

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

NMBU Veterinærhøgskolen
Institutt for sport og familiedyrmedisin
Dyresykehuset Hest

Fordypningsoppgave 2022

Differensiering hest

En retrospektiv studie av føllingsrate per syklus og sesong hos norske fjordhesthopper etter inseminering

A retrospective study of per cycle and seasonal foaling rates in the Norwegian Fjord Horse after insemination

Helga Lindheim, Tonhild S. Tveiten og
Mathilde Wilmot
Kull 2016

Veiledere: Ingrid Holmøy og Caroline Haadem

Innhold

| | |
|--|----|
| Sammendrag..... | 4 |
| Definisjoner og forkortelser | 5 |
| Introduksjon | 6 |
| Norsk fjordhest og dens særpreg..... | 6 |
| Få avlsdyr og innavl | 8 |
| Samlingspunkt og seminstasjon | 10 |
| Anatomi av kjønnsveier hos hoppe | 11 |
| Brunst | 13 |
| Hormonene | 14 |
| Deteksjon av brunst..... | 15 |
| Naturlig bedekning | 19 |
| Seksuelt overførbare sykdommer..... | 19 |
| Inseminasjon..... | 21 |
| Insemineringsdose | 22 |
| Drektighetskontroll..... | 22 |
| Fruktbarhet | 23 |
| Mål for oppgaven | 25 |
| Materiale og metoder | 25 |
| Studiedesign | 25 |
| Innsamlingsprosessen..... | 25 |
| Inklusjonskriterier og eksklusjonskriterier for studiepopulasjonen | 26 |
| Utfallsvariabel | 27 |
| Forklaringsvariabel..... | 27 |
| Statistisk analyse | 28 |
| Resultater..... | 29 |
| Studiepopulasjon | 29 |
| Deskriptive funn..... | 30 |
| Føllingsrate per syklus og per sesong | 32 |
| Signifikant forskjell i føllingsrate basert på semintype..... | 32 |
| Brunstsykluser..... | 32 |
| Insemineringer per syklus | 34 |
| Alder..... | 36 |

| | |
|---|----|
| Avlsstatus før inseminering..... | 36 |
| Multivariabel analyse av føllingsrate per syklus..... | 38 |
| Diskusjon..... | 40 |
| Effekt av antall inseminasjoner per brunst på føllingsrate..... | 43 |
| Inseminasjonsmetode og effekt av inseminasjonstidspunkt på føllingsraten..... | 44 |
| Effekten av hoppas alder på føllingsrate..... | 45 |
| Alder på hingst brukt til inseminasjon..... | 46 |
| Sædkvalitet og håndtering av sæd..... | 47 |
| Fruktbarhet..... | 48 |
| Studiens validitet..... | 50 |
| Informasjons bias..... | 50 |
| Ikke målte konfunderende faktorer..... | 50 |
| Intern validitet..... | 50 |
| Ekstern validitet..... | 51 |
| Konklusjon..... | 52 |
| Takk til bidragsyttere..... | 52 |
| Summary..... | 52 |
| Referanser..... | 54 |

Sammendrag

- Tittel:* En retrospektiv studie av føllingsrate per syklus og sesong hos norske fjordhestopper etter inseminering
- Forfattere:* Helga Lindheim, Tonhild S. Tveiten og Mathilde Wilmot
- Veiledere:* Ingrid Holmøy og Caroline Haadem, Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet, Institutt for Sports- og familiedyrmedisin, Dyresykehuset hest.

Norsk fjordhest er en truet norsk hesterase hvor bedekningstallet innen rasen har hatt en nedadgående trend over de siste 20 årene. Målet med oppgaven er å kartlegge føllingsrate per syklus og per sesong etter inseminering hos norsk fjordhest. Videre ønsker vi å undersøke om ulike faktorer vil påvirke føllingsraten.

Opgaven er en retrospektiv kohortstudie. Datamateriale over registrerte inseminasjoner av norske fjordhestopper og ved bruk av hingster oppstallet ved Norsk Fjordhestsenter i perioden 2004-2020 ble samlet inn og analyser ble gjennomført for å regne ut føllingsrate per syklus og per sesong. Det ble gjort logistiske regresjonsanalyser for å undersøke om ulike forklaringsvariabler signifikant gav høyere eller lavere føllingsrate.

Føllingsraten lå på 47,3 % per syklus og 57,5 % per sesong. For hopper inseminerte med fersk sæd lå føllingsraten på 54,4 % per syklus og 64,6 % per sesong. For hopper inseminerte med kjølt, transportert sæd, lå føllingsraten på 31,2 % per syklus og 39,8 % per sesong. Negative faktorer for føllingsraten er inseminasjon med kjølt transportert sæd per syklus samt alder på hoppe over 16 år. Det er større odds for å få levende føll dersom hoppa har fått levende føll året før, samt ved inseminering to eller tre ganger per syklus.

Denne studien viser at føllingsraten hos norsk fjordhest er lavere enn hos andre raser, som blant annet norske kaldblodstravere og varmbloedstravere i andre land. Resultatet antyder at hoppas alder og insemineringsmetode påvirker føllingsraten, og fjorårets avlsstatus kan gi en indikasjon på hvor sannsynlig det er at hoppa får føll etter ny inseminering.

Definisjoner og forkortelser

| | |
|-------------------------|---|
| NMBU | Norges miljø og biovitenskapelige universitet |
| NFS | Norsk Fjordhestsenter |
| NHS | Norsk Hestesenter |
| NFL | Norges Fjordhestlag |
| FHI | Fjord Horse International |
| GnRH | Gonadotropin releasing hormone |
| LH | Luteinizing hormone |
| FSH | Follicle-stimulating hormone |
| CL | Corpus luteum |
| CH | Corpus hemorrhagicum |
| PGF_{2α} | Prostaglandiner |
| CEM | Contagious equine metritis |
| EHV | Equine herpesvirus |
| FS-tall | Fruktbarhetsstatus |
| KI | Konfidensintervall |

| | |
|------------|-------------------------------|
| OR | Odds ratio |
| hCG | Human chorionic gonadotrophin |

Introduksjon

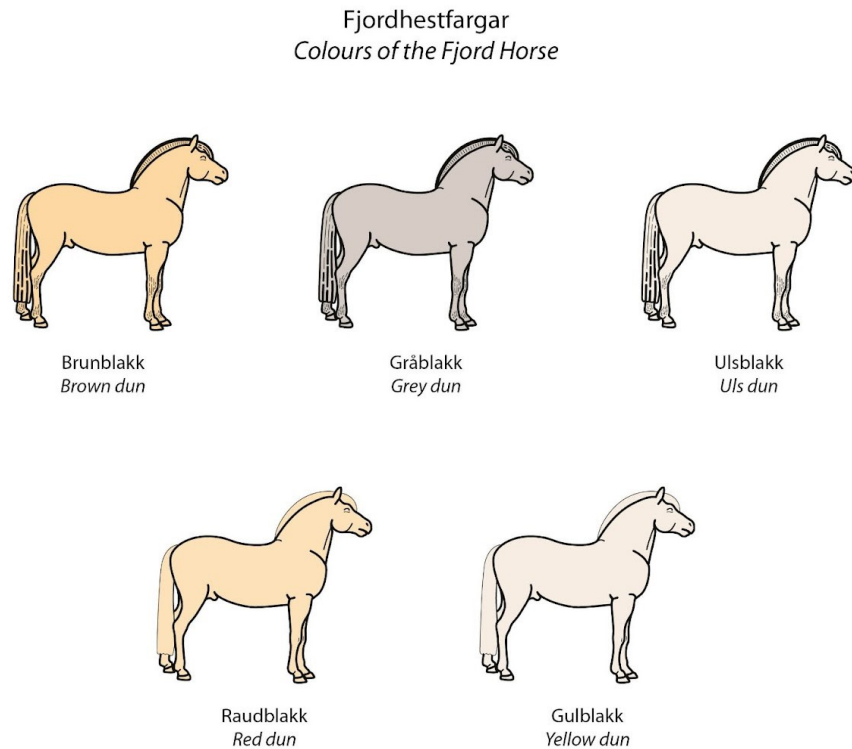
Fruktbarhet og føllingsrate er av stor betydning for avlsfremgangen i en liten hesterase som norsk fjordhest. Gjennom denne fordypningsoppgaven kartlegges føllingsraten per syklus og per sesong etter inseminasjon med sæd fra hingster på seminastasjonen ved Norsk Fjordhestesenter i perioden 2004-2020. I tillegg vil vi undersøke om ulike faktorer, som for eksempel inseminasjonsmetode, alder på hoppe og antall inseminasjoner per syklus vil kunne ha en positiv eller negativ påvirkning på føllingsraten.

For å få en dypere forståelse av fjordhestens viktige anker i Norges historie samt viktigheten av de anatomiske strukturer og reproduksjonsarbeidet ønsker vi å innlede oppgaven med en litteraturred. Her tar vi for oss fjordhestens utvikling fra 1800-tallet, anatomi av kjønnsveier, reproduksjonsfysiologi, deteksjon av brunst, befruktningsmetoder samt fruktbarhet hos ulike hesteraser.

Norsk fjordhest og dens særpreg

Norsk fjordhest er en norsk hesterase som opprinnelig stammer fra hester som har vært til stede i de norske kyst- og fjordbygdene de siste tusen årene (Dahle, 2006). Rasen er en av de fire nasjonale hesterasene i Norge sammen med dølahest, nordlandshest/lyngshest og kaldblodstraver. Fjordhesten er særegen med sin blakke farge, primitive avtegn, sitt rolige lynne og vennlige temperament (Dahle et al., 2004). Avtegnene fjordhesten er kjent for er blant annet det gjennomgående mørke partiet som starter i panneluggen, går gjennom midtstolen i manen, videre som en ål over midtlinjen på ryggen og helt ut i halen. I tillegg har noen fjordhester striper på tvers av beina, tverrstriper over manken, og i sjeldnere tilfeller små brune flekker på lår og kjeve (Dahle, 2006; Norsk hestesenter, 2020). Fjordhestens blakke farge finnes i fem varianter, som illustrert i figur 1; brunblakk, ulsblakk, rødblakk, gulblakk

og grå. Høyden på fjordhesten varierer en god del, men det er ønsket at de er mellom 135 og 150 cm i følge avlsplanen for fjordhest (Norges Fjordhestlag, 2022).



Figur 1: Oversikt over fjordhestens fem farger, (Fjordhestfargar, 2022)

Tradisjonelt var fjordhesten en trekraftig hest som ble brukt i kombinasjon med tradisjonelle jordbruksredskaper til gårdsarbeid på Vestlandet på 1800-tallet. Med tiden ble fjordhesten gradvis brukt mer til slede- og vogntransport og var blant annet en viktig bærebjelke i turisttransporten fra rundt år 1880 og utover 1900-tallet. Fjordhesten var en solid og hardfør hest som egnet seg til diverse oppgaver, blant annet ble de brukt som arbeidshester i jordbruket og kløvhester i krigsårene og etterkrigstiden. Fokuset på å avle frem en ren fjordhestrase slo for alvor inn på 1800-tallet, frem til da var det vanlig å krysse fjordhest og dølahest (Dahle, 2006). På den tiden så man stor forskjell på de noe mindre, lettere og edle fjordhestene sør på Vestlandet til de større og grovere fjordhestene nord på Vestlandet.

I Norge er det anslått at det finnes mellom fem og seks tusen fjordhester. Totalt i verden ligger populasjonen på omkring 80 000 fjordhester, der de fleste er å finne i Europa, samt noen i Nord-Amerika, Sør-Amerika og Australia. Ifølge boken “Fjordhesten i Noreg” er det

derfor ingen fare for avlsmateriale til fjordhesten, da det med import er rom for å hente inn hester med lite slektskap til den norske populasjonen (Dahle, 2006). Likevel er det bekymringsverdig få avlsdyr registrert her i landet, rasen er utrydningstruet i Norge og bedekningstallene er lave. Som en del av Riokonvensjonens bestemmelser om å bevare biologisk mangfold har den norske regjeringen startet et bevaringsarbeid for de norske hesterasene for å opprettholde mangfoldet og iverksette stimulerende tiltak. Målet er å snu nedgangen i antall bedekninger og få øket antallet hester innen de norske hesterasene (Landbruks- og matdepartementet, 2016).

Få avlsdyr og innavl

Tallet på fjordhest-hingster og hopper som er brukt i avlen har sunket drastisk siden slutten av 1900-tallet, med 700 registrerte bedekte hopper i 1994 og ned til om lag 400 bedekte hopper i 2005 (Furre, 2016). Sammen med de synkende bedekningstallene har føllingsraten ligget stabilt på omkring 60 %. Den aktive avlspopulasjonen av norsk-registrerte fjordhester i 2020, og registrert i 2019 står i parentes, var på 271 (247) avlshopper og 54 (41) hingster, noe som tilsier en relativt liten populasjon (Norsk hestesenter, 2020). I en kort periode etter andre verdenskrig hadde fjordhesten en form for storhetstid der antallet var stort og bøndene hadde god nytte av dem. Det gikk dog ikke mange år før jordbruket ble mekanisert og nytteverdien til hestene falt drastisk. Fra år 1950 til 1955 sank antall innmeldte unghester til utstilling med nesten 60 prosent, og kun 12 hingster møtte til hingsteutstilling i 1955. Hestene ble fjernet fra landbruksskolene og fokuset på arbeidshesten forsvant i veterinærmedisin og ble erstattet av en økende interesse for trav- og ridehester (Dahle, 2006).

Norges Fjordhestlag (NFL) ble etablert i år 1949 som følge av at flere lokallag slo seg sammen, med et mål om å danne et lag med en felles stemme for fjordhestfolket over hele landet. Flere fjordhesthingster og-hopper ble på 70- og 80-tallet eksportert til utlandet. Rasen viste seg å være godt egnet innenfor ulike sportsgrener og særlig godt likt blant unge. Obligatoriske bruksprøver ble innført som del av kåring av hingster og i 1986, og det ble også gradvis innført konkurranse i kjøring og ridning for hopper i forbindelse med hoppeutstilling. I 1986 gikk det aller første norgesmesterskapet for fjordhest av stabelen i Førde med fokus på å kåre de beste brukshestene. Norgesmesterskapet startet opp som en enkel konkurranse som med årene har blitt utviklet til et stort arrangement kalt "Fjordhestveka". Alle de viktigste

aktivitetene for fjordhesten tar plass under arrangementet og det er en god arena for å vise frem rasen og hestenes mangfoldige bruksfelt. I dag blir fjordhesten fremdeles noe brukt i jordbruk og skog, men i mye større grad blir fjordhesten brukt i forskjellige former for sport, terapi og rekreasjon. Den internasjonale organisasjonen Fjord Horse International (FHI) ble etablert på slutten av 1900-tallet og i 2003 ble ansvarlige representanter fra ti forskjellige land invitert til å underskrive intensjonene om å lage felles retningslinjer til en internasjonal dommerhåndbok ved utstillinger på vegne av Norsk Hestesenter (NHS), NFL og NHI. Etter tre år kom den internasjonale håndboken i stand som var basert på raseskildringer fra den norske avlsplanen (Dahle, 2006).

I avlsplanen for fjordhest legges det vekt på å overvåke innavlsgraden hos norsk fjordhest ved siden av fokuset på bruksegenskaper og eksteriør (Rydjord Hansen, 2017; Norges Fjordhestlag, 2022). Målet er å ta vare på fjordhestens særpreg, mangfold og egenskaper, samtidig som at avl skal gi sunne og funksjonsdyktige dyr. Avlsfremgangen vil gå sakte på grunn av det lave antallet avlsdyr tilgjengelig, og med et langsiktig fokus på mange forskjellige egenskaper samtidig. Blant annet er helse, lynne, bruksegenskaper, holdbarhet, fruktbarhet og farge viktige å avlen. Samtidig skal innavl forebygges for å unngå tap av genmateriale. Et strukturert og langsiktig avlsarbeid vil være viktig for å kunne sikre fjordhestpopulasjonens levevilkår i en kulturell sammenheng (Norges Fjordhestlag, 2022). I 2017 satte NFL i samarbeid med norsk dølahest, nordlandshest/lyngshest og Norsk Hestesenter (NHS) i gang et nytt prosjekt kalt Hoppeprosjektet. Dette var et treårig prosjekt som ble finansiert av prosjektmidler med mål om å identifisere spesifikke hopper med gunstig genmateriale og dekke disse med gunstige hingster som tiltak for å kunne holde på den genetiske variasjonen. Fra og med 2020 tildeler NHS årlig faste midler ment for avlstiltak og prosjekter i de forskjellige avlsorganisasjonene for norske hesteraser. I ettertid av Hoppeprosjektet (2017-2019) valgte NFL i 2020 å bruke avlsmidlene fra NSH til å leie inn en hingst, Myras Monrad, med en spesiell stamme som var mindre brukt i den norske populasjonen. I samarbeid med seminestasjonen på NFS ble han også tilgjengeliggjort for hopper i hele landet i form av transportsæd (Rydjord Hansen, 2017, 2020; Norsk hestesenter, 2020).

