hingstene i virkeligheten samsvarer ikke med prestasjonen alene. Andre hingster med nesten like god prestasjon, som den hingsten som er ansett som den beste, blir brukt til avl i vesentlig mindre grad. Disse kan ha like god, om ikke bedre, genetisk potensiale som eventuelt har blitt undertrykt av miljøvariasjon, og derfor kan være en god avlshingst. Hoppeeiere som skal bedekke kan velge å bruke de mest populære elitehingstene som har bygget seg opp et godt omdømme og merkevarenavn. Ved å bruke en hingst med et kjent navn for prestasjon, kan føllet være verdt mer ved tidlig salg, enn føll av hingster med mindre kjente navn. Oppdrettere kan derfor ha lett for å velge kjente elitehingster for å kunne selge avkom til høyere pris med forventning om gode prestasjoner. Over tid vil disse oppdretterne bygge seg opp et merkenavn. Andre oppdrettere som i større grad tar hensyn til lavt slektskap hos avkommene kan ha som mål å finne den neste "Elding". Med det menes en hingst med lavt slektskap til populasjonen og som presterer godt. Andelen oppdrettere med forskjellige oppfatninger av hvilke avlsmetoder som gir gode avkom, påvirker i stor grad slektskapet i populasjonen.

Konsekvens av livstidskvoter er i verste fall at folk mister interessen for rasen og at færre folk avler slik at populasjon blir mindre. Dette er antagelig mer negativt for rasen enn å ikke gjøre noen tiltak med strenge kvoter. Livstidskvoter kan også påvirke til å øke bruken av hingster i en tidlig alder. For å kunne tjene inn mest mulig fordi hingstene ikke kan gå i avl hele livet. Det kan tenkes at slektninger av de mest populære hingstene vil brukes i større grad, men det gjøres i noen grad allerede. Uansett er slektninger noe bedre i et innavls perspektiv enn stor bruk av den samme hingsten. I beste utfall blir livstidskvoter tatt imot på en god måte, som reduserer økning i gjennomsnittlig slektskap i populasjonen. Kortere livstidskvote gjør at generasjonsintervallet blir kortere. Slik at det blir brukt flere hingster til avl som er yngre og mindre i slekt med hoppene, som gir mindre variasjon i avkomsgruppe størrelsene. Det kan bremse innavlsraten, og samtidig gi raskere avlsfremgang fordi det aktivt rekrutteres nye hingster til avl med høyere EBV enn foreldre. Mildere tiltak kan ha mindre negativ effekt på folks interesse. Det er allerede en trend på færre fødte føll per år enn for 20-30 år siden. Det er derfor svært viktig å beholde interesse for rasen for å ikke redusere populasjonsstørrelsen ytterligere, som vil gjøre det enda vanskeligere å redusere og kontrollere innavlen.

## 4.8 Fremtidige tiltak

For å redusere innavlsutviklingen i populasjonen hadde det vært best å bruke OCS, men det er langt fra realistisk. Scenario med mest begrensende kvoter (S48L05) hadde laveste økning i slektskap og hadde derfor vært det beste scenarioet av de simulerte uten OCS, for å redusere innavlsraten. Statistisk sett har scenarioet S95L05 høyeste stigning i slektskap og som er signifikant forskjell fra S95L15, men en livstidskvote på 5 år er lite realistisk å få gjennomført med det første. På grunn av den markedsbaserte avlen er ikke disse scenarioene mulig, da de antagelig vil bli tatt i mot meget dårlig. Fra scenarioet nærmest dagens kvoter (S95L15) var det ikke nok at bare 25 % av populasjonen tok hensyn til slektskap, eller å bare redusere sesongkvoten til 71 eller bare redusere livstidskvoten til 10 år, for å få signifikant reduksjon i stigning i slektskap. Ved å kombinere minst to av disse tiltakene vil det være forventet en større reduksjon i gjennomsnittlig slektskap i populasjonen. Scenario med sesongkvote på 71 bedekninger i 10 år (S71L10) var det scenarioet med høyest antall maksimal antall avkom (Tabell 3) som hadde signifikant forskjell i stigning i slektskap fra scenarioet med kvoter nærmest dagens situasjon (S95L15).

Noen tiltak må til for å bremse utviklingen. Det må tas hensyn til at tiltak må aksepteres av de som driver avlen, uten å miste interessen for rasen. Hvor store reduksjoner i kvoten som bør gjøres avhenger også av om hvor stor andel av oppdretterne som tar hensyn til slektskap ved reproduksjon. Det var stor effekt av at halvparten av føllene var resultat av paringer for lavt slektskap (OCS50), omtrent like mye som ved å redusere sesongkvoten til 48 bedekninger i 10 år. Det ikke er behov for å sette like sterke begrensende kvoter om en større andel tar hensyn for lavere slektskap. For å øke andelen som tar hensyn til slektskap bør det formidles kunnskap om negative effekter av innavl, og vie midler som stimulerer avl for lavere slektskap slik som prosjektet avlssjansen. Målet med avlssjansen er å motivere avlere for å ta sjanse på parringer for spesielt lavt slektskap, gjennom doble premier i klasseløpene for “outcross”-individer (Vante, 2020).

En type livstidskvoter burde settes for å unngå matadorhingster med store bidrag som lager flaskehalser i populasjonen. Hvis livstidskvoter settes i forhold til antall reproduktive år hvor sesongkvoten kan benyttes fullt ut hvert år bør den helst settes til 10 år, da en kvote på 5 år i all sannsynlighet ikke vil bli akseptert av avlerne. I det minste burde en reproduktiv alder på 15 år settes. Det har vært matadorhingster som har fått holdt på i nesten 20 år og fått store

avkomsgrupper. Ved å fortsette med sesongkvoter, og da i kombinasjon med livstidskvoter som antall reproduktive år, vil størrelsen på sesongkvoten avhenge av lengden på livstidskvoten. I det minste bør det enten beholdes sesongkvote på 95 men sette livstidskvote på 10 år, eller å ha en høyere livstidskvote på 15 år, men da redusere sesongkvoten 25 % fra dagens sesongkvote. Da burde også en større del ta hensyn til slektskap. Starte med disse tiltakene, se respons for videre senke livstidskvote til 10 år og sesongkvoten til 71 bedekkniger, om det er behov for ytterligere tiltak. Klemetsdal (1999) viste at innavlstraten økte med antall år hingster går i avl og med antall kårede sønner av samme hingst. Det burde derfor settes en grense på antall kårede hingster som er avkom etter samme hingst. Det kan bidra med å redusere slektskapet i populasjonen om hingster utranteres fra avl etter et gitt antall kårede avkom. Øvre grense for antallet kårede hingster etter samme far ble anbefalt satt til 6 fremfor 10 kårede sønner (Klemetsdal, 1999).

Hvis det heller skal tas utgangspunkt i levende fødte føll, gir det ikke lenger mening med begrensning på antall reproduktive år. I stedet kan det settes en kvote som tilsvarer maksimalt antall avkom i kombinasjon av sesong- og livstidskvote, med hensyn til føllprosenten. Dette er ikke simulert, men for å tilsvare blir det på maksimalt 500 avkom. En livstidskvote bør settes i sammenheng med en kvote på antall bedekninger hvert år for å ikke få for mange avkom av samme hingst til samme tid, slik at en stor andel av avkommene blir halvsøsken samtidig.

Andre tiltak som ikke går direkte på kvoter er ytterligere hensyn til pkt. 3.2.3 i avlsplanen, kåre flere hingster med lavt slektskap og lav innavlsrate. Kombinert med lavere krav til prestasjon for å kåre hingster, spesielt på unge hingster for å få de tidligere ut i avl. Det bør tas større hensyn til negative helse-eksteriørtrekk fordi det kan uttrykke innavlsdepresjon.

For å stimulere til lavt slektskap er det mulighet for å sette lavere kvoter, og at paringer for lavt slektskap går utenom kvoten. Det er behov for klare og tydelige rammer for hvilke krav som skal til for at paring ikke teller på kvoten på grunn av lavt slektskap. Det kan være de samme som kravene for å bli kåret med pkt 3.2.3 i avlsplanen (Det Norske Travelskap, 2019), i forhold til slektskap til referansepopulasjon (Furre, 2020). Hvis det er nok med at hingsten er innenfor rammene med lavt slektskap betyr det at den har fri kvote. Det må rettes oppmerksomhet til eventuelle negative konsekvenser av dette, da det kan være sjans for en ny "Elding". I skiftet fra Steggbest til Eldig var det potensiale for en periode med lavere



innavlsrate, men den vil øke igjen med de høye avkomsgruppene (Olsen et al., 2013). Uten kvoter på hingster med lavt slektskap kan dette skje igjen uten at det blir varige forbedringer. En løsning kan være at dette kravet må gjelde for både hingst og hoppe for at det ikke skal gå på kvoten. Det hadde vært mer optimalt om kravet hadde vært lavt slektskap mellom hingsten og hoppa, for at paringene ikke skulle telle på kvotene.