I 2009 ble det gjort en mer omfattende undersøkelse av innavlsituasjonen hos norsk fjordhest i en masteroppgaven "Genetisk variasjon og fargegenetikk hos fjordhest", skrevet av Mia Høiseth ved NMBU. Oppgaven var basert på 23866 individer registrert hos NSH i 2016 og

viste til at fjordhesten har et genetisk grunnlag stort nok til å kunne holde innavlsnivået stabilt. Dette er blant annet avhengig av at antallet bedekninger og fødte føll øker og er basert på beregninger av effektiv populasjonsstørrelse og endring i innavlsgrad per år (Høiseth, 2017). Johnsen and Seilen (2009) viser til at bruk av importerte hingster og unge hingster i senere år har hatt en positiv effekt på den genetiske variasjonen og bidratt til at innavlsraten har vært stabil. I følge internasjonale retningslinjer anbefales en maksimal inavlsrate på 0,5-1 % per generasjon (Woolliams et al., 2015). I studien av Johnsen og Seilen fra 2009 beregnet de at fjordhest hadde en innavlsrate på 0,47 %, mens Høiseth beregnet to innavlsrater ut fra avlssesongen 2015 basert på to ulike metoder hvor innavlsraten ble beregnet til henholdsvis 0,41 % og 0,58 %. Innavlraten vil variere fra generasjon til generasjon og avhenger av størrelse på og genetisk slektskap i referansepopulasjon (Høiseth, 2017). Dersom det blir stort tap av genetisk variasjon vil en innavlsdepresjon kunne forekomme og frekvensen av uønskede egenskaper kan øke. En synkende føllingsrate kan forekomme som en konsekvens av innavl (Klemetsdal and Johnson, 1989). Det er sentralt å ha en god oversikt over slektskapstrukturen ved fremtidig seleksjonsavgjørelser i det langsiktige avlsarbeidet til fjordhest for å forhindre enn økende innavlsrate (Høiseth, 2017).

Samlingspunkt og seminastasjon

NFS på Myroldhaug i Nordfjordeid har vært og er et sentralt samlingspunkt for fjordhesten både når det kommer til bruksprøver, utstillinger og avl. I over 15 år har fjordhestopper blitt inseminert på seminastasjonen, og gjennom tapping av stasjonshingster (Figur 2) har hingstene blitt tilgjengelig for hopper både nasjonalt og internasjonalt (Norsk Fjordhestsenter and Espe, 2022). Fjordhestsenteret er dermed en viktig bidragsyter i avlsarbeidet med oppstalling av hingster, sædtapping, inseminering og oppfølging av fjordhestopper etter inseminering på deres seminastasjon. Interessen for gode avlsdyr har vært tilstede siden 1800-tallet, og fra 1886 ble tradisjonene for utstillinger for fjordhest påbegynt i Nordfjordeid. Det startet som felles utstillinger for flere husdyrarter, deretter som regional utstilling for Sogn og Fjordane, men utviklet seg etter hvert til landsutstilling for hingster på våren. I dag er hingsteutstillingene på NFS ledende for fjordhestens rase på et internasjonalt plan og trekker til seg hesteinteresserte fra nært og fjern i både inn- og utland (Dahle, 2006).



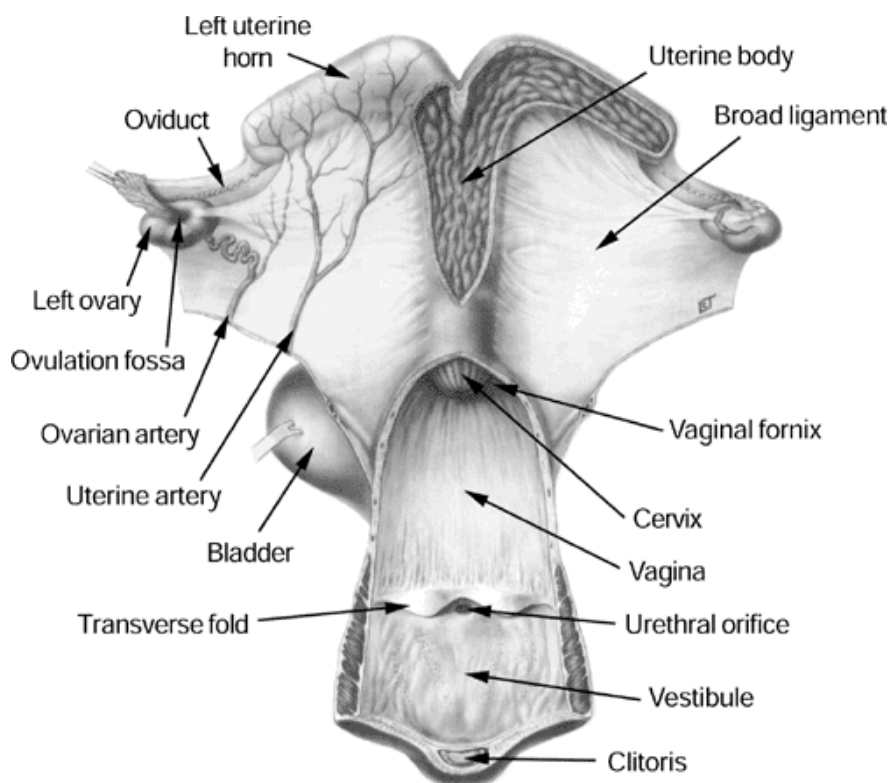
Figur 2: Tapping av hingsten Heggnes Balder (Hansen, 2017)

Anatomi av kjønnsveier hos hoppe

Reproduksjonstraktus hos hoppe inkluderer de ytre kjønnsveier: vulva, og de indre kjønnsveier: vestibulen, vagina, cervix og uterus. Disse organene utgjør sammen tre barrierer som skal beskytte de indre strukturene: uterus, egglederne og ovariene. Vulvaseglet utgjør den ytterste barrieren og beskytter inngangen til vagina. Ideelt sett skal 80 % av åpningen av vulva ligge under bekkenkanten. Det skal ikke være sår, arr eller misdannelser, slik at begge sidene av vulva ligger tett inntil hverandre og danner en effektiv barriere. Misdannelser i dette området kan føre til pneumovagina, det vil si at luft trekkes inn i vagina gjennom en åpen vulva som medfører en risiko for introduksjon av bakterier inn til cervix. Vagina er et langt, muskulært organ, som hos hoppa strekker seg gjennomsnittlig 18-23 cm dypt og er 10-15 cm i diameter. Den naturlige utformingen fører til at den ventrale vaginale veggen hviler mot toppen av os ischium i bekkenet og bidrar til en slags sammenfolding som utgjør en slimhinnefold, også kalt vestibulovaginalfolden. Dette er den andre naturlige barrieren som beskytter hoppes reproduksjonstraktus. Vestibulen utgjør den mest caudale/bakre delen av vagina og går fra vulva og framover til den vestibulovaginale folden, som markerer skillet

mellom vestibulen og den craniale/fremre delen av vagina. Urethra munner ut rett under vestibulovaginalfolden, som slik forhindrer at urin flyter bakover mot cervix. Cervix består av en tykkvegget, stram muskelring og utgjør den siste barrieren av hoppas naturlige anatomiske barrierer. Portio er den caudale delen av cervix, det vil si den delen som munner mot vagina. Utseende og og utflod fra cervix vil variere med hoppas brunstsyklus. Når hoppa er i diøstrus, altså ikke i syklus, vil cervix være sammentrukket, blek og gjennomsnittlig 6-8 cm lang samt 4-5 cm i diameter. Det vil være minimalt med sekresjon i dette stadiet. I østrus, altså brunst, øker sekresjon, cervix blir mer rosa og muskeltonus reduseres slik at portio protruderer mer ut i vagina. Utformingen og effektiviteten av disse barrierene vil variere både på individnivå samt gjennom brunstsyklusen (Morel and C. G, 2003; Noakes, Parkinson and England, 2009).

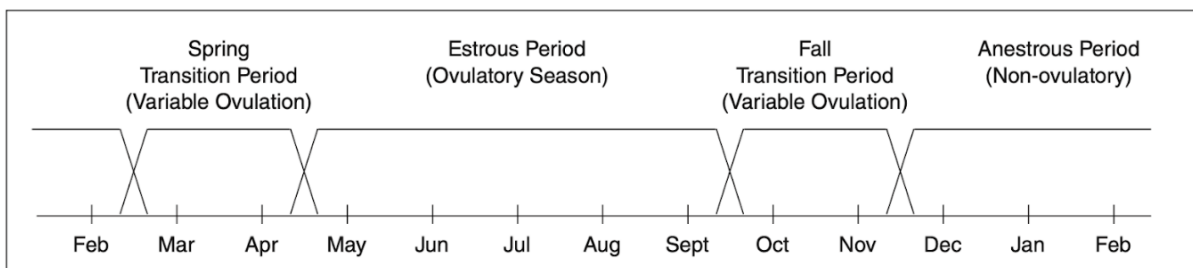
Uterus hos hoppe, illustrert i Figur 3, er et T-formet organ, med en kropp på rundt 18-20 cm lang og to horn, ca. 25 cm lange. Selve diameteren på hornene vil variere med hoppas syklus og kan variere fra 3-5 cm i diameter avhengig av om hoppa er i østrus eller ikke. Uterus størrelse og posisjon vil variere med hoppas alder samt antall føllinger. Eldre hopper har ofte større uteri. (Morel and C. G, 2003).



Figur 3: Reproduksjonsorgan hos hoppe (Ginther, 1992)

Brunst

For å kunne oppnå drektighet må hoppa insemineres eller bedekkes på riktig tidspunkt. Dette tilsier at man må ha god og korrekt kunnskap til hoppas brunstsyklus. Hoppa er sesongmessig polyøstral, det vil si at de har regelmessige sykluser gjennom vår- og sommerhalvåret, og vil normalt ikke være i brunst, og dermed i anøstrus, resterende deler av året (Noakes, Parkinson and England, 2009). Reproduksjonssyklusen hos hest er altså avhengig av fotoperiode, dvs. antall timer med dagslys i løpet av en 24-timers periode, og utskillelsen av melatonin fra epifysen. Utskillelsen av melatonin stimuleres av mørke, og inhiberes av lys. Med andre ord vil utskillelsen øke ved korte dager, slik som på høst/vinter under nordiske forhold og reduseres ved lengre dager, slik som på våren/sommeren. Melatonin påvirker videre utskillelsen av gonadotropiner, og som igjen er sentrale ved reproduksjonssyklusen. Hesten er avhengig av en økende fotoperiode, det vil si flere timer med dagslys og lavere produksjon av melatonin for å komme i gang med reproduksjonssyklusen (Tamarkin, Baird and Almeida, 1985; Sjaastad, Sand and Hove, 2010). Figur 4 gir en oversikt over sesongvariasjonen hos hoppe.



Figur 4: Sesongvariasjon hos hoppe (Giedt and Hiney, 2019)

Anøstrus på vinterhalvåret etterfølges av en overgangsfase før hoppa kommer i regelmessig østrus på vår- og sommerhalvåret. Denne perioden karakteriseres av lengre eller irregulær brunstintervaller, hoppa viser ofte brunsttegn i overgangsfasene uten at det skjer en ovulasjon (Noakes, Parkinson and England, 2009). Ved overgangen fra østrus til anøstrus blir det kortere brunstintervaller og færre brunster. Under nordiske forhold vil dermed de fleste hester begynne å vise brunsttegn rundt mars, og avslutter i oktober. Når hoppa har hatt sin første ovulasjon vil de fleste ha regelmessige sykluser som varer i gjennomsnitt 18-24 dager. Brunstsyklusen deles inn i en follikulær fase og en luteal fase. Østrus forekommer i den follikulære fasen og varer i 4-8 dager. Ovulasjon forekommer de siste 24-48 timene.

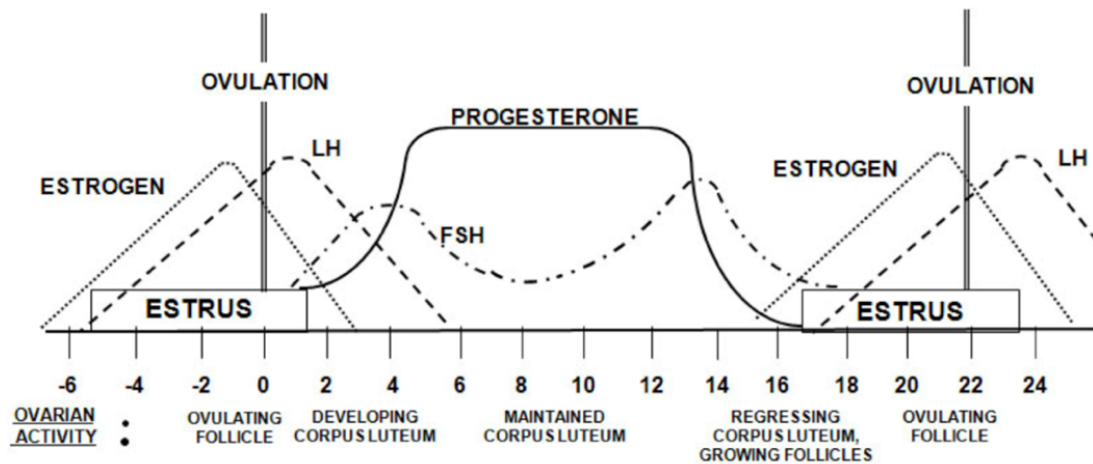
Follikkelstørrelsen ved ovulasjon kan variere fra 30 mm til 40-55 mm. Hoppa går deretter inn i diøstrus, i den luteale fase, som hos hest har konstant varighet og avsluttes med luteolyse dag 15. I anøstrus er uterus liten og slapp, ovariene små og uten follikler over 10-15 mm i størrelse, og heller ingen Corpus Luteum (CL) (Noakes, Parkinson and England, 2009; Sjaastad, Sand and Hove, 2010; Aurich, 2011).

Hormonene

I den follikulære fasen frigjøres gonadotropin releasing hormone (GnRH) fra hypothalamus og stimulerer til produksjon av follicle-stimulating hormone (FSH) og luteinizing hormone (LH) fra hypofysen. FSH stimulerer til follikkelvekst i ovariene og LH fører til en modning av folliklene, østrogenproduksjon og bidrar til ovulasjon. Voksende follikler produserer østradiol og inhibin som følge av den hormonelle påvirkningen. Inhibin har en inhiberende effekt på frigjøringen av FSH. Etersom folliklene vokser får man økt produksjon av inhibin og reduserte nivåer FSH, samtidig som nivået av østradiol øker. Dette vil i slutten av den follikulære fasen føre til en positiv feedback på GnRH-frigjøringen i hypothalamus, som igjen fører til en bølge med GnRH, en påfølgende bølge av LH og en mindre bølge av FSH (som følge av den negative inhiberingen som utgjøres av inhibin). Til sammen fører dette til ovulasjon (Sjaastad, Sand and Hove, 2010).

Etter ovulasjon er hoppa over i den luteale fasen. Her vil restene av den ovulerte follikkelen omdannes til et CL, en midlertidig endokrin kjertel, som produserer progesteron. Progesteron har en inhiberende effekt på hypothalamus og på hypofysen, som fører til redusert frigjøring av GnRH, FSH og LH (Sjaastad, Sand and Hove, 2010). Figur 5 gir en oversikt over de ulike hormonene gjennom brunstsyklusen til hoppa, samt aktivitet i ovariene. Hvis hoppa er drektig vil hun være avhengig av progesteron for å kunne opprettholde drektigheten. CL står for produksjonen av progesteron fram til rundt dag 100-140 av drektigheten, deretter vil metabolitter av progesteron sørge for en liknende effekt og produseres av placenta og selve fosteret. Etter dag 140 er hoppa ikke lengre avhengig av progesteronproduksjon fra CL i ovariene. Dersom en bedekket eller inseminert hoppe ikke blir drektig etter ovulasjon vil CL gjennomgå luteolyse. Dette skjer når prostaglandiner ($\text{PGF}_{2\alpha}$) frigjøres fra endometriet og inhiberer produksjonen av progesteron samt inducerer apoptose av CL. Luteolysen markerer slutten på diøstrus. Når progesteron-nivåene avtar fjernes den inhiberende effekten på

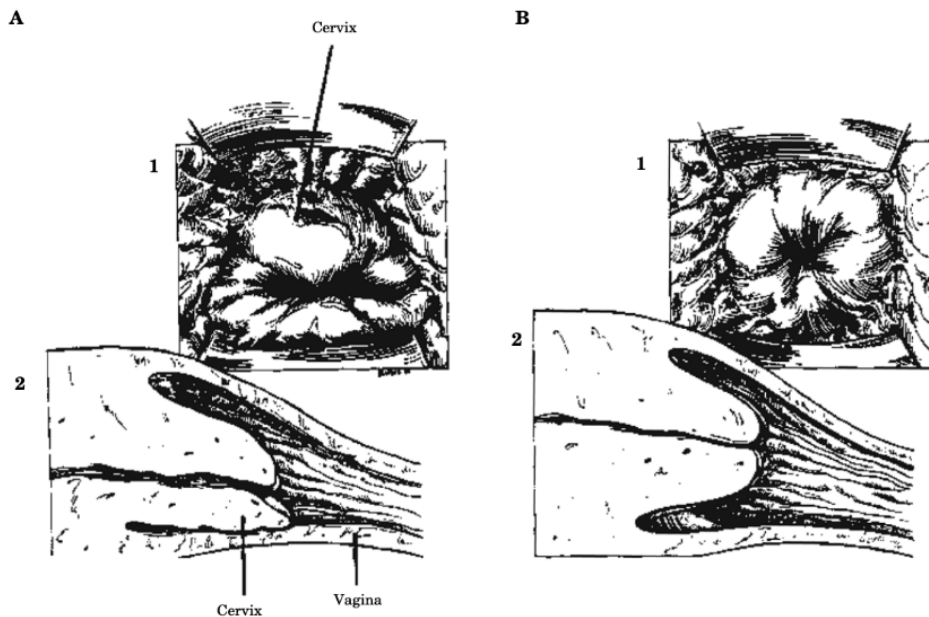
hypothalamus og hypofysen, GnRH nivåene vil på nytt øke og hoppa går inn i en ny syklus (Noakes, Parkinson and England, 2009; Sjaastad, Sand and Hove, 2010).