Informasjon om hingsters og hoppers slektskap til populasjonen bør være lett tilgjengelig. Det er viktig for at oppdretter skal ta gode valg om hvilke hopper som skal bedekkes med hvilke hingster, for å redusere gjennomsnittlig slektskap i populasjonen og innavlsgraden. Et individ med høy innavlsgrad kan likevel ha lavt slektskap til populasjonen. Bruk av flere hingster med lavt slektskap til populasjonen i avl vil redusere gjennomsnittlig slektskap i populasjonen og på den måten redusere innavlsraten. Samtidig er det vesentlig at avkom som er resultat av paringer for lavt slektskap reproducerer, og særlig med andre individer med lavt slektskap for å bevare effekten. Dette kan gi en “outcross”-mulighet om en effekt av innavlsdepresjon skulle være fremtredende i populasjonen. Dersom en stor del av populasjonen skulle lage avkom med lavt beslektede hingster er det risiko for maximum avoidance of inbreeding (MAI) (Farestveit, 2009; Olsen & Klemetsdal, 2007). Problemet med MAI-seleksjon er at valg av paringspartnere ikke foregår i kontrollerte former som derfor ikke tar hensyn til det generelle slektskapet i hele populasjonen. I små populasjoner vil ofte de samme få hingstene være de med lavest slektskap til en stor andel av hoppene som bedekkes. Dette reduserer innavlen i neste generasjon, men når disse avkommene selv skal reproduseres er mange av disse halvøsken som øker problematikken med å finne paringer for lavt slektskap (Farestveit, 2009; Olsen & Klemetsdal, 2007). Til tross for at avkom av halvøsken ikke sertifiseres i ST/DNT, vil slektskapet fortsatt være høyt i generasjonen etter slik at innavlsøkningen utsettes til neste generasjon.

Slektskapet i populasjonen er i bunn og grunn bestemt av oppdretteres holdninger og valg. Ved å stimulere til paringer som reduserer slektskapet i populasjonen uten begrensninger på kvoter kan det oppnås betydelig effekt i form av redusert økning i slektskap i populasjonen. Hoppeiere må ha tilgang på riktig, god og oppdatert informasjon for å velge paringspartnere som gir avkom med lavt slektskap til populasjonen og samtidig god potensiell avlsverdi. En slik nettbasert enkel tjeneste finnes allerede i dag (breedly testparinger). Et av problemene kan være lav tiltro til avlsverdiene og BLUP-avlsverdiberegningen. Kaldblodsforeningen Veikle Balder har i 2017 uttrykt misnøye med den gjeldende beregningen og foreslått en

oppgradering av beregningsmodellen for BLUP-indeks (Eng, 2017). Dette var på grunnlag av at den var basert på varmbloodstraver og at det var færre parametere med i beregningen. I tillegg argumenteres det med lengre generasjonsintervall og senere utvikling enn hos varmbloodstraveren (Eng, 2017). For å få hestefolket til å stole på avlsverdien som beregnes bør modellen forbedres for bedre tilpassing til kaldbloodstraveren og informasjon om faktorer som påvirker variasjonen. Ved større tiltro til avlsverdivurderingen kan en slik løsning som breedly testparinger være mer virkningsfull. En oppgradering av dette verktøyet har potensielle forbedringer. Per dags dato må det legges inn navn på både hingst og hoppe, for å se estimer på avlsindeks og innavlskoeffisient i det potensielle avkommet. Et bedre verktøy for hoppeeiere som skal bedekke, burde foreslå rangerte hingster med avlsverdier og lavt slektskap til hoppa. På den måten er det enkelt for hoppeeiere å se hvilke tilgjengelige hingster som er en god paringpartner til sin hoppe for å beholde genetisk variasjon og avlsfremgang. Med tiden kan det endre tankesettet til oppdrettere som kan gi en mer langsiktig løsning på innavlsproblematikken som er i populasjonen. Olsen & Klemetsdal, (2018) foreslår lignende som en vei mot bruk av OCS.

## 4.9 Videre studier

Det to scenariene med at 25 % og 50 % av populasjonen tok hensyn til slektskap ble kun simulert basert på scenarioet som er tilnærmet dagens situasjon (S95L15). På grunn av at simulering med bruk av OCS var svært tidkrevende kjøring, ble det ikke simulert tilsvarende med hensyn til slektskap for de andre åtte scenarioene som er kombinasjon av sesong- og livstidskvoter. Det ble valgt S95L15 for å se effekt av at en andel tar hensyn til slektskap uten andre begrensninger på kvoter. Videre hadde det vært av interesse med resultater av at 25 % og 50 % av oppdrettere tar hensyn til slektskap, basert på scenarier som er kombinasjoner av andre sesong- og livstidskvoter. Det kunne gitt bedre innsyn om trenden med større effekt på redusert slektskap av større andel oppdrettere som tar hensyn stemmer, eller om det er en tilfeldighet som resultat av relativt få replikater. Det kunne også vært mulighet for å undersøke hvor stor andel av oppdretterne som må ta hensyn til slektskap for å ha en innavlsrate under 1 %, med andre sesong og livstidskvoter.

## 5. Konklusjon

Den høye innavlsraten i den norsk-svenske populasjonen av kaldblodstraver kan effektivt reduseres med å igangsette tiltak som reduserer slektskapsøkningen i populasjonen. Dette ble oppnådd, som forventet, best ved bruk av seleksjon for optimale bidrag (OCS) med sterkt fokus på å redusere slektskapet i hele populasjonen. Fordi en slik metode fratar oppdrettere valgfriheten er ikke denne metoden gjennomførbar med det første. Slektskapet i populasjonen ble sterkt redusert med reduserte sesongkvoter, men også med å redusere hingstens antall aktive år for reproduksjon. Reduserte årlige bedekningskvoter i kombinasjon med en øvre grense på antall aktive år for reproduksjon for hingster ga effekt på slektskapet i populasjonen. Dette er enkle grep som kan igangsettes relativt raskt for å bevare den genetiske variasjonen ved å forhindre store avkomsgrupper. Stimulere til gode valg av paringspartnere er også en metode med effekt, som gjør at det ikke er behov for å sette like sterke begrensninger. Effekten avhenger av hvor stor andel av populasjonen som tar hensyn til slektskap. Dette krever andre virkemidler og endring av holdninger hos hestefolket og oppdrettere for å få effekt på lengre sikt.

## 6. Referanser

- Breedly. (2021a). Elding (NO) Förärvning som far. Sist oppdatert 02.08.2021. Tilgjengelig fra: <https://www.breedly.com/horse/elding-no-1983-no-n-83-0337/children> (lest: 04.08.2021)
- Breedly. (2021b). Järvsöfaks (SE) Förärvning som far. Sist oppdatert 02.08.2021. Tilgjengelig fra: <https://www.breedly.com/horse/jarvsorefaks-se-1994-80646/children> (lest: 04.08.2021)
- Breedly. (2021c). Moe Odin (NO) Förärvning som far. Sist oppdatert 02.08.2021. Tilgjengelig fra: <https://www.breedly.com/horse/moe-odin-no-1997-no-n-97-0203/children> (lest: 04.08.2021)
- Büttgen, L., Geibel, J., Simianer, H. & Pook, T. (2020). Simulation Study on the Integration of Health Traits in Horse Breeding Programs. *Animals*, 10(7). doi: 10.3390/ani10071153.
- Det Norske Travselsskap (u.å.). Forklaringstekstny - Avlsindeks for kaldblodshest.doc. Tilgjengelig fra: <http://www.travsport.no/Global/Dokumenter%20Avl/Forklaringstekstny%20-%20Avlsindeks%20for%20kaldblodshest.doc>
- Det Norske Travselsskap (2019) Avlsplan for kaldblodstraver. Tilgjengelig fra: <http://www.travsport.no/Global/www.travsport.no/Statistikk/2017/Sport/AVLSPLAN%20FOR%20KALDBLODS%20TRAVER%202020.pdf>
- Doublet, A.C., Restoux, G., Fritz, S., Balberini, L., Fayolle, G., Hozé, C., Laloë, D. & Croiseau, P. (2020). Intensified Use of Reproductive Technologies and Reduced Dimensions of Breeding Schemes Put Genetic Diversity at Risk in Dairy Cattle Breeds. *Animals*, 10(10). doi: 10.3390/ani10101903.
- Eng, F. (2017). Vedrørende beregning av avlsverdi for kaldblodshester. Kaldblodsforeningen Veikle Balder. Elverum: 18.08.2017. Tilgjengelig fra: chrome-extension://oemmndcblboiebfnladdacbfmadadm/<https://veiklebalder.no/wp-content/uploads/2017/12/blup-indeks-kaldblod.pdf>
- Farestveit, I. (2009). Innavlsutvikling og avlsstrategiar hos dølehest og nordlandshest/lyngshest i perioden 1999-2007. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- FAO - Food and Agriculture Organisations. (1998). Secondary Guidelines for Development of National Farm Genetic Resources Management Plans. Management of small Populations at Risk.