Figur 5: Hormoner og korresponderende aktivitet i ovariene gjennom brunstsyklusen til hoppe (Giedt and Hiney, 2019)

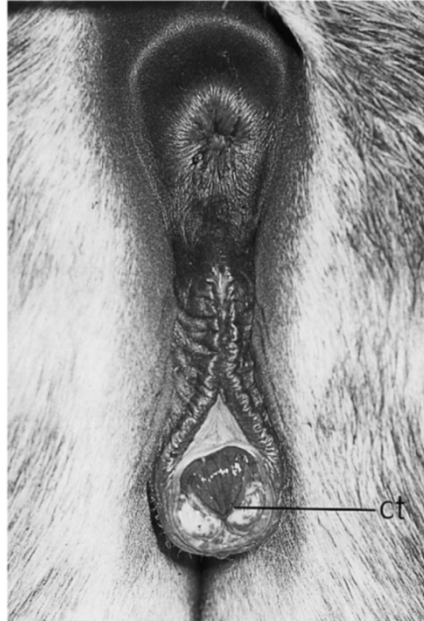
Deteksjon av brunst

Visuell inspeksjon, rektal palpering, bruk av hingst og ultralydundersøkelse er viktige verktøy for deteksjon av brunst hos hoppa (Giedt and Hiney, 2019). Ved bruk av spekulum undersøkes portio, som i diøstrus er sammentrykket og blek, og i østrus blir mer avslappet og protruerer ut i vagina. I tillegg vil portio få en mer rosa-fleskete farge i østrus, den blir mykere og fuktigere som følge av at mengden sekret øker under brunsten (Noakes, Parkinson and England, 2009). Figur 6 illustrerer endringer i portio gjennom syklusen. Rektalisering utgjør også en viktig del av brunstkontrollen og tillater palpering av begge uterushorn samt ovarier. På denne måten kan man skaffe seg et inntrykk av størrelsen, samt konsistens på eventuelle follikler, fastheten til cervix og mengde tonus i uterus (Noakes, Parkinson and England, 2009; Giedt and Hiney, 2019).



Figur 6: Portio, den vaginale delen av cervix. A, i østrus, og B i diøstrus. 1, sett gjennom speculum i vagina; 2, sett fra siden (McKinnon and Voss, 1993).

Når hoppa er i brunst, altså i den follikulære fase, er det som nevnt hormonet østradiol som dominerer, og som i stor grad påvirker atferden hos den brunstige hoppa. Vanlig forekommende brunsttegn hos hoppe er endret oppførsel i form av økt vokalisering, urolighet og oppsøking av hingst. I tillegg kan atferder som løfting av halen, skvetting av urin og blinking, en såkalt vregning av klitoris inn og ut, forekomme, se Figur 7 (Noakes, Parkinson and England, 2009; Sandager and Bott, 2011). Brunstadfærd varierer veldig mellom individer. En hoppe kan vise mange og tydelige brunsttegn selv utenom brunst, mens andre hopper sjeldent eller aldri viser slik atferd. Noen hopper viser kun brunsttegn når de er med hingst. Når en brunstig hoppe ikke viser tegn til brunst kalles det en stille brunst. Dette kan være normalt, og forekommer bl.a. ofte hos hopper som står med føll. Manglende brunst, en manglende utvikling av follikler og ovulasjon kan hos noen hopper skyldes underliggende sykdomstilstander, for eksempel persisterende CL (og dermed høye progesteron-nivåer), ernæringsmangler, metabolske lidelser, dårlig hold, eller kan også skyldes at hoppa allerede er drektig, evt. som følge av økt alder (McCue, 2016; Sertich, 2021).

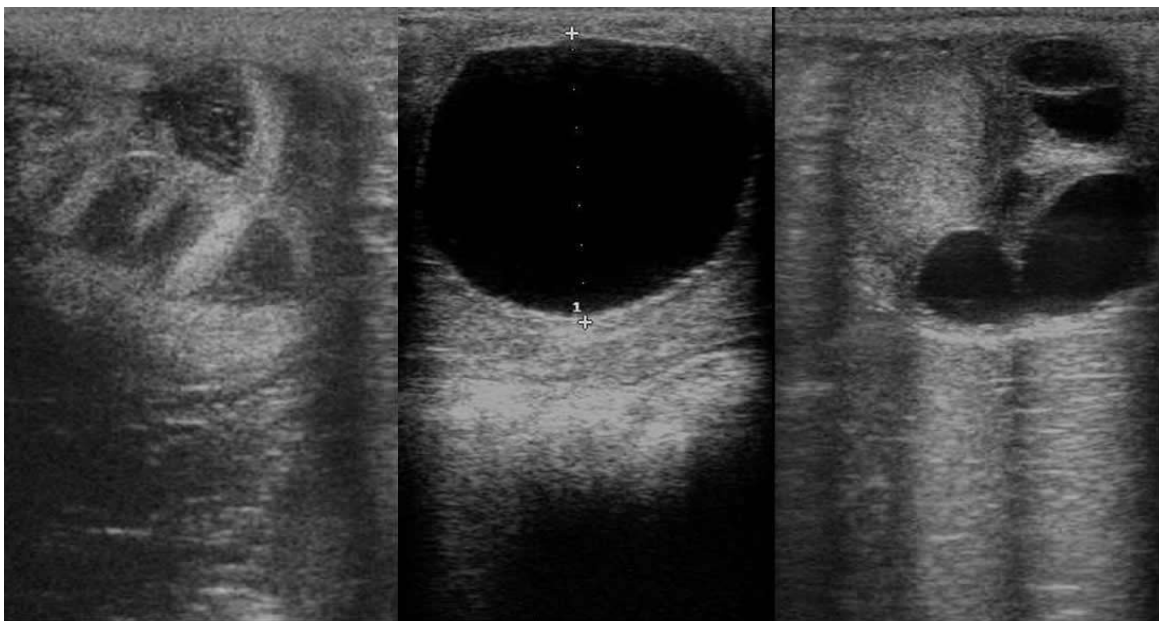


Figur 7: Eksponering av klitoris (ct) i forbindelse med blinking hos hoppe (Noakes, Parkinson and England, 2009).

Etter ovulasjon, når hoppa er i den luteale fasen, er det progesteron som dominerer. På dette tidspunktet vil hopper normalt ikke vise brunstatferd, og kan legge ørene bakover og virke uinteresserte eller aggressive ovenfor hingsten. De kan også forsøke å sparke eller bite mot hingsten. Bruk av hingst for å detektere brunst kan gjøres individuelt eller i grupper, men krever erfaring og stort fokus på sikkerhet. Som sagt vil det forekomme individuelle forskjeller mellom hoppene samt en risiko for aggressiv utagering mot hingsten (Sandager and Bott, 2011).

Ultralyd brukes stadig oftere for å oppdage brunst og for å determinere ovulasjonstidspunkt hos hoppe. Ved bruk av en transrektal ultralydstransducer vurderes eggstokker med hensyn på antall follikler, størrelse på folliklene og eventuelt tilstedeværelse av andre strukturer som CL eller corpus hemorrhagicum (CH). I tillegg skal endringer i uterus vurderes, da uterus i brunsten er ødematøs samt har en større diameter enn uterus i diøstrus. Folliklene er væskefylte strukturer som fremstår anekkoiske på ultralydmaskinen. De kan skilles fra CL som har et mer variabelt utseende, og kan være uniformt hyperekkøisk eller ha et mer heterogent og flekkete utseende. I løpet av en syklus kan hopper ha en til to follikulære bølger, hvor flere follikler vokser opp og atrofierer, fram til en dominant follikkel til slutt ovulerer. En ovulatorisk follikkel vil kunne ses på ultralyd 10-12 dager før ovulasjon, og vil fra og med rundt 7 dager før ovulasjon vokse raskt i diameter, opp mot 3-5 mm daglig.

Samtidig vil det forekomme en atrofering av andre follikler innen samme follikkelbølge. Diameter på en ovulasjonsklar follikkel ligger vanligvis rundt 40-55 mm, men kan være ned mot 30 mm og opp mot 70 mm. Rundt ett døgn før ovulasjon kan formen på den dominante follikkelen endres til å bli mer pære- til kjegleformet og follikkelveggen fortykkes. Mengden ødem i uterus kan reduseres rett før ovulasjon. I diøstrus vil hoppa også kunne ha follikler tilstede, men vil i tillegg ha tilstedeværelse av et funksjonelt CL. Det vil ikke være ødem i uterus på dette tidspunktet, og cervix er lukket. Slike follikler kan bli like store som follikler i østrus, og kan i noen tilfeller ovulere. Figur 8 viser uterus og ovarier gjennom ulike tidspunkt i hoppas syklus. Ultralyd er et gunstig virkemiddel når det kommer til deteksjon av brunst og ovulasjonstidspunkt. Selv om man ikke kan nøyaktig forutsi når ovulasjon skal finne sted, kan størrelsen og formen på folliklene, mengden ødem i uterus samt ekkogeniteten til follikkelvæsken brukes som indikasjon på ovulasjonstidspunktet. Ultralyd vil i tillegg være et viktig verktøy når det kommer til undersøkelse av hopper med abnormale sykluser ved mistanke persisterende CL eller andre patologiske tilstander på eggstokker eller eventuelt i uterus. I tillegg vil ultralydundersøkelse etter inseminasjon eller evt. bedekning, kunne oppdage drektigheter så tidlig som 10 dager etter ovulasjon (Noakes, Parkinson and England, 2009; Brinsko *et al.*, 2010; Giedt and Hiney, 2019; Sertich, 2021).



Figur 8: Fra venstre: Ultralyd av ødematøse endometrielle folder hos brunstig hoppe. I midten: Ultralyd av dominant follikkel. Den anekkoiske follikkelen måler 37,2 mm i diameter. Til høyre: Ultralyd av ovarier med en hyperekkkoisk corpus luteum og fire små anekkoiske follikler (Sertich, 2021)

Naturlig bedekning

Hos mange hesteraser, blant annet fjordhesten, er det fortsatt vanligst med naturlig bedekning. Ved naturlig bedekning får hingsten bedekke hoppa enten på en avlsstasjon eller ved at de slippes sammen på et beite. Ved å bedekke naturlig på en avlsstasjon har man god kontroll på selve prosessen, som blant annet brunsten til hoppa, at hoppa faktisk blir bedekt og hvor mange ganger hun blir det. Det er også lettere å fange opp om det er problemer med bedekninga, og siden man har kontroll på tidspunktet er det lettere å utføre drektighetsundersøkelse på hoppa på ønsket tidspunkt. Hos de norske hesterasene er det lange tradisjoner for å slippe hoppene med hingst på beite, og mange praktiserer fortsatt dette. Det positive med dette er at hestene får gå på beite og utføre naturlig atferd. Ulempen er at man mister kontrollen på om og når hoppa blir bedekt. Flokks sammensetningen og rangordningen kan være med på å påvirke hvilke hopper som blir bedekt. Dermed kan det være at enkelte hopper ikke blir bedekt, noe som er vanskelig å oppdage før det har gått lang tid og man kan miste flere brunster (Hansen, 2019). Samtidig er det mange hingstebeiter og hesteslipp som operer med gjeterne gjennom hele avlssesongen. De har som oppgave å blant annet føre daglig tilsyn med hestene, følge opp og registrere hopper i brunst og hvilke hopper som blir bedekt. På den måten har de god oversikt og kan sette inn tiltak hvis det trengs for å få så mange som mulig av hoppene bedekt (Barstad, 2021).

Seksuelt overførbare sykdommer

Ved naturlig bedekning er risikoen for smitte med seksuelt overførbare sykdommer til stede. Det har blitt vanlig å teste hingstene for enkelte av disse sykdommene før avlssesongen starter, og mange krever også negativt testresultat fra hoppene før de kommer til bedekning.

CEM (contagious equine metritis) er en infeksjon med bakterien *Taylorella equigenitalis* som smitter seksuelt mellom hoppa og hingsten. Det er kun hoppa som får symptomer, mens hingsten fungerer som asymptomatisk bærer. Smitten kan også skje via sæd ved inseminering eller utstyr som for eksempel spekulum. Dermed er generelt god hygiene er viktig når man driver med avlsarbeid. Bakterien går på epitelcellene i uterus og forårsaker skade på

endometriet. Hoppas fertilitet går betraktelig ned når hun er infisert, og det har blitt rapportert om aborter forårsaket av infeksjonen. Den beste måten å forebygge på er å sørge for at alle hestene har negativ test før de brukes i avl (Samper, Pycock and McKinnon, 2007).

Ondarta beskjelersyke (Dourine) er en A-sykdom forårsaket av den encellede parasitten *Trypanosoma equiperdum*. Sykdommen forekommer kun hos hest og esel, og parasitten overføres ved bedekning da den forekommer i sædvæske og i forhud hos hingsten og i vaginalslim hos hoppa. Inkubasjonstiden er fra én uke til flere måneder, noe som gjør at hingster som er infisert kan smitte mange hopper før sykdommen oppdages. Symptomer er alt fra ingen, til ødem rundt kjønnsorganer som sprer seg til under buken, sårddannelser i slimhinnene i kjønnsorganene og aborter hos drektige hopper. Senere i sykdomsforløpet kan hestene vise halthet i bakbeina og forstyrrelser i sentralnervesystemet og den kan være dødelig. Ondarta beskjelersyke har aldri vært påvist i Norge, men var tidligere utbredt i store deler av Europa. I dag er den begrenset til sørøstlige deler av Europa, Sør-Amerika, Afrika, Midtøsten og Asia. Det er ikke en sykdom man tester for rutinemessig i Norge, men man bør ha det i tankene ved import av hester eller sæd fra land hvor sykdommen er påvist (Veterinærinstituttet, 2022b).

Equint herpesvirus (EHV) er forskjellige virusvarianter som kan føre til sykdom hos hester. Noen av variantene gir sykdom knyttet til kjønnsveiene og kan føre til symptomer som abort. EHV-1, 3 og 4 er alle varianter som kan gi sykdom knyttet til kjønnsorganene og er C-sykdommer som skal meldes til Mattilsynet. Herpesvirus smitter oftest via dråpesmitte fra hester med luftveissymptomer, men kan også smitte via direkte kontakt, parring, via klær, utstyr og via biologisk materiale fra smittede dyr (aborterte fostre, fostervann og fosterhinner). Viruset er utbredt i hestepopulasjonen, både i Norge og resten av verden, men omfanget varierer fra variant til variant. Hester som blir smittet forblir smittet resten av livet, men viruset går inn i en hviletilstand etter gjennomgått sykdom. Slik kan viruset ligge latent i flere år før det igjen kan blusse opp hvis hesten blir utsatt for belastning som stress eller sykdom. EHV-1 er den av variantene som oftest er knyttet til abort og kan i tillegg gi nevrologiske symptomer og luftveisinfeksjon. EHV-3, også kalt godartet beskjelersyke, gir venerisk sykdom med sår i genitalia som symptom. EHV-4 gir oftest luftveissykdom, men kan i sjeldne tilfeller føre til abort. Aborter forårsaket av EHV forekommer oftest i løpet av de siste fire månedene av drektigheten og hoppene trenger ikke vise annen tegn til sykdom i forkant av aborten. Viruset kan forårsake såkalte "abort stormer" hvor mange hopper

aborderer i løpet av kort tid. Det finnes ingen spesifikk behandling mot EHV, men godt stell, ro og støttebehandling der det trengs kombinert med god hygiene for å unngå smitte er anbefalt. Det finnes tilgjengelige vaksiner mot EHV-1 og 4 og selv om det gir en kortvarig og ikke fullstendig immunitet bør det vurderes hos drektige hopper med økt risiko for smitte (Veterinærinstituttet, 2022a).

Inseminasjon

Ved inseminasjon står hingsten på en avlsstasjon hvor han blir tappet etter behov. Hopper kan komme til avlsstasjonen å bli inseminert der, eller så kan sæd sendes kjølt eller fryst til andre steder av landet eller verden. På den måten kan man benytte seg av en hingst som ellers hadde vært utelukket på grunn av praktiske årsaker som avstand. Fordelen med inseminering er at det er mindre risiko for skader, lavere smittepress og at man har god kontroll på hvor i syklus hoppa er, og at man dermed kan treffe best egnet tidspunkt for befruktning (Hansen, 2019). Frossen sæd bidrar til en mye større tilgjengelighet også når en hoppe må insemineres på et tidspunkt hvor hingsten for eksempel konkurrerer eller befinner seg på andre siden av kloden og dermed ikke er tilgjengelig for tapping, transport og inseminering innen 24 timer (Barbacini, Marchi and Zavaglia, 1999; Crowe et al., 2008). Ulempene med all transportert sæd er at det er dyrere enn naturlig bedekning og det krever god oppfølging av hoppa, kunnskap for å treffe riktig tidspunkt i syklus og ikke minst kvalifisert inseminør. Tapping og inseminering er mer tid- og ressurskrevende enn naturlig bedekning, likevel er det flere og flere som velger inseminering til sine hopper. Hos enkelte raser skjer all bedekning gjennom inseminering (Hansen, 2019).

Ved både naturlig bedekning og ved inseminering deponeres sæden intrauterint. Etter deponering vil østrogen føre til muskelbevegelser i livmora og oviducten som hjelper spermene å migrere til oviducten hvor fertiliseringen finner sted (Sendel, 2021).

Spermienes levetid i hoppas uterus har stor variasjon ved bruk av fersk, kjølt eller frossen sæd. Ved bruk av fersk sæd eller ved naturlig bedekning vil spermene leve i oviducten i 3-4 dager. Enkelte studier har påvist levende spermier i oviducten opp til én uke etter bedekning. Ved bruk av kjølt sæd med god kvalitet kan den leve i hoppa i 48 timer, men sæden kan ikke

være kjølt i mer enn 24 timer før den brukes. Frossen sæd har allerede gjennomgått capaciteringen, endringen som trengs for at de skal kunne befrukte egget, så sæden er befruktningsklar med en gang den blir deponert. Man har sett en nedgang i drektighetsprosenten ved bruk av frossen sæd mer enn 12 timer før ovulasjonen. Det å kjøle ned eller fryse sæden vil gjøre levetiden til spermene kortere når den varmes opp igjen. Best tid for inseminering ved bruk av kjølt og frossen sæd har dermed vist seg å være mellom 24 timer før og 12 timer etter ovulasjon for kjølt, og mellom 12 timer før og 12 timer etter ovulasjon for frossen (Sieme et al., 2003). Det er stor variasjon i kvaliteten på hingstenes sæd, og særlig i toleransen for nedkjøling og lagring (Parlevliet, Kemp and Colenbrander, 1994a; Dowsett and Knott, 1996; Heckenbichler et al., 2010).

Insemineringsdose

Vanligvis ligger volumet som blir brukt ved inseminering med fersk sæd på mellom 10-30 ml, men antallet levende spermier i insemineringsdosen har vist seg å være mer avgjørende enn selve volumet. Ønsket mengde motile spermier i en enkelt insemineringsdose er på mellom 250-500 millioner. Hvor mange hopper man kan inseminere fra ett enkelt sæduttak kommer derfor mer an på sædens kvalitet og antallet motile spermier enn selve mengden. Studier har vist at så lenge sæden blir behandlet riktig og har god kvalitet kan antallet motile spermier reduseres til 100 millioner uten at det har negativ effekt på drektighetsraten. Studier har og vist at hvis antallet motile spermier er under 60 millioner har det negativ effekt på drektighetsraten per syklus (Brinsko *et al.*, 2010).

Drektighetskontroll

Tidlig drektighetsundersøkelse er et viktig verktøy når det kommer til å få hoppa drektig, samt for å kunne oppdage uønskede eller unormale forhold tidlig i drektigheten. Bruk av transrektal ultralydundersøkelse er den tidligste måte å oppdage drektighet med, så tidlig som på dag 10 etter ovulasjon. Det er uansett normalt å vente med den første drektighetsundersøkelsen til dag 14 eller 15 etter bedekning da resultatet vil være sikrere. En annen grunn til å utføre tidlig drektighetsundersøkelse er for å kunne oppdage en eventuell

tvillingdrekthet tidsnok til å sette inn tiltak. Tvillingdrekthet og -fødsel hos hoppe er ikke ønskelig da det ofte fører til aborter, svakfødte føll, føllingsproblemer og vil generelt utgjøre en stor risiko for både hoppe og føll. Hvis en tvillingdrekthet blir oppdaget tidlig nok kan man, ved hjelp av rektalisering, klemme den ene fosterblæren og dermed avbryte den ene drektheten. Dette gjøres lettest før fosterblæren fikseres i uterus, før dag 17, og med mindre risiko for å skade begge fosterblærene. Etter dag 17 kan det være utfordrende å kun klemme den ene blæren dersom de to fosterblærene fikseres nært hverandre i samme horn. På bakgrunn av dette er anbefalingen å gjennomføre en drekthetsundersøkelse av hoppa på dag 14 eller 15. Videre anbefales en ny drekthetsundersøkelse rundt dag 26-30 for å følge med på at drektheten utvikler seg normalt, samt for å kunne utelukke en eventuell tvilling som ikke ble oppdaget ved første undersøkelse. En ny kontroll anbefales også rundt dag 33-35 for å kunne fange opp eventuelt tidlig embryotap, og dermed kunne bedekke hoppa på nytt i løpet av samme sesong. Det er i tillegg viktig å følge med på hoppa under hele drektheten, at fosteret gjennomgår en normal utvikling og at hoppa legger på seg som hun skal. Hopper som har høyere risiko for å få tvillinger (for eksempel hopper som har hatt tvillinger før, samt enkelte raser), har tilstedeværelse av cyster eller har abortert tidligere vil ha behov for jevn oppfølging gjennom hele drektheten. Hoppas tilstand, eiers økonomi og praktiske forhold, som tilgang på veterinær, er alle faktorer som spiller inn på hvor mange ganger en hoppe bør drekthetsundersøkes i løpet av drektheten (Samper, Pycock and McKinnon, 2007).

Fruktbarhet

I følge Store Medisinske Leksikon viser fruktbarhet enten til evnene til å få barn (fekunditet) eller til hvor mange barn som blir født (fertilitet) (Nesheim, 2021). Hvordan fruktbarheten måles varierer fra art til art. Hos storfe snakker man om fruktbarhetstall (FS-tall) som beregnes ut fra fire faktorer; ikke-omløpsprosent etter 56 dager, antall insemineringer per påbegynte ku/kvige, avstand fra kalving til siste inseminering og utrangering på grunn av dårlig fruktbarhet (Refsdal, Gillund and Karlberg, 2014). Hos mennesker måles fruktbarheten i samlet fruktbarhetstall og sier noe om hvor mange barn en kvinne i gjennomsnitt vil føde i løpet av sin fruktbare alder (Tuv, 2020).

På hest brukes ofte drekthetsprosent per sesong og føllingsprosent per sesong for å beskrive fruktbarheten. I tillegg benyttes første syklus drekthetsrate og per syklus drekthetsrate

mye der man har tilgang på tallene. Begge disse tallene varierer mye fra studie til studie, mellom de forskjellige rasene og hvilken teknikk som er brukt. Studier har vist en drektighetsrate etter første syklus ved inseminering med bruk av fersk sæd på 76 % på kaldblodstravere, 68 % hos finsk kaldblodshest (Finnhorse) og 74 % hos amerikansk varmbloedstraver (Standardbred). Ved bruk av kjølt sæd har man sett en drektighetsrate på 65 % hos kaldblodstravere, 65 % hos finsk kaldblodshest og 69 % hos amerikansk varmbloedstraver (Katila et al., 2010; Haadem et al., 2015).

Hos de norske rasene fjordhest, dølahest og nordlandshest har føllingsprosenten ligget på henholdsvis 58 %, 60 % og 70 % de siste åra. Dette forteller oss hvor mange av hoppene som var til bedekning som fikk et levende føll og hvor mange føll som ble født den gitte sesongen, men det sier oss ikke noe om hvor mange av hoppene som har vært drektige, hvor mange bedekninger som trengtes eller om de har abortert/kastet (Hansen, 2019; Norges Fjordhestlag, 2022).

Hanlon et al. (2012) undersøkte fruktbarheten til fullblodshopper i Waikato regionen på New Zealand ved å se på resultatene til 1482 hopper. De kom fram til en første syklus drektighetsrate på 53,6 %, en sesong drektighetsrate på 85,3 % og en føllingsrate på 80,2 %. Dette samsvarte godt med tidligere rapporterte fruktbarhetstall for fullblodsrassen i helhet. En studie av Davies Morel and Gunnarsson, (2000) rapporterer en fertilitetsrate, som tilsvarer føllingsrate per sesong, på 67,7% etter naturlig bedekning med islandshest-hingster. Van Buiten, Remmen and Colenbrander, (1998), fant en føllingsrate på 48-58% på Shetland hos håndbedekkede Shetlandspanni hopper, og 80% hos hopper som gikk løst med hingster på beitet.

Det finnes for tiden ingen studier på fruktbarhet hos norsk fjordhest og da dette er en utrydningstruet rase vil det både være nyttig å kunne kartlegge fruktbarheten i form av føllingsraten hos rasen, samt å diskutere hvilke tiltak som må til for å kunne opprettholde populasjonen i Norge.

Mål for oppgaven

Målet for denne oppgaven er å kartlegge føllingsraten per syklus og -sesong hos norske fjordhesthopper inseminert med fersk sæd ved seminastasjonen ved NFS, eller inseminert med transportert kjølt sæd fra NFS, i perioden 2004-2020. Vi ønsker også å undersøke om ulike faktorer tilknyttet inseminasjon, som antall inseminasjoner per syklus og per sesong påvirker føllingsraten. I tillegg ønsker vi å undersøke om faktorer hos både hoppe og hingst, som for eksempel alder, antall sykluser per sesong, og reproduksjonsstatus forutgående år, kan ha en positiv eller negativ påvirkning på føllingsraten.

Materiale og metoder

Studiedesign

Denne fordypningsoppgaven er en retrospektiv kohortstudie.

Innsamlingsprosessen

Fra NFS fikk vi en oversikt over utfall registrert for de aktuelle hoppe/hingst kombinasjonene i form av et Excel-dokument, og supplerte med data fra håndskrevne notater og bedekningslister. Oversikten til NFS stammer fra registeret til Norsk Hestesenter og inneholdt registrerte resultater per sesong. De håndskrevne notatene var noe mangelfulle, særlig fra de tidligste årene, og inneholdt ikke alle hoppene og deres utfall. Aktuelle utfall i denne oversikten inkluderte; tom, født levende føll, født føll som døde etter følling, fødte tvillinger, kastet og reabsorbent. Hoppene som manglet informasjon om utfall var markert med “-” i oversikten eller manglet fullstendig registrering.

For å øke oppløsningen fra sesong til syklusnivå ble det supplert med datamateriale tilgjengeliggjort fra NFS. Materialet bestod av bedekningslister per hingst/år som inkluderte navn på hoppe, hoppas ID-nummer, bedekningstidsrom eller inseminasjonsdato,

bedekningskode og navn på hesteeier. Bedekningskodene går fra 1-4, der 1 = naturlig bedekning, 2 = inseminasjon med fersk sæd på seminstasjon, 3 = inseminasjon med kjølt transportert sæd og 4 = inseminasjon med frossen transportert sæd. I tillegg ble det benyttet følgesedler fra transportsæd for å innhente informasjon om insemineringsdatoer og antall insemineringer per brunst.

For å få oversikt over antall sykluser per sesong så vi på datoen for inseminasjon for hver hoppe, og med utgangspunkt i normal brunstlengde regnet vi oss fram til hvor mange sykluser hoppa hadde blitt inseminert i på en sesong, nummerert fra 1-3 i Excel. Antall insemineringer per brunstsyklus ble også notert, og nummerert fra 1-5. For en hoppe som ble inseminert i én syklus og fikk levende føll ble syklusen markert som 1 = levende føll. Fødte ikke hoppa levende føll ble syklusen markert som 0 = ikke født føll. Dersom en hoppe ble inseminert flere ganger i løpet av en syklus og fikk levende føll til slutt, ble alle sykluser før den siste markert som tomme (= 0), og den siste syklusen som levende føll (= 1). Dersom hoppa ble inseminert flere ganger i løpet av en syklus uten å føde levende føll ble alle syklusene markert som tomme (0).

En del av registreringene manglet dokumentasjon over inseminasjonstidspunkt, syklus, resultat per syklus og drektighetskontroll. Tilgjengelig datamateriale ga dermed ikke tilstrekkelig informasjon for å kunne se på drektighetsraten hos hoppene etter inseminering.

Inklusjonskriterier og eksklusjonskriterier for studiepopulasjonen

Studiepopulasjonen består av norske fjordhesthopper som er blitt inseminerte med sæd fra hingster oppstallet ved seminstasjonen på NFS i perioden 2004-2020. Inseminasjonen måtte være dokumentert i oversikten til NFS mellom overnevnte tidsperiode for å være en del av studien. Naturlige bedekkede hopper ble ekskludert fra studien. Hingster som kun ble brukt til naturlig bedekning ble ekskludert fra studien. Hopper som døde før registrert utfall av inseminasjon ble også ekskluderte fra studien. Ettersom innsamlet datamateriale over registreringer av inseminasjon med frossen sæd er så lite, samt at rutinen for behandling og transport av frossen sæd har vært under utprøving i perioden ble også disse ekskludert fra studien. Det er i nyligere år at NFS først fikk EU-godkjenning for eksport av frossen sæd til Norden, Europa og Brasil, Chile, USA og Australia (Norsk Fjordhestsenter and Espe, 2022).

Utfallsvariabel

Utfallsvariabel i denne studien er “født levende føll” eller “ikke født føll per første syklus, per syklus og per sesong.” Utfallet født levende føll inkluderer hopper som har født levende føll, eller fødte føll som døde etter følling. Utfallet ikke født føll inkluderer de hoppene som stod tomme, kastet eller reabsorberte. For de hoppene som ikke hadde registrert utfall i oversikten til NSF ble den aktuelle hoppe- og hingstekombinasjonen sjekket med registreringene til NHS. Dersom det ikke var registrert avkom i denne databasen, ble den aktuelle hoppa markert med utfallet “ikke født føll.” I datasettet fikk levende føll binærverdien 1, og ikke født føll binærverdien 0.

Forklaringsvariabel

Følgende forklaringsvariabler ble inkludert: inseminasjon med fersk sæd eller inseminasjon med kjølt transportert sæd, alder på hoppe gruppert i tre aldersgrupper, 3-10 år, 11-16 år og over 16 år, reproduksjonsstatus foregående år, antall inseminasjoner innenfor samme syklus og antall inseminasjoner per syklus 1, 2 og 3 innenfor samme sesong. Hoppene ble delt inn i statusgruppene levende føll, ikke født føll, ikke bedekt eldre og ikke bedekt ung. Gruppen *levende føll* består av hopper som ble bedekt forrige sesong hvor resultatet ble et levende føll. Gruppen *ikke født føll* består av hopper som ble bedekt forrige sesong, men hvor hoppa ikke tok seg, fosteret ble resorbert eller abortert eller hvor hoppa fødte et dødt føll. *Ikke bedekt eldre* er hoppene som var 4 år eller eldre forrige sesong, men som ikke ble forsøkt bedekt. *Ikke bedekt ung* er hoppene som var 2 eller 3 år forrige sesong og som ikke ble forsøkt bedekt grunnet ung alder. Disse variablene ble valgt ut på grunnlag av den informasjonen vi hadde tilgjengelig etter innsamling av data fra NFS.

Statistisk analyse

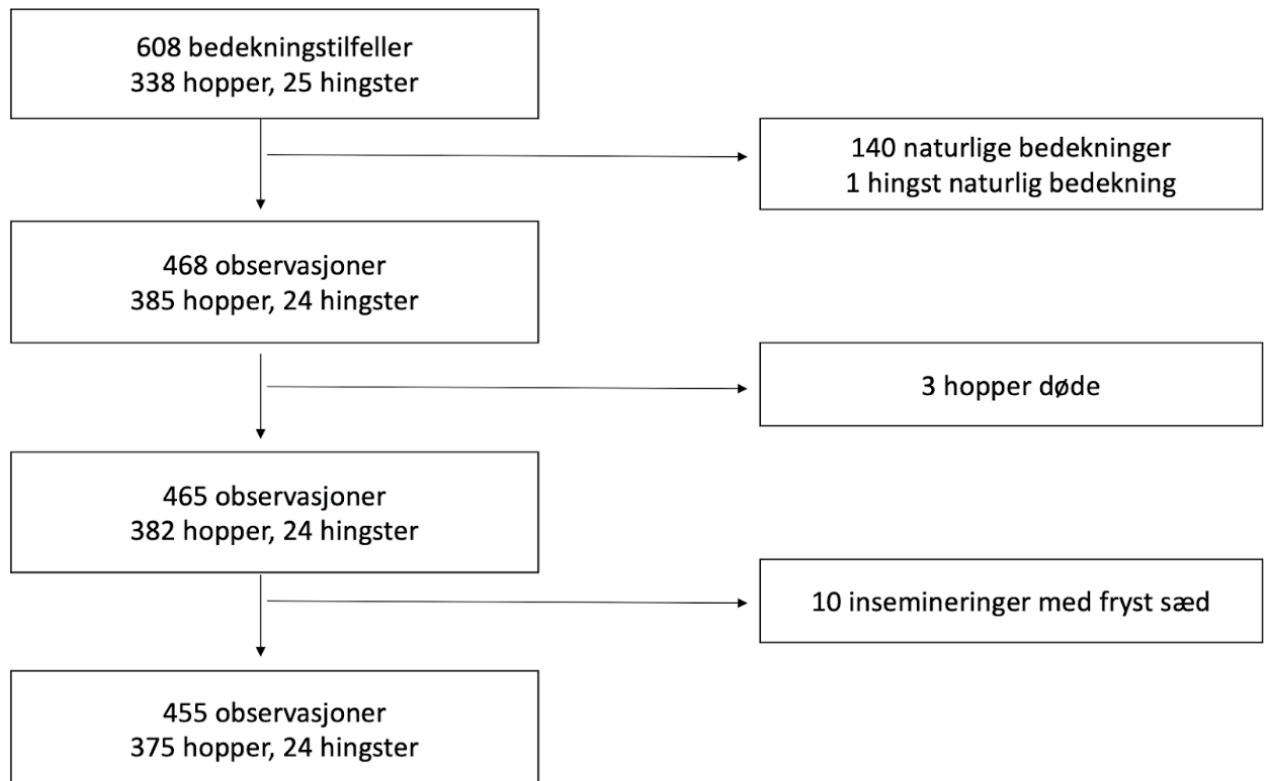
Datamaterialet ble først manuelt ført inn i Microsoft Excel, så sjekket opp mot bedekningsoversikten til NSH for mangler, blant annet registrerte avkom hos aktuelle hoppe/hingst- kombinasjoner, og deretter ført over i Stata (Stata BE/17, Stata Corp., College Station, TX, USA) for videre deskriptiv statistisk analyse. Videre ble all datahåndtering og statistiske analyser utført i Stata. Deskriptiv analyse inkluderte tabulering av utfalls- og forklaringsvariabler separat for å se på fordelingen av hoppene innen de ulike forklaringskategoriene. Videre tabulerte vi utfallsvariabelen levende føll (per første syklus, per syklus og per sesong) mot en og en av forklaringsvariablene og registrerte antall og prosentandel levende føll per forklaringskategori. En univariabel logistisk regresjonsanalyse (per syklus og per sesong) levende føll/ ikke født føll som utfall ble kjørt mot hoppenes aldersgrupper der den yngste gruppen, 3-10 år, ble satt som baseline. En tilsvarende analyse ble kjørt med bedekningsmetode som forklaringsvariabel *fersk sæd* som baseline og med statusgruppene etter fjorårets avlssesong som forklaringsvariabel med *født levende føll* som baseline. En multivariabel logistisk regresjonsanalyse ble bygget basert på de univariable resultatene. Kun variabler fra univaribel analyse med P-verdi $\leq 0,2$ ble inkludert i den multivariable logistiske regresjonsanalysen.

Det statistiske signifikansnivået ble satt til $P \leq 0,05$ i alle typene av analyser som ble kjørt. En slik p-verdi forteller oss hva sannsynligheten er for at man observerer en slik føllingsrate per syklus eller per sesong gitt at nullhypotesen er sann. Effektmålet fra de logistiske regresjonsmodellene er Odds ratio (OR). Hvis $OR = 1$ er oddsen tilnærmet like stor for de variablene som sammenliknes. $OR > 1$ indikerer økt odds og < 1 indikerer lavere odds. Grunnlaget for valg av gruppe som baseline var en gruppe som var biologisk relevant og med et relativt stort antall registreringer.

Resultater

Studiepopulasjon

Det originale datasettet inkluderte totalt 608 bedekningstilfeller, derav 536 unike hoppe/hingst år kombinasjoner som var tilgjengelig for analyse.



Figur 9: Flowchart som viser ekskluderingsprosessen..

De aktuelle hingstene var oppstallet ved NFS i perioden. Hoppene var alle lokalisert i Norge, og flertallet var oppstallet ved seminstasjonen på NFS for inseminering.

Etter ekskludering av 140 naturlige bedekninger, 10 bedekninger med fryst sæd, 3 hopper som døde og én hingst som kun ble brukt til naturlig bedekning bestod datasettet av 455 observasjoner, hvorav 391 av disse var unike hoppe- og hingstkombinasjoner. Datamaterialet består av 375 unike hopper og 24 unike hingster. De 24 hingstene som var med i datamaterialet ble brukt på 15-44 hopper per år, 23 i gjennomsnitt. Dette datamateriale ble videre brukt til å analysere føllingsrate per syklus og per sesong.

Deskriptive funn

Hoppene varierte i alder fra 3-25 år og hingstene fra 3-10 år, 25 % av hoppene var 5 år eller yngre og blant hingstene var 85 % 5 år eller yngre. Antallet hingster brukt for tapping til inseminering og for bruk til naturlig bedekning varierte fra 1-4 individer per år. Totalt ble 25 unike hingster tatt i bruk ved seminastasjonen i løpet av perioden undersøkt, og én av hingstene ble kun brukt til naturlig bedekning. Åtte av hingstene ble brukt mer enn en sesong. Totalt var 25 hopper var hos annen hingst til naturlig bedekning før eller etter inseminering, fem av disse var før og 21 var etter inseminering med hingst fra seminastasjonen. Tabell 1 viser antall og prosentandel av observasjonene per forklaringsvariabel på syklus- og sesongnivå. Antall registreringer som mangler informasjon er notert under hver forklaringsvariabel.

Tabell 1: Antall registreringer per forklaringsvariabel, inkluderer antallet manglende registreringer.

| Variabler | Antall/syklus | % per syklus | Antall/sesong | % per sesong |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Seminmetode | | | | |
| Fersk, seminstasjon | 316 | 69,5 | 266 | 70,9 |
| Kjølt, transportert | 138 | 30,3 | 108 | 28,8 |
| Mangler | 1 | 0,2 | 1 | 0,3 |
| Syklusnummer | | | | |
| Syklus 1 | 375 | 82,4 | 303 | 80,8 |
| Syklus 2 | 72 | 15,8 | 64 | 17,1 |
| Syklus 3 | 8 | 1,8 | 8 | 2,1 |
| Mangler | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Antall insem. per brunst | | | | |
| 1 | 246 | 54,7 | - | - |
| 2 | 121 | 26,6 | - | - |
| 3 | 37 | 8,1 | - | - |
| 4 | 4 | 0,9 | - | - |
| 5 | 1 | 0,2 | - | - |
| Mangler | 46 | 10,1 | - | - |
| Alder hoppe | | | | |
| 3-10 år | 243 | 53,4 | 203 | 54,1 |
| 11-16 år | 113 | 24,8 | 89 | 23,7 |
| >16 år | 96 | 21,1 | 80 | 21,3 |
| Mangler | 3 | 0,7 | 3 | 0,8 |
| Status fra i fjor/ før inseminering | | | | |
| Levende føll | 125 | 27,5 | 107 | 28,53 |
| Ikke født føll | 111 | 24,4 | 85 | 22,67 |
| Ikke bedekt, eldre | 167 | 36,7 | 138 | 36,80 |
| Ikke bedekt, ung | 46 | 10,1 | 40 | 10,7 |
| Mangler | 6 | 1,3 | 5 | 1,3 |
| Total pr. variabel | 455 | | 375 | |

Føllingsrate per syklus og per sesong

I løpet av perioden 2004-2020 var føllingsraten per syklus totalt på 47,3 %. For de 316 hoppene med bedekningskode 2 (inseminasjon med fersk sæd) var føllingsraten 54,4 % per syklus, mens det blant de 138 hoppene med bedekningskode 3 (inseminasjon med kjølt transportert sæd) var føllingsraten på 31,2 % per syklus. Den totale føllingsraten per sesong var 57,5 %. For bedekningskode 2 fant vi en føllingsrate på 64,6 % per sesong, mens for bedekningskode 3 var føllingsraten på 39,8 % per sesong.

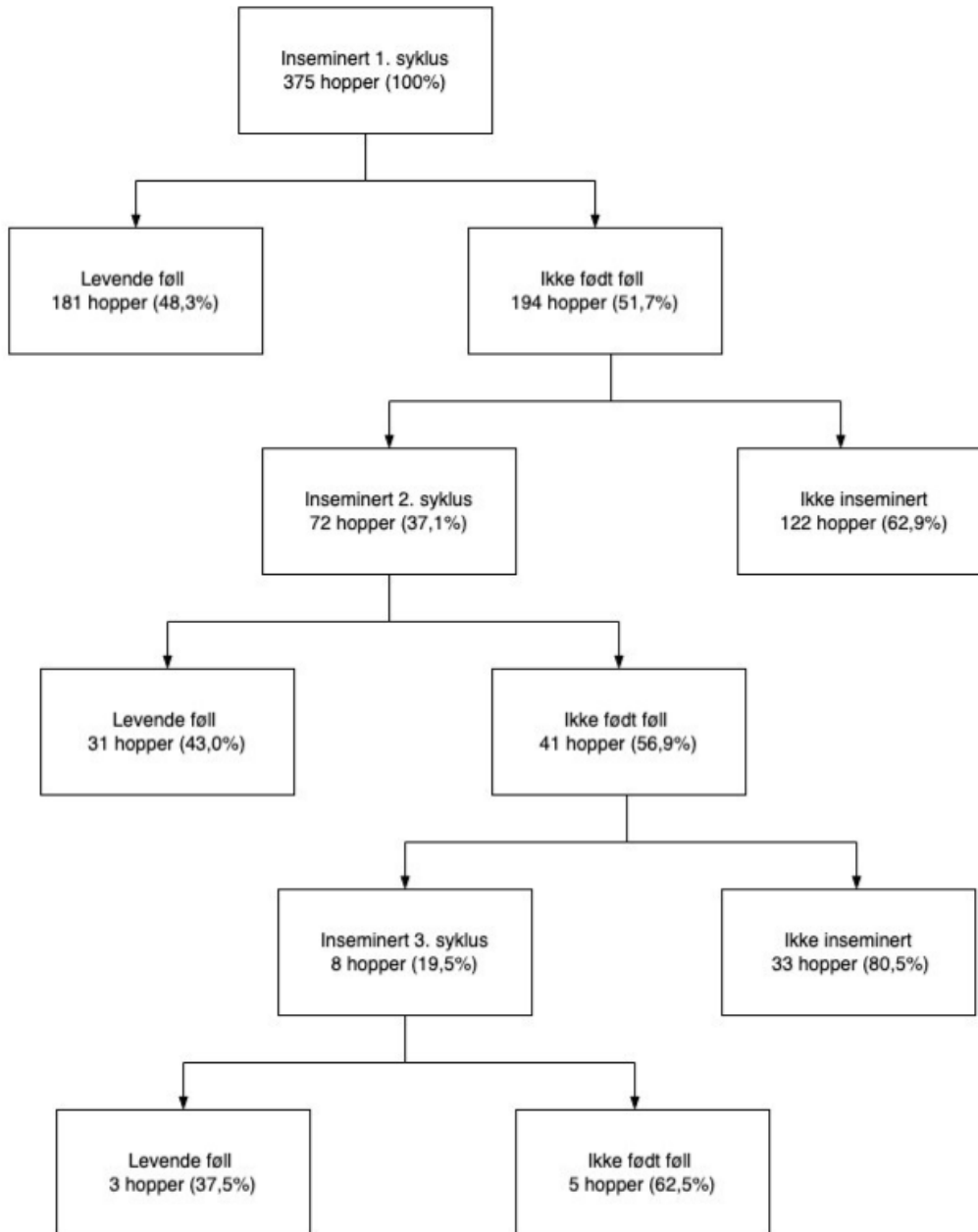
Signifikant forskjell i føllingsrate basert på semintype

Odds ratio (OR) for inseminering med kjølt, transportert sæd per syklus er på 0,38 (95% KI 0,2 – 0,6, $P < 0.001$), og OR er på 0,36 (95% KI 0,2 – 0,6, $P < 0.001$) per sesong, sammenliknet med inseminering med fersk sæd på seminastasjon. Dette forteller oss at det er signifikant lavere føllingsrate per syklus og per sesong ved inseminering med kjølt, transportert sæd. Antallet hopper inseminert med kjølt, transportert sæd er generelt få per seminhingst, og varierer fra 0-21 hopper. Sæd fra seks av hingstene ble brukt mindre enn seks ganger til kjølt, transportert sæd. Ved å sammenlikne føllingsrate per syklus for hingster som hadde mer enn 5 sendinger ser vi stor variasjon i føllingsraten etterfulgt av de forskjellige seminmetodene. På individnivå var føllingsraten i snitt 22,6% lavere ved inseminering med kjølt, transportert sæd sammenliknet med fersk.

Brunstsykluser

I datamaterialet fant vi registreringer over 375 hopper inseminert i syklus 1, enten med fersk sæd eller kjølt transportert sæd. Disse hadde en samlet føllingsrate på 48,3 % etter inseminasjon i første syklus. 194 av hoppene, dvs. 51,7 % av alle som ble inseminert i syklus 1 fødte ikke føll. Av disse ble kun 72 hopper inseminert på nytt, i syklus 2. Dette utgjør 37,1 % av alle hoppene som ikke fikk føll etter inseminasjon på første syklus. Av hoppene inseminert i syklus 2 var føllingsraten på 43,0 %. Av de 72 hoppene var det 41 som ikke fødte føll etter inseminering i syklus 2. Kun åtte hopper gikk videre til inseminasjon i syklus 3, noe som utgjør 19,5 % av de hoppene som ikke fikk føll etter inseminasjon på syklus 2.

Føllingsraten etter inseminasjon på syklus 3 var på 37,5 %. I Figur 10 vises fordelingen av hopper som fikk levende føll og ikke føll etter inseminering i syklus 1 til 3.



Figur 10: Flowchart som viser føllingsrate etter inseminasjon i 3 sykluser i løpet av en sesong.

Insemineringer per syklus

På brunstsyklus nivå har vi sett 243 tilfeller med inseminering kun én gang per syklus, 121 tilfeller med to inseminering per syklus, 37 tilfeller med tre insemineringer per syklus, fire tilfeller med fire inseminering per syklus og ett tilfelle med fem insemineringer per syklus.

Hoppene ble i snitt inseminert 1,5 gang per brunst, og 75 % av hoppene ble inseminert en eller to ganger per brunst. Føllingsraten er høyest for hoppene inseminert to og tre ganger per syklus, på 58,7 % og 59,5 %. For hopper inseminert én gang per syklus er føllingsraten 41,5 %, og for hopper inseminert fire og fem ganger ligger den på 25 % og 0 % (ett tilfelle).

Oddsene for at hoppa får føll etter to eller tre ganger insemineringer per syklus er dobbelt så stor ($OR \geq 2$) som ved inseminering én gang. Vi ser at det er en signifikant større odds for at hoppa føder levende føll etter inseminasjon to ($P = 0,002$) og tre ($P = 0,043$) ganger per syklus sammenliknet med én gang både ved å se på bedekningsmetodene samlet og bedekningskode 2 ($P \leq 0,042$) alene. 72 % av hoppene inseminert med kjølt, transportert sæd er kun inseminert én gang, til sammenlikning gjelder dette 55 % av hoppene inseminert med fersk sæd.

Tabell 2: Føllingsrate per 1. syklus, per syklus og per sesong for de ulike forklaringsvariablene.

| Variabler | Føllingsrate (%) | | |
|---|------------------|-------------|-------------|
| | Per 1. syklus | Per syklus | Sesong |
| Insemineringsmetode | | | |
| Fersk sæd på seminstasjon | 55,4 | 54,4 | 64,6 |
| Kjølt transportert sæd | 30,8 | 31,2 | 39,8 |
| Syklusnummer | | | |
| Syklus 1 | 48,3 | 48,3 | 59,4 |
| Syklus 2 | - | 43,1 | 50,0 |
| Syklus 3 | - | 37,5 | 37,5 |
| Antall insem. per brunst | | | |
| 1 | 42,1 | 41,5 | - |
| 2 | 59,1 | 58,7 | - |
| 3 | 58,8 | 59,5 | - |
| 4 | 33,3 | 25,0 | - |
| 5 (kun en observasjon) | 0,0 | 0,0 | - |
| Aldersgruppe hoppe | | | |
| Aldersgruppe 3-10 | 53,7 | 53,5 | 64,0 |
| Aldersgruppe 11-16 | 43,8 | 43,4 | 55,1 |
| Aldersgruppe 16+ | 41,3 | 37,5 | 45,0 |
| Status fra i fjor/ før inseminering | | | |
| Levende føll | 52,3 | 54,4 | 65,4 |
| Ikke født føll | 40,5 | 36,0 | 44,7 |
| Ikke-bedeckt eldre | 48,9 | 48,5 | 58,7 |
| Ikke-bedeckt ung | 57,5 | 56,5 | 65,0 |
| Totalt fersk på seminstasjon og kjølt transportert sæd | 48,3 | 47,3 | 57,5 |

Alder

Resultatet i Tabell 3 viser at det er signifikant lavere føllingsrate per syklus, OR på 0,4 (95% KI 0,2 – 0,6, $P = 0,08$) hos hopper >16 år, sammenliknet med hopper på 3–10 år. Vi ser også en signifikant lavere føllingsrate per sesong hos hopper >16 år, OR på 0,5 (95% KI 0,3 – 0,8, $P = 0,004$) sammenliknet med hopper 3-10 år. Aldersgruppen 11-16 år viser en P -verdi på 0,08 ved føllingsrate per syklus og P -verdi på 0,148 ved føllingsrate per sesong og har dermed ikke signifikant dårligere (OR = 0,7, 95% KI 0,4 – 1,1) føllingsrate sammenliknet med hopper 3-10 år som baseline. I datamaterialet manglet alder på tre av hoppene og de er derfor ikke medberegnet i denne regresjonsanalysen. Det er ikke sett en signifikant sammenheng mellom alder på hingst og føllingsrate blant hoppene.

Avlsstatus før inseminering

Avlsstatus hos hoppene fra forutgående år ble sammenlignet, fremstilt i Tabell 3, for å se om det var noen forskjell på hoppene som hadde levende føll før inseminering og de som ikke hadde det. OR for statusgruppe *ikke født føll* var på 0,43 (95% KI 0,2 – 0,8, $P = 0,004$) sammenliknet med statusgruppe *levende føll* per sesong. Dette forteller oss at det er større odds for at hoppene i gruppen *levende føll* blir drektige og får et nytt levende føll per sesong enn hoppene i gruppen *ikke født føll*. I aldersgruppen 3-10 år med status *levende føll* etter fjorårets avlssesong (43 individer) var det en føllingsrate på 66,2 % per sesong. Blant hopper med status *levende føll* i aldersgruppen 10-16 år (18 individer) var føllingsraten på 72,0 % per sesong og i gruppen >16 år var den på 53 % (9 individer). Hopper >16 år med status *ikke født føll* etter fjorårets avlssesong (7 individer) hadde en sesong føllingsrate på 26 %, mens den hos hopper 3-10 år med status *ikke født føll* (22 individer) var på 66,2 % og hopper 10-16 år på 45 % (9 individer).

Tabell 3: Univariable logistiske regresjonsanalyser av faktorer som kan påvirke føllingsrate per syklus og føllingsrate per sesong.

| Variabel | <u>Føllingsrate per syklus</u> | | | <u>Føllingsrate per sesong</u> | | |
|-------------------------------|--------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------|---------|
| | OR | [95% KI] | P-verdi | OR | [95% KI] | P-verdi |
| Insemineringsmetode | | | | | | |
| Fersk, seminstasjon | baseline | | | baseline | | |
| Transportert kjølt | 0,4 | 0,2-0,6 | 0,000 | 0,4 | 0,2-0,6 | 0,000 |
| Cons | 1,2 | 1,0-1,5 | 0,116 | 1,8 | 1,4-2,4 | 0,000 |
| Syklusnummer | | | | | | |
| 1 | baseline | | | baseline | | |
| 2 | 0,8 | 0,5-1,3 | 0,418 | 0,7 | 0,4-1,2 | 0,168 |
| 3 | 0,6 | 0,2-2,7 | 0,549 | 0,4 | 0,1-1,7 | 0,228 |
| Cons | 0,9 | 0,8-1,1 | 0,502 | 1,5 | 1,2-1,8 | 0,001 |
| Antall ins. Per brunst | | | | | | |
| 1 | baseline | | | - | | |
| 2 | 2,0 | 1,3-3,1 | 0,002 | - | | |
| 3 | 2,1 | 1,0-4,2 | 0,043 | - | | |
| 4 | 0,5 | 0,0-4,6 | 0,517 | - | | |
| 5 | 1,0 | - | - | - | | |
| Cons | 0,7 | 0,5 | 0,008 | - | | |
| Alder hoppe | | | | | | |
| 3-10 år | baseline | | | baseline | | |
| 11-16 år | 0,7 | 0,4-1,0 | 0,076 | 0,7 | 0,4-1,1 | 0,148 |
| >16 | 0,5 | 0,3-0,8 | 0,008 | 0,5 | 0,3-0,8 | 0,004 |
| Cons | 1,2 | 0,9-1,5 | 0,276 | 1,8 | 1,3-2,4 | 0,000 |

**Status fra i fjor/
før inseminering**

| Levende føll | baseline | | | baseline | | |
|-------------------|----------|---------|-------|----------|---------|-------|
| Ikke født føll | 0,5 | 0,3-0,8 | 0,005 | 0,4 | 0,2-0,8 | 0,004 |
| Ikke bedekt eldre | 0,8 | 0,5-1,3 | 0,319 | 0,8 | 0,4-1,3 | 0,284 |
| Ikke bedekt yngre | 1,1 | 0,8-1,7 | 0,805 | 1,0 | 0,5-2,1 | 0,962 |
| Cons | 1,2 | 0,8-1,7 | 0,326 | 1,9 | 1,3-2,8 | 0,002 |

Multivariabel analyse av føllingsrate per syklus

I den endelige multivariabel logistiske regresjonsanalysen av føllingsrate per syklus ble insemineringsmetode, antall inseminering per brunst og aldersgruppe hoppe og status i fjor inkludert. Modellen var basert på 449 insemineringstilfeller, da 6 mangler informasjon for minst en variabel. I den justerte modellen var odds ratio 0,4 (95% KI 0,3 – 0,7, $P = 0,001$) for seminmetode kjølt, transportert sæd sammenliknet med fersk sæd på seminestasjon. Dette kan tolkes som at det er ca. 60 % lavere odds for en hoppe å få føll dersom hun er inseminert med kjølt, transportert sæd sammenliknet fersk sæd på seminestasjon. For antall insemineringer per brunst var odds ratio 1,8 (95% KI 1,1 – 2,9, $P = 0,013$) og 1,4 (95% KI 0,7 – 3,1, $P = 0,347$) for henholdsvis to og tre insemineringer per brunst sammenliknet med én inseminering per brunst. OR for hopper 3-10 år er på 1,8 (95% KI 1,0 – 3,1, $P = 0,052$) sammenliknet med hopper >16 år, som forteller oss at det er 1,8 ganger så stor odds for at en hoppe på 3-10 år føder et levende føll etter inseminering på seminestasjon enn det er for en hoppe på >16 år. Det var ikke signifikant forskjell i odds ratio for hopper 11-16 år sammenliknet med hopper >16 år. Det signifikant effekt av status *født levende føll* sammenliknet med status *ikke født føll* etter i fjor med en odds ratio på 1,9 (95% KI 1,0 – 3,4, $P = 0,041$). Dette kan tolkes som at det er 1,9 ganger større odds for en hoppe å få føll dersom hun har føll etter forrige sesong enn om hun ikke har født føll etter å ha vært forsøkt avlet på året før. Hingster ble tatt med i analysen som en tilfeldig faktor, men hadde ikke en signifikant påvirkning på utfallene.

Tabell 4: Variabler med signifikant effekt i en multivariabel logistisk regresjonsanalyse av føllingsrate per syklus. Modellen inkluderer 449 insemineringstilfeller. Hingst er tatt med som en tilfeldig faktor.

| | Odds ratio | [95% KI] | P-verdi |
|-------------------------------|------------|----------|---------|
| Insemineringsmetode | | | |
| Fersk sæd, seminstasjon | baseline | | |
| Kjølt transport sæd | 0,4 | 0,3-0,7 | 0,001 |
| Antall ins. per syklus | | | |
| 1 | baseline | | |
| 2 | 1,8 | 1,1-2,9 | 0,013 |
| 3 | 1,4 | 0,7-3,1 | 0,347 |
| 4 | 0,4 | 0,0-4,4 | 0,470 |
| 5 | 1,0 | | |
| Aldersgruppe hoppe | | | |
| > 16 år | baseline | | |
| 3-10 år | 1,8 | 1,0-3,1 | 0,052 |
| 11-16 år | 1,3 | 0,7-2,4 | 0,438 |
| Statusgruppe i fjor | | | |
| Ikke født føll | baseline | | |
| Levende føll | 1,9 | 1,0-3,4 | 0,041 |
| Ikke bedekt eldre | 1,6 | 0,9-2,8 | 0,096 |
| Ikke bedekt ung | 1,7 | 0,7-3,7 | 0,214 |
| Cons | 0,4 | 0,2 | 0,008 |
| Random: Hingst | | | |
| var(_cons) | 0,03 | 0,0 | |

Diskusjon

Denne retrospektive kohortstudien kvantifiserer effekten av forskjellige variabler på føllingsrate per sesong hos fjordhest inseminert med hingster oppstallet på NFS i perioden 2004-2020. I denne studien var føllingsraten per syklus og per sesong i hovedfokus. Dette vil gi verdifull informasjon om fjordhestens fruktbarhet, men vil samtidig etterlate store informasjonshull da vi ikke har datamateriale til å si noe om drektighetsrate, oppfølging, tidspunkt for drektighetsundersøkelse eller andre faktorer som kan ha stor betydning for utfallet. Datamaterialet skulle ideelt vært mye større, og antallet hopper i de forskjellige aldersgruppene og statusgruppene etter avl i fjor skulle vært jevnere. I praksis er dette urealistisk, og materialet vi har å gå ut ifra er alle insemineringer som er gjennomført på NFS de siste årene.

For det viktige avlsarbeidet ved NSF vil blant annet utviklingen av en mer detaljert, og gjerne digital, oversikt med registrering av dato og tidspunkt for inseminasjon, funn på ultralyd i forbindelse med inseminasjon, drektighetskontroll til fastsatte tidspunkt samt oppfølging etter inseminering kunne føre til en høyere drektighetsrate, og dermed også bidra til en høyere føllingsrate hos rasen. En rutinemessig drektighetskontroll (før dag 16 og etter dag 40) etter inseminering, vil kunne oppdage hopper som ikke er drektige eller som eventuelt bærer på tvillinger. Det er også svært relevant med mer omfattende informasjon om hva som er sett på oppfølgende ultralyder etter inseminasjon med tanke på om hoppa har ovulert rundt inseminasjonstidspunktet, eller om det for eksempel fremdeles er en dominant follikkel til stede. Tettere oppfølging og inseminering på riktig tidspunkt vil på den ene siden føre til mer arbeid med den individuelle hoppa, men på den andre siden vil riktig inseminasjonstidspunkt kunne bidra til en høyere drektighetsrate og dermed resultere i totalt færre insemineringer per hoppe. En mer omfattende registrering særlig med fokus på drektighetskontroll vil i tillegg gi muligheter for ytterligere studier på drektighetsraten hos fjordhest. Ut fra et slikt datamateriale kunne vi sammenligne drektighets- og føllingsrate hos rasen med andre raser, og dermed fått et bedre utgangspunkt for å kartlegge hvor i prosessen forbedringspotensialet ligger.

I studien til Haadem *et. al.* (2015) har de både sett på drektighetsrate og føllingsrate hos norske kaldblodstravere, og viser til dokumentert årsakssammenheng for fallet i prosentpoeng

mellom drektighetsrate og føllingsrate, altså hva har skjedd med fosteret/hoppa. Forfatterne viser til et “drektighetstap” på 4,6-5,6 % for fersk sæd og 3,3-4,1 % for kjølt sæd i de forskjellige aldersgruppene med hopper, mens en annen studie (Nath, Anderson and McKinnon, 2010) rapporterer et embryotap på 6,2-14,0 % i løpet av dag 13-45 hos amerikanske varmbloodstraver-hopper. Dette forteller oss at det vil være forventet å se en forskjell mellom drektighetsraten og føllingsraten. Tap av drektighet kan forekomme gjennom hele drektigheten og ved å gjennomføre flere drektighetskontroller vil det være lettere å dokumentere når et eventuelt tap finner sted. Dette vil være nyttig for blant annet hoppeeierne da hopper med tidlig embryo- eller fostertap kan forsøkes bedekkes eller insemineres på nytt i samme sesong. Ved senere kontroller vil man også kunne oppdage hopper som aborterer senere i drektigheten. Det vil være nyttig å kjenne til et eventuelt fostertap slik at eier kan være oppdatert på hoppas tilstand med tanke på mengde trening og føring.

I en finsk studie definerer de “Pregnancy rate per cycle” som det optimale målet på fertilitet hos hoppe og hingst, men heller ikke i denne studien har de fått samlet nok data til å kartlegge nettopp drektighetsraten per syklus og sesong (Katila *et al.*, 2010). Haadem *et al.* beskriver *første syklus drektighetsrate* som et godt mål på fertilitet hos hingst og hoppe, da problemhopper, de hoppene hvor det må investeres mer tid og oppfølging med inseminering i flere sykluser, ekskluderes fra resultatet. I den norske studien ser de en total første syklus drektighetsrate på 51,2 % for begge seminmetoder, med 55,1 % etter inseminering med fersk sæd og 42,2 % ved bruk av kjølt, transportert sæd. Den totale drektighetsprosenten per syklus var i den samme studien på 84,4 % for fersk sæd og 66,9 % for kjølt, mens føllingsraten til slutt havner på 74,3 % (levende-føllrate på 73,0 %) uavhengig av seminmetode. I vår studie kan vi ta utgangspunkt i første syklus føllingsrate, som samlet er på 48,3 %, i stedet for første syklus drektighetsrate. Dette er et betydelig lavere tall på føllingsrate per første syklus sammenliknet med sesong føllingsraten (57,5 %). Skiller vi derimot resultatene etter seminmetode ser vi en vesentlig høyere føllingsrate per første syklus for fersk sæd, på 55,4 %, sammenliknet med kjølt, transportert sæd (30,8 %). Denne føllingsraten er på samme nivå som første syklus drektighetsrate etter inseminering med fersk sæd hos norske kaldbloodstravere, og kan ansees som et mer reelt mål på fruktbarheten til fjordhest hoppene og hingstene i vår studiepopulasjon da registreringer for kjølt, transportert sæd er få. I den australske studien, (Nath, Anderson and McKinnon, 2010) var den samlede drektighetsrate per første syklus høyere (69,0 %) for den ene rasen (engelsk thoroughbred) sammenliknet med den andre rasen (66,0 % hos amerikansk varmbloodstraver), men drektighetsrate per

sesong var lik for begge rasene ($\approx 68\%$). Dette viser oss at drektighetsrate per sesong og samtidig føllingsrate per sesong kan gi et “kunstig” høyt tall på fertilitet hos hoppe og hingst da man ikke tar hensyn til antall sykluser og antall insemineringer/bedekningstilfeller.

Resultatene i vår studie kan sammenliknes med føllingsraten hos norske kaldblodstravere i perioden 2006-2010 (Haadem *et al.*, 2015) og amerikanske varmblodstravere i Finland i perioden 1991-2005 (Katila *et al.*, 2010) da også disse er dokumentert som inseminert med fersk sæd og inseminert med kjølt, transportert sæd. Hos norsk fjordhest fant vi en samlet føllingsrate per sesong på 57,5 %, mens den hos norske kaldblodstravere var på 74,3 % og 71 % hos de amerikanske varmblodstraverne i Finland. Dette forteller oss at føllingsraten hos fjordhest er vesentlig lavere enn hos de større rasene nevnt over. Selv om føllingsrate ikke er det beste målet på fruktbarhet, er det likevel et godt mål for det økonomiske aspektet i avlen.

Tall fra nøkkelrapporten til NHS angir en føllingsrate på 60 % blant alle fjordhesthopper forsøkt avlet på høsten 2019, og føllingsraten har ligget på $< 60\%$ siden avlssesongen i 2003. Denne føllingsraten er basert på data innrapportert fra hesteeiere og omfatter alle bedekningstyper (naturlig, fersk sæd, transportert kjølt og frossen). Avviket i føllingsraten i registeret til NHS sammenliknet med føllingsraten i vår studie kan komme av at det er flere hopper bedekket naturlig sammenliknet med antallet inseminert, og at resultatene etter kjølt, transportert sæd har en større påvirkning på det samlede resultatet i vår studiepopulasjon enn de har på den større totale avlspopulasjonen. Det er også større fare for feilrapportering og mangelfull rapportering når NHS er avhengig av hesteeiere for å få korrekte registreringer. Dette gjelder alt av registreringer vedrørende drektighetsrate etter inseminering, tap av foster før følling eller annen informasjon ved drektighet og følling. Det er stor variasjon i innrapportering og et betydelig forbedringspotensiale (Norsk hestesenter, 2020). Hadde man hatt faste rutiner på når det ble gjennomført drektighetsundersøkelser kunne man fanget opp mye av informasjonen nevnt over. Dette er informasjon som i dag går tapt og kanskje ikke blir kontrollert i det hele tatt. Hadde rutinemessige drektighetskontroller blitt gjennomført på dag 14-15, mellom dag 33-35 og etter dag 40 og dokumentert i et felles register ville dette vært svært nyttig for både hesteeiere og NFL med tanke på kartlegging av avlsarbeidet. Et slikt kontrollregime hadde ikke bare gagnet hver enkelt hoppe i form av å avdekke eventuelle tvillingdrektheter og unormal utvikling av fosteret, men også avlsarbeidet på fjordhest i sin helhet. Med tilgang til denne informasjonen får man også en mer nøyaktig oversikt over hvor i avlsarbeidet det ligger størst rom for forbedring. Dersom drektighetsraten viser seg å

være høyere enn føllingsraten kan man sette inn tiltak for bedre oppfølging av hoppene, for eksempel hyppigere ultralydkontroller. Dersom drektighetsraten og føllingsraten er omtrent like kan man sette inn tiltak for å få flere hopper drektige.

Effekt av antall inseminasjoner per brunst på føllingsrate

Resultatene i vår studie viser at føllingsraten har en positiv trend med antall insemineringer per syklus, der det går fra 41,5 % hos hopper inseminert én gang til 58,7 % og 59,5 % hos hopper inseminert to og tre ganger (OR > 2). Med fire og fem insemineringer per syklus ser vi en negativ trend (OR = 0,5) i føllingsrate på henholdsvis 25 % og 0 % (kun ett individ). Det var signifikant forskjell mellom hoppene som ble inseminert én gang per syklus og de som ble inseminert to og tre ganger per syklus. Det vil si at det er større odds for å få levende føll hvis man inseminerer hoppa to eller tre ganger enn hvis man inseminerer hoppa én, fire eller fem ganger. Haadem et al. (2015) beskriver samme tendens i sin studie fra 2015 på hopper inseminert mer enn én gang, da også disse hadde signifikant bedre resultater på alle fruktbarhetsparameterne som ble sjekket (første syklus drektighetsrate, sesong drektighetsrate og føllingsrate).

I denne studien har vi ikke grunnlag til å konkludere på hvilke faktorer som kan settes i årsakssammenheng med den signifikant positive trenden i føllingsrate hos hopper inseminert to og tre ganger per syklus. Det kan tenkes at man ved å inseminere mer enn én gang vil øke sannsynligheten for å treffe riktig tidspunkt for ovulasjonen til hoppa, noe som igjen bidrar til økt odds for at hun blir drektig. En mulig utslagsgivende faktor kan være en lav sæddose. Dersom sæddosen ikke er høy nok vil det gi størst utslag når hoppa insemineres kun én gang. For å øke den totale føllingsraten hos en rase kan det være hensiktsmessig å innføre inseminering av alle hoppene to eller tre ganger. Dette kan føre til en økt total føllingsrate, men samtidig kreve mer ressurser i form av tid, personell, penger, og flere tappinger av hingstene.

Den negative trenden i føllingsrate hos hopper inseminert fire og fem ganger kan sannsynligvis settes i sammenheng med at dette gjelder et fåtall hopper (totalt fem individer) som sannsynligvis kan karakteriseres som problemhopper. Vi har ingen informasjon om at slike hopper var til stede i studiepopulasjonen.

Inseminasjonsmetode og effekt av inseminasjonstidspunkt på føllingsraten

Det ble i denne fordypningsoppgaven sett en høyere føllingsrate både på syklus og sesongnivå for inseminasjon med fersk sæd sammenlignet med transportert, kjølt sæd. Og det ble påvist en signifikant dårligere føllingsrate etter inseminering med kjølt transportert sæd sammenlignet med inseminering med fersk sæd på seminastasjon ($P < 0,00$), både på syklus og på sesongnivå. I studien til Katila et al., (2010) er lignende resultat sett hos finske kaldblodshester, hvor føllingsraten lå på 77 % for fersk, og 43 % for kjølt, transportert sæd. Tilsvarende funn har de også i studien til Haadem et al. (2015) hos norske kaldblodstravere.

For å oppnå befruktning av oocytten bør hoppa insemineres så nære ovulasjon som mulig. Riktig inseminasjonstidspunkt i forhold til ovulasjon vil avhenge av om man bruker fersk eller kjølt sæd, da spermene ved de ulike metodene vil ha ulik levetid. For kjølt sæd ligger det ideelle inseminasjonstidspunktet på mellom 24 timer før og 12 timer etter ovulasjon, mens det for fersk sæd ligger innen 48 timer før ovulasjon (Sieme et al., 2003; Brinsko et al., 2010). En studie av Newcombe and Cuervo-Arango, (2015) viste at drektighetsraten hos hopper inseminert med fersk sæd 36-24 timer før ovulasjon (29,4 %) var signifikant lavere ($p < 0,05$) sammenlignet med hopper inseminert 24-0 timer (60 %), samt 0-8 timer før ovulasjon (66,7 %). Inseminasjon på riktig tidspunkt vil kunne gi høyere drektighetsrate og redusere behovet for gjentatte insemineringer. Færre inseminasjoner per syklus vil i følge Brinsko et al. (2010) øke effektiviteten til avlsprogrammet samt redusere risikoen for iatrogen forurensning av hoppas reproduksjonstraktus.

En studie av Sieme et al., (2003) har sett på drektighetsraten ved inseminasjon med kjølt sæd. Hoppene i studien ble injisert intravenøst med 1500 IE human chorionic gonadotrophin (hCG) når de var i østrus og hadde en preovulatorisk follikel på 40 mm i diameter. Dette er et syntetisk hormon med LH-liknende effekt som induserer ovulasjon ca. 48 timer etter injeksjon. I forsøket ble follikel-utviklingen monitorert med ultralyd hver 12. time fram til ovulasjon og drektighetskontroll utført 12-16 dager etter ovulasjon. Det ble påvist at en enkelt inseminasjon med kjølt sæd per syklus ga like gode drektighetsrater som ved multiple inseminasjoner per syklus, så lenge inseminasjonen ble foretatt mellom 24 timer før til 12 timer etter ovulasjon. I denne studien ble det derimot ikke sett på om faktorer som transport av kjølt sæd kunne ha en negativ påvirkning på sædens kvalitet og utfallet av inseminasjonen.

I samme studie ble det foretatt en retrospektiv undersøkelse hvor man så på føllingsraten til hopper som ble inseminert med kjølt sæd én gang per syklus, uten informasjon om ultralyd-kontroller før eller etter inseminasjon, samt påfølgende drektighetskontroller. De fant at føllingsraten per syklus var signifikant lavere for hopper inseminert med kjølt sæd én gang per syklus (31,2 %) sammenlignet med hopper inseminert to (41,5 %), tre (43,6 %) eller 4 eller flere ganger (43,9 %). Det ble også sett en tendens til økte føllingsrater hos hopper inseminert daglig (45,5 %) sammenlignet med annenhver dag (42,1 %) fram til ovulasjon ($P = 0,054$). I vår fordypningsoppgave er det ikke sett noe nærmere på føllingsrate per syklus for hopper inseminert flere ganger per syklus kun ved bruk av kjølt transportert sæd, da dette er slått sammen med inseminasjon med fersk sæd. Sammenligner man uansett resultatene i denne studien ser vi likheter i at det er en trend ($P < 0,043$) med en føllingsrate høyere (OR > 2,0) for hopper inseminert to (58,7 %) og tre (59,5 %) ganger i forhold til kun én gang (41,5 %) per syklus.

Effekten av hoppas alder på føllingsrate

I vår studie ser vi en signifikant lavere føllingsrate per syklus hos hopper >16 år sammenlignet med hopper mellom 3-10 år. I studiene av Haadem *et al.* (2015) og Katila *et al.* (2010) fant de en signifikant negativ effekt av økende alder på føllingsraten hos norske kaldblodstravere, finske kaldblodshester og amerikanske varmblodstravere. I denne finske studien delte de opp finske kaldblodshester og amerikanske varmblodstravere i fire grupper etter alder: de unge (“young”) på 2-9 år, de med middelaldrende (“middle-aged”) på 10-13 år, eldre (“aging”) på 14-16 år og de veldig gamle (“very old”) på 17-25 år. Studiepopulasjonen, på 69180 avlskasus, var betydelig større i studien til Katila *et al.* (2010) og i Haadem *et al.* (2015) med sine 4833 avlskasus sammenliknet med vår studie. Den finske studien viser til en føllingsrate på 72,1% hos den yngste gruppen (3-9 år) en betydelig høyere føllingsrate sammenlignet med tilsvarende aldergruppe (3-10 år) i vår studie (føllingsrate på 54,3 %). Til sammenlikning er føllingsraten i den “veldig gamle” gruppen av amerikanske varmblodstravere (61,8 %) høyere enn den yngste gruppen i vår studiepopulasjon.

I Studien til Haadem *et al.* (2015) og i studien til Nath *et al.* (2010) så de at eldre hopper hadde en økt tendens til ikke å være drektige i slutten av sesong og en nedsatt tendens til å

føde et føll. Hos hopper i aldersgruppen 2-10 år beskriver Haadem *et al.* en føllingsrate på 76,8 % per sesong, mens den er på 65,8 % hos hopper på 16-24 år. I vår studie ser vi en signifikant ($P = 0,004$) lavere trend ($OR = 0,5$) i føllingsprosent per sesong hos hopper >16 år etter inseminering sammenliknet med de yngre hoppene på 3-10 år.

Når vi sammenlikner avlsstatus i fjor per sesong opp mot de tre aldersgruppene ser vi at det er stor variasjon i føllingsraten. Hos den yngste aldersgruppen (3-10 år) har hoppene i både gruppen *levende føll* og i gruppen *ikke-levende føll* en føllingsrate på 66,2 %. I den midterste aldersgruppen (10-16 år) har hoppene i gruppen *levende føll* en føllingsrate på 72,0 %, mens hoppene i gruppen *ikke-levende føll* har en føllingsrate på 45 %. I den eldste aldersgruppen (>16 år) har hoppene i gruppen *levende føll* en føllingsrate på 53 %, mens hoppene i gruppen *ikke-levende føll* har en føllingsrate på 26 %. Antallet individer er svært få i hver enkelt gruppe, med unntak av i den yngste aldersgruppen, men vi ser en tendens til at om hoppene ikke ble drektige året før kan det ansees som en negativ faktor på føllingsraten hos eldre hopper.

Alder på hingst brukt til inseminasjon

Alderen på hingstene brukt til inseminasjon ved NSF i innsamlet datamateriale varierer fra 3 til 10 år. Når man sammenligner det totale antallet insemineringer over den aktuelle perioden ser man at det er en overvekt av yngre hingster som tas i bruk i avlsarbeidet. Hingster på 3- og 4-år utgjør totalt 68,4 % av insemineringstilfellene. Medianen for alder hingst var 4 år, og 85 % av hingstene var 5 år eller yngre, sett per sesong og per individuelle hoppe. Dette gjenspeiles i avslplanen for norsk fjordhest hvor det er et aktivt fokus på å ta i bruk unge hingster i avlsarbeidet (Norges Fjordhestlag, 2022). I denne studien ble det ikke funnet en sammenheng mellom alder på hingst og føllingsrate, det gjorde heller ikke en lignende studie av Haadem *et al.*, (2015).

Flere studier har funnet en sammenheng mellom sædkvalitet og alder på hingst, og viser til blant annet en redusert spermotilitet og spermkvalitet med økende alder. I en studie ble det sett en signifikant dårligere sædkvalitet hos hingster i alderen under 3 år og over 11 år. Det er også sett forskjeller i sædkvalitet når det kommer til ulike hesteraser (Dowsett and Knott, 1996; Moraes *et al.*, 2016).

For norsk fjordhest finnes det ingen studier på sædkvalitet, eller studier som ser på sædkvalitet i forhold til hingstenes alder. Da vi ikke har nok tilgjengelig informasjon på dette i innsamlet datamateriale kan vi ikke se på alder hingst som en potensiell positiv eller negativ prognostisk faktor for føllingsrate i denne studien. Det er uansett en hovedvekt av yngre hingster som blir tatt i bruk i avlsarbeidet og vi kan spekulere i om dette kan bidra til en positiv effekt på fruktbarheten, dersom man ikke tar i betraktning eventuelle påvirkende faktorer ved for eksempel håndteringen av sæd som diskutert ovenfor.

Sædkvalitet og håndtering av sæd

Det er mange faktorer med sæden som kan påvirke utfallet av inseminasjon av en brunstig hoppe. Viktige faktorer som er sett på i lignende studier inkluderer blant annet kvaliteten på sæden, antall levedyktige spermier, konsentrasjonen og volumet brukt til inseminasjon (Davies Morel and Gunnarsson, 2000; Sieme *et al.*, 2003; Squires *et al.*, 2010). En annen viktig faktor er håndtering av sæden og rutiner med inseminering hos mottaker. En finsk studie gjort på kjølt sæd har vist en signifikant sammenheng mellom antall spermatozoa i ejakulatet og i AI-dosen som en faktor for drektighetsraten hos finske kaldblodshester, men ikke hos amerikanske varmbloodstravere. Studien viser til at det kan være både individuelle forskjeller i sædkvaliteten mellom hingster, samt forskjeller mellom ulike raser (Kareskoski *et al.*, 2019). I vår studie ser man en tendens til at det er stor differanse i føllingsraten mellom seminmetodene hos enkelte hingster på individnivå. Ettersom antallet registreringer per hingst er få kan vi ikke konkludere med en trend, men funnene gir uansett et inntrykk av en individuell variasjon i sædkvalitet, toleranse for nedkjøling og transport av sæd fra norske fjordhesthingster.

Ved NFS observerte vi rutinene i forbindelse med tapping og klargjøring av sæd for inseminasjon og transport; hingstene tappes med en “Colorado Kunstig skjede”, plastinnlegget smøres med “Genia” glidemiddel. Etter at hingsten ejakulerer i den kunstige skjeden, renner ejakulatet gjennom et filter og samles i et plastglass beskyttet med en hette for å unngå avkjøling. Rett etter tapping blir sæden tatt med til laboratoriet hvor 0,1 ml tas ut for å kunne måle tetthet ved bruk av et fotometer, og motilitet vurderes i mikroskop. Sæden fortynnes med “Inra” fortynningsvæske, som på forhånd er oppvarmet til 37°C i et vannbad.

Etter dette blir den fortynnede sæden stående i romtemperatur. Sæd som skal sendes overføres i sprøyter og pakkes i en isoporkasse med fryste kjøleelement.

Nedkjøling av sæd vil redusere spermienes levetid ved oppvarming. Studier viser at fersk sæd kan overleve 3-4 dager i hoppa, mens kjølt sæd av god kvalitet har en levetid på nærmere 48 timer. Antallet levende spermier i inseminasjonsdosen viser seg å være mer avgjørende enn selve volumet på dosen. I tillegg har det vist seg at antallet motile spermier kan reduseres, uten negativ effekt på drektighetsraten, dersom sæden er av god kvalitet og behandles korrekt. Riktig håndtering av sæd etter tapping er derfor avgjørende for sædens kvalitet og levedyktighet og kan dermed påvirke drektighetsraten og dermed også føllingsraten. Etter tapping må sæden håndteres på en måte som gir minst mulig utsettelse for traume, lys, overdreven kulde eller varme. Ideelt bør alt materiale som kommer i kontakt med sæden være oppvarmet til 37-38°C (Sieme *et al.*, 2003, 2004; Brinsko *et al.*, 2010). En studie av Heckenbichler *et al.*, (2010) som så på kjølt transportert sæd konkluderte med at god sædkvalitet og korrekt håndtering av sæd fra tapping og til transport hadde en signifikant effekt på drektighetsraten. Ved transport av sæd har man betydelig mindre kontroll på hva som skjer etter at sæddosene forlater seminastasjonen og før de kommer til mottaker. Dette er dermed en faktor som kan ha utslagsgivende effekt på resultatet.

Vi har i innsamlet datamateriale kun fått tilgang til stykkvis informasjon over mengden på ejakulatet, spermienes tetthet og bevegelighet for den aktuelle hingst, men har på grunn av mangelfullt datagrunnlag og tidsbegrensninger ikke hatt mulighet til å se på dette som en faktor på føllingsraten. Det ble i denne studien påvist en signifikant dårligere føllingsrate etter inseminering med transportert kjølt sæd sammenlignet med inseminering med fersk sæd på seminastasjon ($P < 0,00$) og det kan derfor undres om faktorene nevnt over kan ha hatt effekt på føllingsraten. Det kunne tenkes at mange av hoppene gikk videre til naturlig bedekning etter inseminering, men vi ser at dette kun gjelder et fåtall av hoppene, 21 individer, i vårt materiale.

Fruktbarhet

Fruktbarhet hos alle arter vil påvirkes av mange variabler, blant annet genetikk, føring og oppfølging av hoppene (Lean *et al.*, 2016). I våre resultater ser vi at få av hoppene i

datamaterialet som ikke fikk føll etter første syklus blir forsøkt inseminert igjen på andre syklus. Av de 194 hoppene som ikke fikk føll etter inseminering på første syklus var det kun 72 av dem, altså 37,1 %, som ble forsøkt inseminert igjen på syklus 2. Her er det et stort potensial for å bedre den totale føllingsraten ved å følge opp hoppene tettere, slik at de som ikke tar seg ved første syklus blir inseminert igjen og prosentandel hopper inseminert på ny i syklus to blir flere.

I en studie fra New Zealand ble det beskrevet at engelske fullblodshopper, også kalt thoroughbred, viste en første syklus drektighetsprosent på 53,6 %, en sesong drektighetsprosenten på 85,3 % og en føllingsprosent på 80,2 % (Hanlon *et al.*, 2012). Ved å gå videre med hoppene som ikke ble konstatert drektige etter den første syklusen klarte de å øke drektighetsprosenten med 31,7 %. I flere studier ser vi en tendens til at de varmblodige rasene har noe bedre drektighetsprosent enn de kaldblodige, der de engelske fullblodshestene er en varmblodig rase mens fjordingen er en kaldblodig rase. Som nevnt fant Hanlon *et al.* (2012) en drektighetsprosent på 85,3 % på engelske fullblods-hopper på New Zealand, mens Katila *et al.* (2010) fant en drektighetsprosent hos finske kaldblodshester på 64 % og 71 % hos amerikanske varmblodstravere. I Haadem *et al.* (2015) sin studie fant de en sesong drektighetsprosent på 84,4 % hos norske kaldblodstravere.

Tendensen vi ser til at de varmblodige rasene har en bedre drektighetsprosent enn de kaldblodige rasene gir ikke grunnlag til å kunne dra noen slutning om en signifikant sammenheng, og det er flere faktorer som påvirker drektighetsprosenten hos hoppene blant annet hingstens fertilitet, management og oppfølging. Mange av de varmblodige rasene som engelsk fullblods og amerikansk varmblodstraver avles fram som løps- og konkurransehester med håp om å få fram den neste store sportsstjernen. Avlsarbeidet er sannsynligvis godt fulgt opp da det legges ned mye tid og penger i å få frem gode hester som igjen kan bidra til en stor økonomisk gevinst. Selv om det og kan være en del penger i en god kaldblodstraver, er det ikke særlig mye økonomi i kaldblodsrasene som ridehester. Man kan dermed undres om prisen man får for et føll eller en voksen hest har betydning på hvor mye tid og penger man er villig til å bruke på å få en fjordhesthoppe drektig.

Studiens validitet

Informasjons bias

Datamaterialet innsamlet for denne oppgaven består av håndskrevne notater noe som gir stor mulighet for mistolking av informasjon. Feil kan ha blitt gjort ved registrering av data i journalen blant annet med tanke på hingst som er brukt, antall inseminasjoner, inseminasjonsdato osv. Ulike personer har stått for registreringen og det kan has vært utført med ulik grad av nøyaktighet. Ved innsamling var ikke følgesedler og all dokumentasjon komplette for alle hingstene, og dermed kan en del data mangle. I tillegg kan denne informasjonen ha blitt avlest feil ved innsamling grunnet utydelig håndskrift og plottfeil i Excel kan også ha forekommet.

Ikke målte konfunderende faktorer

Vi har ikke tilgjengelig informasjon om inseminasjonsteknikk, hoppas brunststatus ved inseminering, inseminasjonstidspunkt i forhold til ovulasjon og deponering av sæden. Inseminasjonsteknikk vil kunne variere fra veterinær til veterinær, og kan tenkes å ha en utslagsgivende effekt på føllingsraten ved transportering av sæd. Dette kommer i tillegg til selve sædkvaliteten, rutinene utført på NFS med håndtering og pakking samt holdbarheten på selve sæden. Det er samme personale som er involvert i tapping, håndtering og pakking, noe som reduserer variasjon på dette området. Inseminasjonstidspunkt er viktig og kan være svært avgjørende slik vi har diskutert ovenfor (Sieme *et al.*, 2003). Det er dermed flere faktorer vi ikke har informasjon om som vil kunne ha effekt på om hoppa blir drektig eller ikke, og om hoppa får levende føll eller ikke.

Intern validitet

NFS er den eneste hingstestasjonen som har spesialisert seg på Norsk fjordhest, og har to til tre fjordhesthingster oppstallet for sædtapping årlig. Studiepopulasjonen i denne studien består dermed av de aller fleste insemineringene gjort på fjordhest i Norge. Dermed anser vi den interne validiteten som god inseminerte fjordhestopper i Norge. Hopper og hingster som

har vært brukt til naturlig bedekning, eller inseminert med frossen sæd, er ikke tatt med i datamaterialet og er dermed ikke en del av resultatet.

Ekstern validitet

Hoppene og hingstene som er med i det tilgjengelige datamateriale har vært til inseminering ved hingstestasjonen ved NFS i perioden 2004-2020. Dette er ikke tilfeldig utvalgte hopper og hingster fra fjordhestpopulasjonen i Norge, og de utgjør kun en liten prosent av den totale avlspopulasjonen. Hingstene som er brukt på seminestasjonen er hingster selektert for fenotypiske egenskaper med tanke på avlsfremgang og forebygging av økende innavlsgrad, ikke med utgangspunkt i for eksempel sædkvalitet. Individuelle forskjeller i sædkvalitet vil kunne ha innvirkning på resultatene i vår studiepopulasjon, og da særlig siden populasjonen er liten. I 2020 var det totalt 54 registrerte fjordhesthingster og 271 hopper i avlen i Norge, av disse utgjorde seminhingstene og inseminerte hopper omkring 10 %.

Vi har ikke tilgjengelig informasjon om hoppene utover alder, insemineringstidspunkt, insemineringsmetode, resultat etter forrige sesong, samt resultat etter inseminering. Det kan blant annet være ønskelig å sende «problemhopper» til inseminering for å ha mer kontroll på brunstsyklus og insemineringstidspunkt. Populasjonen i vår studie vil i så fall være utsatt for bias dersom det skulle vise seg at det er en større andel «problemhopper» i utvalget enn i den totale norske avlspopulasjonen. Likevel ser vi at resultatet i form av føllingsrate per sesong sett i vår studie er nærliggende den totale føllingsraten oppgitt i nøkkeltallsrapporten (2020) fra NHS, noe som tyder på at utvalget kan være representativt. Det er mulig at vi både har «problemhopper» og «veldig gode hopper» i vår populasjon, slik at disse utjevner hverandre. Skulle denne balansen i vår studiepopulasjon være veldig forskjellig fra den øvrige avlspopulasjonen vil resultatene fra vår studie i mindre grad være gyldig for hele den norske fjordhestpopulasjonen. Skal man vurdere validiteten utover den norske bestanden trenger man informasjon om eventuelle utenlandske bestander av rasen.

Da det ikke finnes studier på føllingsrate hos Norsk fjordhest etter semin fra tidligere, vil denne studien være den første som dokumenterer føllingsrate hos inseminerte fjordhesthopper over en bestemt periode. Det må tas høyde for at studiepopulasjonen utgjør en begrenset andel av fjordhesthopper til bedekning og at det mangler noe data på konfunderende faktorer.

Konklusjon

Føllingsraten hos Norsk fjordhest etter inseminasjon i perioden 2004-2020 er 47,3 % per syklus og 57,5 % per sesong. For hopper inseminerte med fersk sæd lå føllingsraten på 54,4 % per syklus og 64,6 % per sesong. For hopper inseminerte med kjølt, transportert sæd, lå føllingsraten på 31,2 % per syklus og 39,3 % per sesong.

Signifikante negative faktorer for føllingsraten er inseminasjon med kjølt transportert sæd per syklus, og per sesong, samt hopper > 16 år gamle. Inseminerte hopper som fikk levende føll i fjor, har større odds for å få levende føll på nytt sammenliknet med hopper som ikke fikk levende føll i fjor. Det er signifikant større odds for å få levende føll ved inseminering to og tre ganger per syklus sammenliknet med én gang både ved å se på bedekningsmetodene samlet og sett på inseminering med fersk sæd alene.

Takk til bidragsyttere

En stor takk Ingrid Holmøy og Caroline Haadem for all støtte, hjelp og gode tilbakemeldinger, samt all veiledning i forbindelse med denne fordypningsoppgaven.

Takk til Norsk Fjordhestsenter og veterinær Torbjørn Nes Hjelle for at vi fikk komme på besøk for å se og erfare arbeidet deres, samt at vi fikk tilgang til datamateriale til bruk i denne oppgaven.

Summary

Title: A retrospective study of per cycle and seasonal foaling rates in the Norwegian fjordhorse after insemination

Authors: Helga Lindheim, Tonhild S. Tveiten og Mathilde Wilmot

Supervisor: Ingrid Holmøy og Caroline Haadem, Norwegian University of Life Sciences

To this date there are no published studies on fertility and foaling rate for the Norwegian Fjord Horse. Seeing this being an endangered breed it would be useful to map out fertility by the means of foaling rate as well as to discuss what measures are needed to maintain the population. The aim of this study was to describe out the foaling rate per cycle and per season after insemination of the Norwegian Fjord Horse. Furthermore, we wish to explore what factors may affect the foaling rate.

This study is a retrospective cohort study. The dataset included registered insemination of Norwegian Fjord Horses by stallions housed at the Norwegian Fjord Horse Center during the period 2004-2020. These registrations were collected and analyzed to calculate the foaling rate per cycle and per season by different insemination methods. Logistic regression analysis was performed to examine whether different explanatory variables would have a significant effect on the foaling rate.

The foaling rate per cycle was 47,3 % and 57,5 % per season. Mares inseminated with fresh semen had a foaling rate of 54,5 % per cycle and 64,6 % per season. Mares inseminated with cooled transported semen had a foaling rate of 31,2 % and 39,8 % respectively. Factors which affected the foaling rate negatively included insemination with cooled, transported semen per cycle and mare age above 16 years. We found a higher probability of foaling if the mare had given birth to a live foal the previous year and when inseminated two or three times per cycle.

This study demonstrates a lower foaling rate in the Norwegian Fjord Horse in comparison to other breeds such as the Norwegian Coldblooded Trotter and Standardbred Horses in other countries. Our results suggest that the method of insemination and mare age influence the foaling rate, and that successful foaling in the previous year could indicate a higher probability of successful foaling after insemination the succeeding year.

Referanser

- Adams, G.P., Bosu, W.T.K., 1988. Reproductive Physiology of the Nonpregnant Mare: An Overview and Update. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Reproduction* 4, 161–176. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30634-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30634-X)
- AI: Semen dilution [WWW Document], n.d. URL http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/equine/artificial_insemination/dilution.html (accessed 4.21.22).
- Anderson, K., 2011. UNDERSTANDING MARE REPRODUCTION Univeristy of Nebraska Lincoln, 8.
- Aurich, C., 2011. Reproductive cycles of horses. *Anim Reprod Sci* 124, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.005>
- Barbacini, S., Marchi, V., Zavaglia, G., 1999. Equine frozen semen: results obtained in Italy during the 1994–1997 period. *Equine Veterinary Education* 11, 109–112. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.1999.tb00930.x>
- Barstad, F., 2021. Vil du jobbe med hest i fjellet? - STIFTELSEN NORSK HESTESENTER [WWW Document]. URL https://www.nhest.no/vil-du-jobbe-med-hest-i-fjellet.6380611-467706.html?fbclid=IwAR24FqbpG6AiktrYDukqHFfa3FmqmS-tpwOE8NzPsKVfSt_uq1-TlmZiAJTA (accessed 4.17.22).
- Blanchard, T.L., Thompson, J.A., Brinsko, S.P., Varner, D.D., Love, C.C., Ramsey, J., O’Meara, A., 2010. Some Factors Associated With Fertility of Thoroughbred Stallions. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.05.005>
- Brinsko, S.P., Blanchard, T.L., Varner, D.D., Schumacher, J., Love, C.C., 2010. *Manual of Equine Reproduction*. Elsevier Health Sciences.
- Crowe, C. a. M., Ravenhill, P.J., Hepburn, R.J., Shepherd, C.H., 2008. A retrospective study of artificial insemination of 251 mares using chilled and fixed time frozen-thawed semen. *Equine Veterinary Journal* 40, 572–576. <https://doi.org/10.2746/042516408X281199>
- Dahle, H.K., 2006. *Fjordhesten i Noreg, 1*. Landbruksforlaget, Tun Forlag.
- Dahle, H.K., Nybråten, H., Gramstad, A., Sårheim, I., Hus, M., 2004. *Fjordhest- en brukshåndbok*. Landbruksforlaget.
- Davies Morel, M.C.G., Gunnarsson, V., 2000. A survey of the fertility of Icelandic stallions. *Animal Reproduction Science* 64, 49–64. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00192-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00192-5)
- Department of Animal Sciences, 1988. *The Mare: Breeding Soundness Examination & Reproductive Anatomy*. Agriculture and Natural Resources Publications. 17, ASC116.
- Dowsett, K.F., Knott, L.M., 1996. The influence of age and breed on stallion semen. *Theriogenology* 46, 397–412. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(96\)00162-8](https://doi.org/10.1016/0093-691X(96)00162-8)
- Elsevier Enhanced Reader [WWW Document], n.d. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.10.027>
- Fjordhestfargar [WWW Document], 2022. URL <https://norsk-fjordhestsenter.no/nn/fjordhestfargar> (accessed 4.22.22).
- Furre, S., 2016. Status for de nasjonale hesterasene høsten 2016. Norsk Hestesenter.
- Giedt, E., Hiney, K., 2019. *Reproductive Management of the Mare* - Oklahoma State University.
- Ginther, O.J., 1992. *Reproductive Biology of the Mare: Basic and Applied Aspects*. Equiservices.

- Haadem, C.S., 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, 77. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0161-8>
- Hanlon, D.W., Stevenson, M., Evans, M.J., Firth, E.C., 2012. Reproductive performance of Thoroughbred mares in the Waikato region of New Zealand: 1. Descriptive analyses. *N Z Vet J* 60, 329–334. <https://doi.org/10.1080/00480169.2012.693039>
- Hansen, I.R., 2019a. Betre drektighet: Korleis få føl i hoppa? | Fjordhestportalen. URL <https://fjordhest.net/blogg/2019/04/29/betre-drektighet-korleis-fa-fol-i-hoppa/> (accessed 3.27.22).
- Hansen, I.R., 2019b. Betre drektighet: Status for fjordhesten | Fjordhestportalen. URL <https://fjordhest.net/blogg/2019/04/20/betre-drektighet-status-for-fjordhesten%ef%bb%bf/> (accessed 3.27.22).
- Hansen, I.R., 2017. Seminsuksess på Norsk Fjordhestsenter | Fjordhestportalen. URL <https://fjordhest.net/blogg/2017/05/23/seminsuksess-pa-norsk-fjordhestsenter/> (accessed 4.22.22).
- Heckenbichler, S., Deichsel, K., Peters, P., Aurich, C., 2010. Quality and fertility of cooled-shipped stallion semen at the time of insemination. *Theriogenology* 75, 849–56. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.10.027>
- Høiseth, M., 2017. Genetisk variasjon og fargegenetikk hos fjordhest. Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Hunter, I., n.d. Artificial insemination – A systematic review of the effect of deposition site on pregnancy results 56.
- Johnsen, J., Seilen, J., 2009. Genetisk variasjon hjå fjordhest. Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, Institutt for Husdyr- og akvakultur.
- Kareskoski, M., Venhoranta, H., Virtala, A.-M., Katila, T., 2019. Analysis of factors affecting the pregnancy rate of mares after inseminations with cooled transported stallion semen. *Theriogenology* 127, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.036>
- Katila, T., Reilas, T., Peltonen, T., Virtala, A.-M., 2010. A 15-year survey of reproductive efficiency of Standardbred and Finnhorse trotters in Finland- descriptive results. *Acta Veterinaria Scandinavica*.
- Klemetsdal, G., Johnson, M., 1989. Effect of inbreeding on fertility in Norwegian trotter. *Livestock Production Science* 21, 263–272. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(89\)90055-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(89)90055-9)
- Landbruks- og matdepartementet, 2016. Evaluering av dagens bevaringsarbeid for de tre nasjonale hesterasene dølahest, fjordhest og nordlandshest/lyngshest og forslag til tiltak.
- Lean, I.J., Lucy, M.C., McNamara, J.P., Bradford, B.J., Block, E., Thomson, J.M., Morton, J.M., Celi, P., Rabiee, A.R., Santos, J.E.P., Thatcher, W.W., LeBlanc, S.J., 2016. Invited review: Recommendations for reporting intervention studies on reproductive performance in dairy cattle: Improving design, analysis, and interpretation of research on reproduction. *J Dairy Sci* 99, 1–17. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9445>
- McCue, P.M., 2016. Failure to cycle.
- McKinnon, A.O., Voss, J.L., 1993. Equine reproduction. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Moraes, C., Moraes, L., Scanlan, T., Baumber-Skaife, J., Loomis, P., Cortopassi, G., Meyers, S., 2016. Sperm Mitochondrial Function is Affected by Stallion Age and Predicts Post-Thaw Motility. *Journal of Equine Veterinary Science* 50. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.10.015>
- Morel, D., C. G, M., 2003. Equine Reproductive Physiology, Breeding and Stud Management. Oxford University Press.

- Morris, L.H.A., Allen, W.R., 2002. Reproductive efficiency of intensively managed Thoroughbred mares in Newmarket. *Equine Vet J* 34, 51–60.
<https://doi.org/10.2746/042516402776181222>
- Nath, L., Anderson, G., McKinnon, A., 2010. Reproductive efficiency of Thoroughbred and Standardbred horses in north-east Victoria. *Australian Veterinary Journal* 88, 169–175.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2010.00565.x>
- Nesheim, B.-I., 2021. fruktbarhet – medisin. Store medisinske leksikon.
- Newcombe, J.R., Cuervo-Arango, J., 2015. The Effect of Time of Breeding Relative to Ovulation on Pregnancy Rate When Using Cooled Transported Semen or Natural Mating in the Mare. *Journal of Equine Veterinary Science* 35, 956–959.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.09.004>
- Newcombe, J.R., Cuervo-Arango, J., 2011. The effect of time of insemination with fresh cooled transported semen and natural mating relative to ovulation on pregnancy and embryo loss rates in the mare. *Reprod Domest Anim* 46, 678–681.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01728.x>
- Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W. (Eds.), 2009. *Veterinary Reproduction & Obstetrics*, 9th edition. ed. Saunders Ltd., London.
- Norges Fjordhestlag, 2022. Avlsplan for fjordhesten.
- Norsk Fjordhestsenter, Espe, A., 2022. Seminstasjon.
- Norsk hestesenter, 2020. Nøkkeltal om dei norske hesterasane.
- Parlevliet, J.M., Kemp, B., Colenbrander, B., 1994. Reproductive characteristics and semen quality in maiden Dutch Warmblood stallions. *Reproduction* 101, 183–187.
<https://doi.org/10.1530/jrf.0.1010183>
- Refsdal, A.O., Gillund, P., Karlberg, K., 2014. *Fruktbarhet i fjøset*, Norbok. Fagbokforl., Bergen.
- Rydjord Hansen, I., 2020. Seminingst 2020: Myras Monrad. URL
<https://fjordhest.net/blogg/2020/05/02/seminingst-2020-myras-monrad/> (accessed 4.3.22).
- Rydjord Hansen, I., 2017. Innavl: Det er viktig å sjå heilskapen. URL
<https://fjordhest.net/blogg/2017/06/25/innavl-det-er-viktig-a-sja-heilskapen/> (accessed 2.22.22).
- Samper, J.C., Pycocock, J.F., McKinnon, A.O., 2007. *Current Therapy in Equine Reproduction*. Saunders Elsevier.
- Sandager, B., Bott, R., 2011. Estrus Detection in Mares 4.
- Sendel, T., 2021. *Anatomy, Physiology and Reproduction in the Mare* [WWW Document]. URL <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/horses/facts/10-099.htm> (accessed 3.23.22).
- Sertich, P.L., 2021. *The Reproductive Cycle of Horses - Management and Nutrition* [WWW Document]. MSD Veterinary Manual. URL
<https://www.msddvetmanual.com/management-and-nutrition/management-of-reproduction-horses/the-reproductive-cycle-of-horses> (accessed 3.22.22).
- Sieme, H., Bonk, A., Hamann, H., Klug, E., Katila, T., 2004. Effects of different artificial insemination techniques and sperm doses on fertility of normal mares and mares with abnormal reproductive history. *Theriogenology* 62, 915–928.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.12.011>
- Sieme, H., Schäfer, T., Stout, T.A.E., Klug, E., Waberski, D., 2003. The effects of different insemination regimes on fertility in mares. *Theriogenology* 60, 1153–1164.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00113-4](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00113-4)
- Sjaastad, O.V., Sand, O., Hove, K., 2010. *Physiology of Domestic Animals*. Scan. Vet. Press.

- Squires, E., Barbacini, S., Matthews, P., Byers, W., Schwenzer, K., Steiner, J., Loomis, P., 2010. Retrospective study of factors affecting fertility of fresh, cooled and frozen semen. *Equine Veterinary Education* 18, 96–99. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2006.tb00425.x>
- Strom, L.C., 2010. Breeding and breed development of the Norwegian Fjord Horse (Thesis).
- Tamarkin, L., Baird, C.J., Almeida, O.F.X., 1985. Melatonin: A Coordinating Signal for Mammalian Reproduction? *Science (American Association for the Advancement of Science)* 227, 714–720. <https://doi.org/10.1126/science.3881822>
- Thomassen, R., 1993. Konservering av hingstesæd og inseminasjon av hoppe. Institutt for reproduksjon og rettsmedisin, Norges veterinærhøgskole.
- Tuv, N., 2020. Slik måles fruktbarhet i statistikken [WWW Document]. ssb.no. URL <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/slik-males-fruktbarhet-i-statistikken> (accessed 3.27.22).
- University of Wisconsin Madison, n.d. Mare Anatomy: Vulva and Vagina [WWW Document]. URL http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/equine/mare_anat/vagina.html (accessed 2.24.22).
- van Buiten, A., Remmen, J.L., Colenbrander, B., 1998. Fertility of Shetland pony stallions used in different breeding systems: a retrospective study. *Vet Q* 20, 100–103. <https://doi.org/10.1080/01652176.1998.9694849>
- Veterinærinstituttet, 2022a. Herpesvirusinfeksjon hos hest [WWW Document]. URL <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/herpesvirusinfeksjon-hos-hest> (accessed 4.30.22).
- Veterinærinstituttet, 2022b. Ondartet beskjelersyke (Dourine) [WWW Document]. URL <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/ondartet-beskjelersyke-dourine> (accessed 4.16.22).
- Woolliams, J.A., Berg, P., Dagnachew, B.S., Meuwissen, T.H.E., 2015. Genetic contributions and their optimization. *J. Anim. Breed. Genet.* 132, 89–99. <https://doi.org/10.1111/jbg.12148>
- Yates, D.J., Whitacre, M.D., 1988. Equine artificial insemination. *Vet Clin North Am Equine Pract* 4, 291–304. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30642-9](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30642-9)



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no