- Furre, S. (2020) Bruk av slektskap i kåringsavgjørelser. Tilgjengelig fra: <http://www.travsport.no/Nyhetsarkiv/2020/November/Bruk-av-slektskap-i-karingsavgjorelser/> (lest: 06.08.2021)
- Haadem, C., Nødtvedt, A., Farstad, W. & Thomassen, R. (2015). A retrospective cohort study on fertility in the Norwegian Coldblooded trotter after artificial insemination with cooled, shipped versus fresh extended semen. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57. doi: 10.1186/s13028-015-0161-8.
- Klemetsdal, G. (1993). Demographic parameters and inbreeding in the Norwegian trotter. *Acta Veterinaria Scandinavica, Sect. A - Animal Science*, 43 (1):1–8. doi: 10.1080/09064709309410138.
- Klemetsdal, G. (1998). The effect of inbreeding on racing performance in Norwegian cold-blooded trotters. *Genetics Selection Evolution*, 30 (4):351–366. doi: doi.org/10.1186/1297-9686-30-4-351.
- Klemetsdal, G. (1999). Stochastic simulation of sire selection strategies in North-Swedish and Norwegian cold-blooded trotter. *Livestock Production Science*, 57 (3):219-229. doi: 10.1016/S0301-6226(98)00177-8.
- Meuwissen T.H.E. & Woolliams J.A. (1994). Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theoretical and Applied Genetics*, 89 (7-8):1019–1026. doi: 10.1007/BF00224533
- Meuwissen T.H.E. (1997). Maximising the response of selection with a predefined rate of inbreeding. *Journal of animal science*, 75 (4):934–940. doi: 10.2527/1997.754934x
- Norsk Hestesenter (2020). Nøkkeltall om de nasjonale hesterasene - RAPPORT FOR 2019. Tilgjengelig fra: <https://www.nhest.no/getfile.php/4781193.2562.bpnmnpbbkuzkm/nokkeltallsrapport2019.pdf>
- Olsen, H.F. & Klemetsdal, G. (2007). Bevaringsstrategier hos dølehest og nordlandshest/lyngshest. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap. Husdyrforsøksmøtet, Lillestrøm 14.-15. februar 2007
- Olsen, H.F. & Klemetsdal, G. (2009). Innavlsutvikling hos kaldblodstraver. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Olsen, H.F., Klemetsdal, G., Ødegård, J. & Årnason, T. (2012). Validation of alternative models in genetic evaluation of racing performance in North Swedish and Norwegian cold-blooded trotters. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 129 (2):164-170. doi: 10.1111/j.1439-0388.2011.00943.x

- Olsen, H.F., Meuwissen, T. & Klemetsdal, G. (2013). Optimal contribution selection applied to the Norwegian and the NorthSwedish cold-blooded trotter – a feasibility study. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 130 (3):170-177. doi: 10.1111/j.1439-0388.2012.01005.x.
- Olsen, H.F. & Klemetsdal, G. (2018). Clustering the relationship matrix as a supportive tool to maintain genetic diversity in the Scandinavian cold-blooded trotter. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 69 (1-2):109-117. doi: 10.1080/09064702.2018.1542452
- Pook, T. (2020). MoBPS: Modular Breeding Program Simulator. R package version 1.6.37.
- Pook, T., Schlather, M., & Simianer, H. (2020). MoBPS - Modular breeding program simulator. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(6), 1915– 1918. doi: 10.1534/g3.120.401193
- Raudsepp, T., Finno, C.J., Bellone, R.R. & Petersen, J.L. (2019). Ten years of the horse reference genome: insights into equine biology, domestication and population dynamics in the post-genome era. *Animal genetics*. doi: 10.1111/age.12857
- RStudio Team (2021). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. Versjon 1.4.1106. Tilgjengelig fra: <http://www.rstudio.com/>.
- Selle, T. (2010). Genetisk analyse av utstillingsresultat for dei norske hesterasane dølehest, fjordhest og nordlandshest/lyngshest. Masteroppgave. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/185970/2010-selle.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Simianer, H., Büttgen, L., Ganesan, A., Ha, N.T. & Pook, T. (2021). A unifying concept of animal breeding programmes. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 138 (2): 137-150. doi: 10.1111/jbg.12534
- Vatne, M. (2020). AVLSSJANSEN– Et stimulerende tiltak mot innavl hos kaldblodstraveren. Veikle Balder.
- Velie, B.D., Solé, M., Fegraeus, K.J., Rosengren, M.K., Røed, K.H., Ihler, C.F., Strand, E. & Lindgren, G. (2019). Genomic measures of inbreeding in the Norwegian–Swedish Coldblooded Trotter and their associations with known QTL for reproduction and health traits. *Genetics Selection Evolution*, 51. doi: 10.1186/s12711-019-0465-7



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway