

**SUKUPUOLILAJITELLUSTA SIEMENESTÄ SYNTYNEIDEN
VASIKOIDEN SUKUPUOLIJAKAUMA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT
TEKIJÄT**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mustiala, Maaseutuelinkeinot

Kevät, 2020

Paula Kekki

Maaseutuelinkeinot
Mustiala

Tekijä	Paula Kekki	Vuosi 2019
Työn nimi	Sukupuolilajitellusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakauma ja siihen vaikuttavat tekijät	
Työn ohjaaja/t	Jari Heikkinen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella sukupuolilajitellusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakaumaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus suoritettiin tarkastelemalla sukupuolilajitellulla siemenellä tehtyjä siemennyksiä vuosina 2010-2018. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Faba Osk, joka toimitti aineiston tutkittavaksi.

Vasikan sukupuolella on suuri merkitys nautakarjataloudelle. Sukupuolilajittelulla on monia hyviä puolia sekä maidontuotannon että lihantuotannon osalta. Maidontuotantoon saadaan parempia lehmävasikoita ja lihan tuotantoon nopeampikasvuisia risteytys- ja sonnivasikoita. Sukupuolilajiteltu siemen on suhteellisen uusi tekniikka, jonka vuoksi tutkimus menetelmän käytöstä ja vaikutuksista on tarpeellista.

Naudalla on 60 kromosomia eli 30 kromosomiparia, joista yksi kromosomipari määrittää jälkeläisen sukupuolen. Vasikan sukupuoli määräytyy sen mukaan, kumpaa kromosomia kantava siittiö hedelmöittää munasolun. Sonnin spermassa on noin puolet X- ja puolet Y-kromosomia kantavia siittiöitä. X- ja Y-siittiöt ovat keskenään hyvin samanlaiset, paitsi X-kromosomia kantavassa siittiössä on n. 4% enemmän DNA:ta. Sukupuolilajittelu perustuu tähän eroon DNA:n määrässä.

Aineiston perusteella isäsonnilla, vuodella ja vuodenajalla voi olla vaikutusta syntyvien vasikoiden sukupuoleen. Aineiston perusteella poikimakeralla, joka korreloi myös lehmän iän kanssa, ei näyttäisi olevan merkitystä. Aineiston perusteella rotujen välillä on eroja, mutta otanta yksittäistä rotua kohden jää niin pieneksi, että on mahdotonta tehdä siitä johtopäätöksiä.

Avainsanat nauta, keinosiemennys, sukupuolilajiteltu siemen, sukupuolijakauma

Sivut 39 sivua

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Mustiala

Author	Paula Kekki	Year 2019
Subject	Sex ratio of calves born from sexed semen and factors affecting it	
Supervisors	Jari Heikkonen	

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the sex ratio of calves born from sexed semen and the factors that may affect the sex ratio. The research was performed by looking at inseminations with sex semen in 2010-2018. The thesis was commissioned by Faba Osk, who submitted the material for the research.

The sex of the calf is very important in bovine livestock. There are many advantages the sexed semen can offer both for milk production and for meat production. Sexed semen produces better cow calves for milk production and quick-growing crossbreeds and bull calves for meat production. Sexed semen is a relatively new technology, which makes research into the use and effects of the method necessary.

Bovines have 60 chromosomes or 30 chromosome pairs. One chromosome pair of which determines the sex of the offspring. The sex of the calf is determined by which chromosome sperm fertilizes the egg. The bull's semen contains about half of the sperm carrying the X and half the Y chromosome. X and Y sperm are very similar to each other, except that the sperm carrying the X chromosome has about 4% more DNA. Sex sorting is based on this difference in the amount of DNA.

According to the data, the bull, the year and the season can influence the sex of the calves born. Based on the data, the number of calvings, which also correlates with the age of the cow, does not seem to matter. Based on the data, there are differences between breeds, but the sample per individual breed is so small that it is impossible to draw conclusions from it.

Keywords cattle, artificial insemination, sexed semen, sex ratio

Pages 39 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	NAUDAN LISÄÄNTYMINEN	2
2.1	Sukupuolen määräytyminen	2
2.1.1	Sukupuolen määräytymiseen vaikuttavat ulkoiset tekijät	3
2.1.2	Sukupuolen erilaistuminen	4
2.2	Lehmän sukupuolielimet	5
2.3	Kiimakierto	6
2.4	Hedelmällisyys	8
2.5	Keinosiemennys	9
2.6	Tiineys ja poikiminen	11
3	KEINOSIEMENNYS NAUTOJEN JALOSTUKSEN TYÖKALUNA	13
3.1	Sperman tuotanto ja sukupuolilajittelu	13
3.1.1	Sperman tuotanto	13
3.1.2	Sukupuolilajittelun historia	14
3.1.3	Sukupuolilajittelumenetelmät	15
3.1.4	Sukupuolilajittelun vaikutus tiinehtyvyyteen	17
3.2	Eläinaineksen kehittäminen	18
3.3	Sukupuolilajitellun siemenen käyttö	19
4	TUTKIMUS SUKUPUOLILAJITELLUSTA SIEMENESTÄ SYNTYNEIDEN VASIKOIDEN SUKUPUOLIJAKAUMASTA JA SIIHEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ	21
4.1	Tutkimuksen tausta	21
4.2	Aineisto ja sen käsittely	21
4.3	Sukupuolijakaumaan vaikuttavat tekijät sukupuolilajitellulla siemenellä	23
4.3.1	Rodun vaikutus	23
4.3.2	Sonnivalinnan vaikutus	25
4.3.3	Poikimakerran vaikutus	28
4.3.4	Vuodenajan tai vuoden vaikutus	29
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	33
	LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Vasikan sukupuolella on iso merkitys nautakarjataloudessa. Lypsykarjatiljoilla tarvitaan uudistukseen lehmävasikoita ja naudanlihantuotannon kannalta risteytys- ja sonnivasikat ovat parempia. Suomessa naudanlihantuotanto pohjautuu suurilta osin maidontuotannosta peräisin olevaan eläinainekseen; poistolehmiin, maitorotuisiin sonnivasikoihin ja risteytysvasikoihin.

Sukupuolilajitellulla siemenellä voidaan vaikuttaa syntyvän vasikan sukupuoleen. Sukupuolilajittelun tarkkuus, tuottaa haluttua sukupuolta oleva vasikka, on X-lajitellulla siemenellä noin 90 % ja Y-lajitellulla siemenellä 85 %. Sukupuolilajittelu on varsin uusi tekniikka. Se on kuitenkin yleistynyt nopeasti ja tekniikan tehostuessa se saattaa syrjäyttää tavallisen siemenen.

Lajitellun siemenen käytössä on monia hyviä puolia: Lypsykarjatila saa parempia lehmävasikoita ja karjan jalostusarvo kasvaa. Karjan perinnöllinen edistymisen nopeutuu, koska voidaan valita perimältään hyvät lehmät ja jättää niistä jälkeläinen karjaan. Perinnölliseltä tasoltaan heikommat lehmät voidaan siementää liharotusonnilla, jolla saadaan lihantuotannon näkökulmasta parempia vasikoita. Naudanlihantuotannon kannalta sonnivasikat ovat lehmävasikoita tuottavampia, koska sonneilla on parempi päiväkasvu, teuraspaino ja lihakkuus. Lajitellun siemenen käyttö ja risteytysvasikoiden tuotanto on myös ympäristöystävällisempää, lihaa pystytään tuottamaan pienemmillä kustannuksilla ja päästöillä.

Opinnäytetyön tutkimuskohteena tarkasteltiin erilaisten tekijöiden vaikutuksia sukupuolilajitellusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakaumaan. Opinnäytetyössä tutkittavat tekijät olivat rotu, sonnivalinta, poikimakerta, vuosi ja vuodenaika. Tutkimuskohde oli työelämälähtöinen ja tehtiin yhteistyössä Faba Osk:n kanssa. Faba Osk toimitti tutkittavaksi aineistoksi siemennystietoja vuosilta 2010-2018.

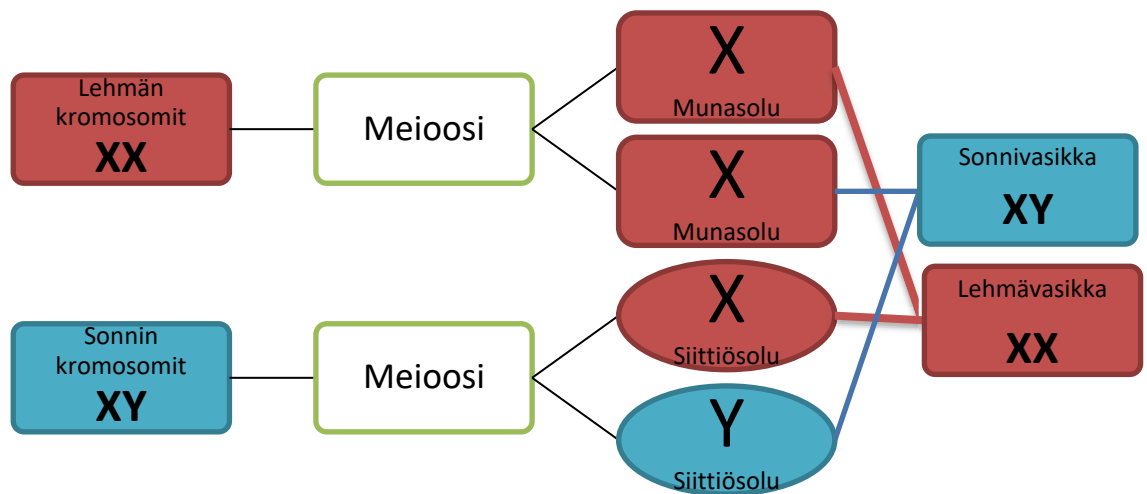
Työn tavoitteena oli lisätä tietoisuutta sukupuolilajitellusta siemenestä ja sen käytöstä. Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella rodun, sonnivalinnan, poikimakerran, vuoden ja vuodenaikan vaikutuksia sukupuolilajitellusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakaumaan. Tavoitteena oli myös tarkastella voisiko edellä mainituista tekijöistä jokin vaikuttaa siihen, että lajitellusta siemenestä syntyy ei-toivottua sukupuolta oleva vasikka. Tutkittavina kohteina olivat siemennykset sekä X- että Y-lajitellulla siemenellä. Työssä käsiteltiin vain toissijaista eli syntymäaikaista sukupuolta. Hellberg (2017) on tehnyt opinnäytetyön, jossa tutkittiin sukupuolilajitellun siemenen vaikutusta vasikoiden elinvoimaisuuteen.

2 NAUDAN LISÄÄNTYMINEN

2.1 Sukupuolen määräytyminen

Naudan kromosomisto on diploidinen eli kaksinkertainen ja naudalla on 60 kromosomia eli 30 kromosomiparia. (Aro, Hilpelä-Lallukka, Niemi, Toivonen & Vahlsten, 2012, s. 27) Nisäkkäillä, kuten naudoilla, sukupuoli määräytyy yhden kromosomiparin kautta. Naudan kromosomipareista 29 on autosomaattisia, eli eivät osallistu sukupuolen määräytymiseen. Yksi kromosomipari määrää tulevan yksilön sukupuolen, joten lehmävasikan sukupuolikromosomit ovat XX ja sonnivasikalla XY. (Kokkonen, Nowak, Veistola & Vilkki, 2009, s. 67) Hedelmöityksessä sonnin siittiöt määräävät syntyvän vasikan sukupuolen, koska lehmän munasoluissa on vain X-kromosomeja. Vasikan sukupuoli ratkeaa sen perusteella, kumpaa kromosomia kantava siittiö hedelmöittää munasolun. (Reinikainen, 2015, s. 2) Sonnin spermassa on noin puolet X-kromosomilla varustettuja siittiöitä ja puolet Y-kromosomin omaavia siittiöitä. (Ishmael, 2011) Sekä X- että Y-kromosomeja kantavat siittiöt ovat monissa suhteissa hyvin samanlaisia; niiden koko, muoto, paino, sähkövaraus ja nopeus ovat samanlaiset. Tämä on luonnollinen tapa antaa mahdollisuus sekä uros- että naarasjälkeläisten syntymiselle. Kuitenkin tutkijat ovat havainneet, että X-kromosomia kantavassa siittiössä on noin 4% enemmän DNA:ta kuin Y-kromosomia kantavassa siittiössä. (Dairy Herd Management, 2016)

Gameettien eli sukusolujen muodostumisessa tärkeä tekijä on meioosi, jonka aikana sukusolujen kromosomisto puoliintuu, eli syntyy haploideja gameetteja (kuva 1). Meioosi ylläpitää geneettistä monimuotoisuutta, koska jakautuminen on sattumanvaraista ja siitä syntyy miljoonia geneettisesti erilaisia sukusoluja. Koska sukusoluissa on vain puolikas kromosomisto ja naudon kromosomisto on diploidinen, hedelmöityksen yhteydessä syntyvä yksilö saa kromosomiston toisen puolikkaan isältä ja toisen emältä. Näin ollen syntyvän yksilön genomi muodostuu sattumanvaraisesti valikoituneiden sukusolujen yhdistymisestä. Jokainen yksilö, identtisiä kaksosia lukuun ottamatta, on uusi ja uniikki yhdistelmä geenejä. (Sariola, Frilander, Heino, Jernvall, Partanen, Sainio, Salminen, Thesleff & Wartiovaara, 2015, s. 132 – 140)



Kuva 1. Sukupuolen määräytymiseen vaikuttavat kromosomit.

2.1.1 Sukupuolen määräytymiseen vaikuttavat ulkoiset tekijät

Alla mainituissa tutkimuksissa on käsitelty vain toissijaista sukupuolijakaumaa (secondary sex ratio), eli vasikoiden syntymänaikaista sukupuolta. Ensisijaisella sukupuolijakaumalla (primary sex ratio) tarkoitetaan hedelmöityksen ja tiineyden aikaista sukupuolta. Ensisijaista ja toissijaista sukupuolijakaumaa verrattaessa voitaisiin tehdä ero sukupuolen ja sikiön selviytymisen välillä. Näin voitaisiin selvittää mahdollisia tekijöitä, jotka vaikuttavat sukupuolen määräytymiseen ja sulkea pois mahdolliset tekijät, jotka parantavat tai heikentävät toisen sukupuolen alkioiden selviytymistä.

Roche, Lee ja Berry ovat siteeranneet omassa tutkimuksessaan tutkijoita Skjervold ja James, joiden mukaan lehmien ensisijainen sukupuolijakauma saattaa olla hyvinkin vääristynyt urosten suuntaan. Jakauman vääristymä kuitenkin tasoittuu toissijaiseen sukupuolijakaumaan, koska suurin osa varhaisluomisista ja luomisista kohdistuu urosalkioihin. (Roche, Lee & Berry, 2006, s. 3221 – 3227)

Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan rodulla, hedelmöitysvuodella tai parituksella ei olisi vaikutusta sukupuolen määräytymiseen. Tutkimuksessa kävi kuitenkin ilmi, että sonnivasikan todennäköisyys kasvoi silloin kun hedelmöityksen aikaan lämpötila oli korkea tai kosteuden haihtuminen oli suurta. Sonnivasikan todennäköisyys kasvoi 3,74 % myös silloin, jos edellinen vasikka oli sonni. Tutkimuksessa oli mukana 1 897 lehmää, joilta tutkittiin 8 621 tuotantokautta vuosina 1970-2003. Tutkimuksessa tarkasteltiin syntyneiden vasikoiden sukupuolta. (Roche, Lee & Berry, 2006, s. 3221 – 3227)

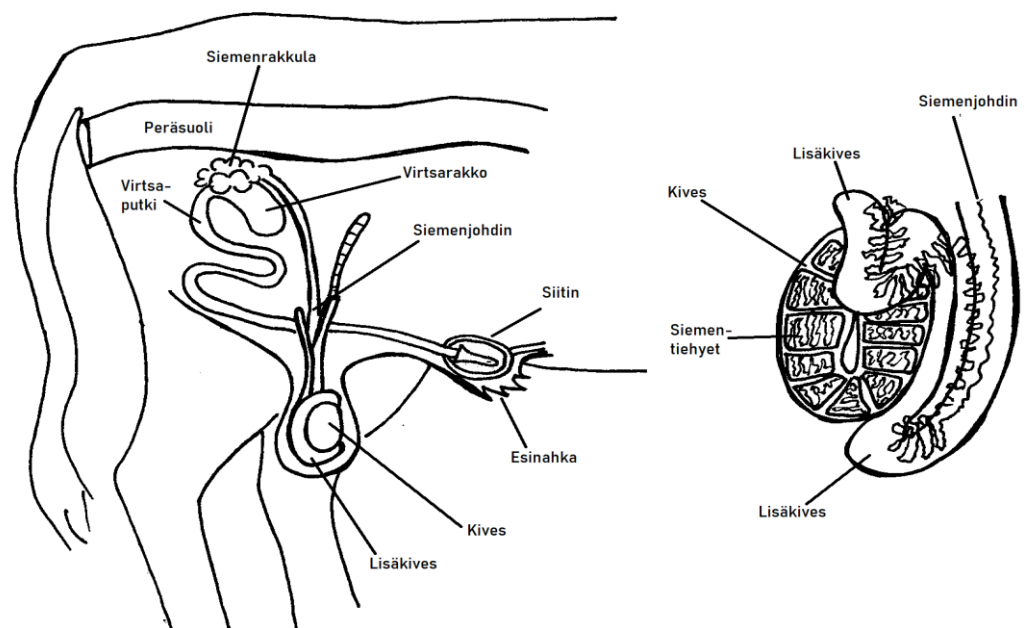
Samansuuntaisia tuloksia saivat myös irlantilaisutkijat vuonna 2006. Tutkimuksessa tarkasteltiin Irlannin kansallisen tietokannan tietoja syntyneiden vasikoiden sukupuolesta 642 401 poikimisesta vuosilta 2002-2005. Tutkimuksessa todettiin sonnivasikan todennäköisyyden kasvavan silloin,

kun siemennys tapahtui vuoden lämpiminä kuukausina, lehmän edellinen vasikka oli sonnivasikka, emä oli vanhempi lehmä tai isäsonnina oli käytetty liharotuista sonnina. (Berry & Cromie, 2006)

2.1.2 Sukupuolen erilaistuminen

Nisäkkäillä yksilöstä kehittyä vallitsevan linjan mukaan fenotyyppisesti naaras, mikäli kivekset eivät kehity. (Solunetti, 2006a) Urospuolisten nisäkkäiden Y-kromosomissa sijaitsee SRY-geenialue, joka on lyhenne englanninkielisestä termistä sex-determining region of the Y chromosome. SRY-alueella sijaitseva geeni käynnistää alkion sukupuolirauhasen aiheen erilaistumisen kiveksiksi. (Tieteen termipankki, n.d.a) Naaraspuolisilla nisäkkäillä ei ole Y-kromosomia eikä siksi SRY-geenialuetta. Tästä syystä naaraspuolisille alkioille kehittyä sukupuolirauhasen aiheesta munasarjat. Kehityksen alkuvaiheessa alkiolla on kummankin sukupuolen tiehytrakenteet; sekä Müllerin tiehyet että Wolffin tiehyet. Urossikiön kivesten solut tuottavat testosteronia ja sen esiastetta, jotka ylläpitävät Wolffin tiehyiden kehittymistä. Müllerin tiehyet surkastuvat kivesten solujen tuottaman anti-Müllerin hormonin takia. Naarassikiöllä päinvastoin Wolffin tiehyet surkastuvat ja Müllerin tiehyet kehittyvät. (Reinikainen, 2016, s. 1)

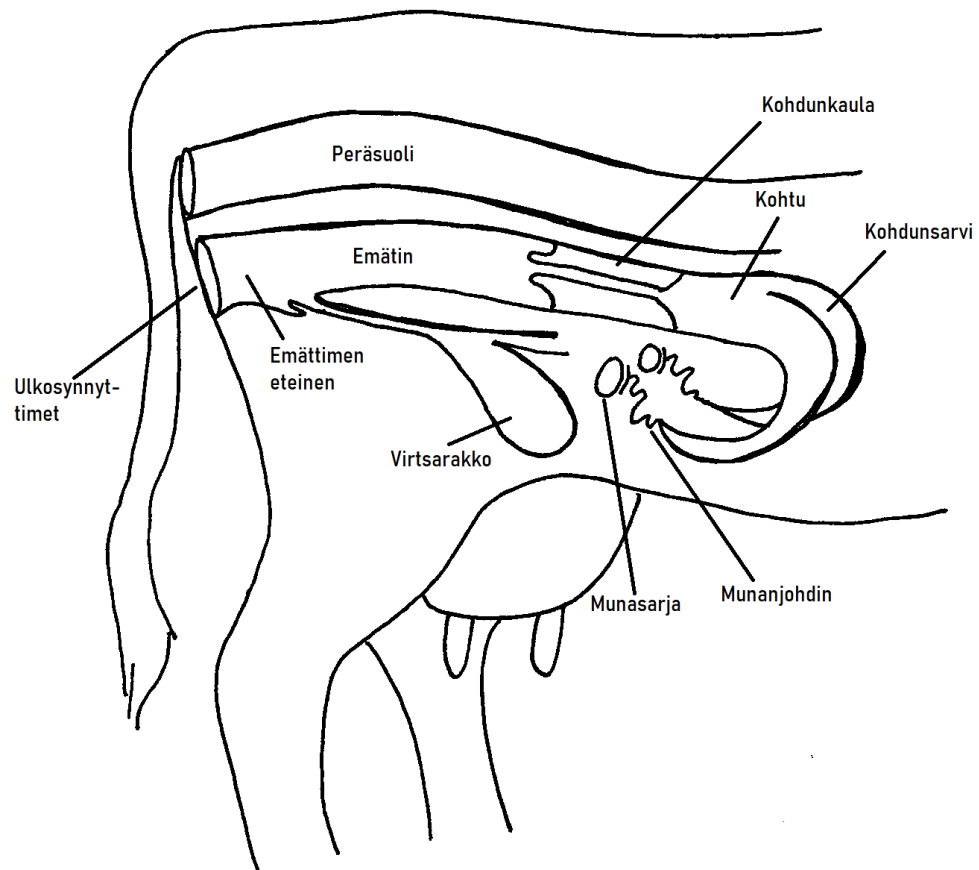
Nisäkkäillä tavanomaisesti sukupuolielimet jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin sukupuolielimiin. (Tirri, 2001, s. 680) Naaraan sisäiset sukupuolielimet ovat munasarjat, munanjohdin, kohtu ja emätin. Ulkoinen sukupuolielin naarailla on häpy. (Tirri, 2001, s. 468) Urossikiölle kehittyvät sisäiset sukupuolielimet ovat kives, lisäkives, siemenjohdin ja lisäsukupuolirauhaset (kuva 2). Uroksen ulkoisia sukupuolielimiä ovat siitin ja kivespussi. (Tirri, 2001, s. 342)



Kuva 2. Sonnin sukupuolielimet, mallikuva Nilsson (2009). (Kekki, 2020)

2.2 Lehmän sukupuolielimet

Lehmän sukupuolielinten toiminnan tunteminen on tärkeää lehmien kanssa työskenteleville kiimantarkkailun ja siementämisen vuoksi. Siementäjän on myös tunnettava lehmän sukupuolielinten anatomia (kuva 3). (Nilsson, 2009, s. 121)



Kuva 3. Lehmän sukupuolielimet, mallikuva Nilsson (2009). (Kekki, 2020)

Ulkosynnyttimet eli häpy on lehmän ulkoinen sukupuolielin. Häpyhuulien sisäpinta on limakalvojen peittämä. Kiiman aikana lisääntynyt verenkierto sukuelimissä aiheuttaa turvotusta ja limakalvojen punoitusta. Emättimen eteinen on lehmällä alue ulkosynnyttimistä virtsaputken suulle. Emätin on 25-30 cm pitkä ja alkaa emättimen eteisestä ja päättyy kohdunkaulaan. Kohdunkaula liittyy emättimen kohtuun. (Nilsson, 2009, s. 122)

Kohdunkaula on voimakkaasti poimuttunutta vahvaa sidekudosta ja se sisältää limaa muodostavia rauhasia. (Nilsson, 2009, s. 122) Kohdunkaula on kiiman aikana niin kova, että sen pystyy tuntemaan ja saamaan otteen peräsuolen kautta. (Sirkkola & Tauriainen, 2013, s. 116) Kohdunkaulan alkuosaa kutsutaan myös nimellä kohdunsuu. Kohdunkaula laajenee poikimisessa, mutta muulloin se on hyvin ahdas. Kohdun runko itsessään on hyvin lyhyt, vain noin 2-4 cm. (Nilsson, 2009, s. 122) Kohdun seinämät ovat paksua limakalvoa ja kohtuontelo on vain rako limakalvojen

välissä. Kohdun limakalvot reagoivat kiimakierron eri vaiheissa. (Sirkkola & Tauriainen, 2013, s. 115) Keinosiemennyksessä siemenannos tyhjennetään kohdunkaulan loppuosaan. Kohtuontelo jakaantuu kahteen kohdunsarveen, jotka ovat sarvenmuotoisia ja 20-40 cm pitkiä. Sikiön kehitys tapahtuu siinä sarvessa, jossa munasolu on hedelmöittynyt. Kohdun seinämässä on vahva lihaksisto, jota tarvitaan poikimisessa. (Nilsson, 2009, s. 122)

Munajohtimet ovat jatkoa kohdunsarvien kärjille. Ne mutkittelevat noin 25 cm pituisina ja niiden päässä on suppilo, joka tarttuu munasoluun sen vapauduttua munasarjasta. (Nilsson, 2009, s. 122) Kyseessä on suppilomainen kalvopoimu, joka on munasarjan ympärillä. (Sirkkola & Tauriainen, 2013, s. 113 & 115) Hedelmöitys tapahtuu munajohtimessa, jossa siittiöt odottavat ovulaatiota tapahtuvaksi ja josta hedelmöitetty munasolu kulkeutuu kohtuun. Munasarjat muodostavat munasoluja ja tuottavat sukupuolihormoneja. Jokaisessa munasarjassa on noin 60 000 munasolun aihetta. Sukukypsillä eläimillä on munasarjan pinnalla erikokoisia munarakkuloita. Kiiman aikana eläimellä on suurempi munarakkula, joka sisältää kypsän munasolun. Kiimojen välissä ja tiineyden aikana munasarjassa on toimiva keltarauhanen. (Nilsson, 2009, s. 122)

2.3 Kiimakierto

Kiimalla tarkoitetaan aikaa, jolloin lehmä on valmis paritteluun ja kiiman aikana munasolulla on paras mahdollisuus hedelmöittyä. Lehmän kiimakierron pituus on keskimäärin noin 21 päivää, mutta vaihtelu 18-24 päivän välillä on normaalia, eli lehmä tulee kiimaan noin kolmen viikon välein. (Alasuutari, Manni & Rautala, 2013, s. 98)

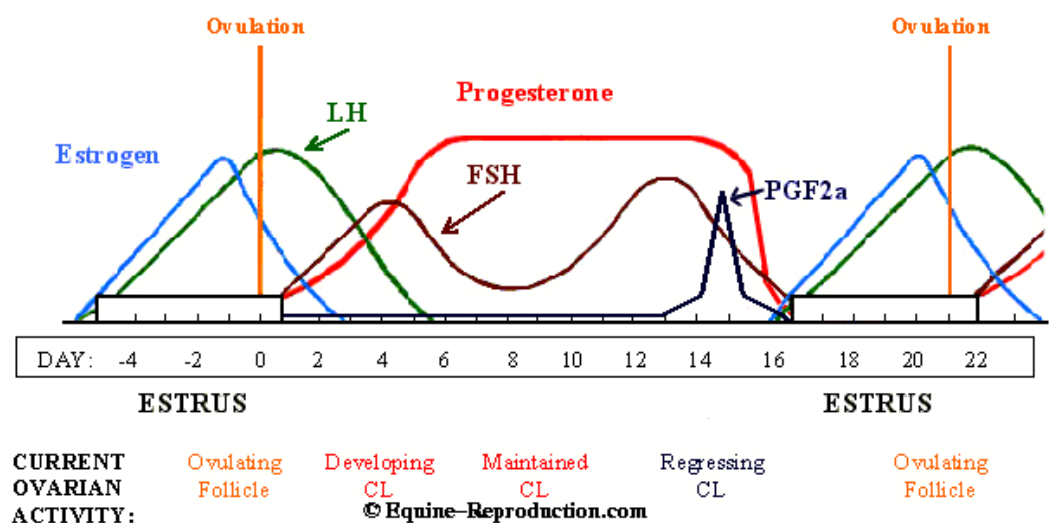
Kiimakierron katsotaan alkavan kiimapäivästä. Varsinainen kiima kestää tavallisesti päivän, mutta voi olla ohitse jo muutamassa tunnissakin. (Rautala, 1996, s. 104) Kiiman aikana eläin pysyy paikallaan sonnin tai toisen lehmän hypätessä sen selkään. Eläimen ollessa kiimassa sen sukuelimistä valuu kirkasta, venyvää limaa ja ulkoiset sukuelimet voivat olla hieman punertavat ja turvonneet. (Alasuutari ym., 2013, s. 98 – 99)

Kiiman jälkeen alkaa jälkikiima, joka kestää muutaman päivän. Jälkikiiman aikana munarakkula eli follikkeli puhkeaa ja sen paikalle alkaa kehittyä keltarauhanen. (Rautala, 1996, s. 104) Follikkelin puhkeaminen aiheuttaa munasolun vapautumisen, eli ovulaation, keskimäärin 25-30 tuntia kiiman alkamisen jälkeen. (Alasuutari ym., 2013, s. 101) Jälkikiiman aikaan eläin ei enää anna muiden hyppiä selkäänsä, mutta voi hyppiä vielä itse. Lima-vuoto ei ole enää yhtä kirkasta ja se myös sitkistyy jälkikiiman aikana. Suurella osalla eläimistä esiintyy jälkikiiman aikaan veristä vuotoa sukuelimistä, yleensä verivuoto tulee 1-2 päivää kiiman jälkeen.

Välikiimaksi tai keltarauhasvaiheeksi kutsutaan aikaa, jolloin munasarjassa on toimiva keltarauhanen, joka tuottaa progesteronia eli keltarauhashormonia (kuva 4). Välikiima kestää tavallisesti noin kaksi viikkoa. (Alasuutari

ym., 2013, s. 99) Tiinehtymättömän kohdun limakalvot alkavat tuottaa prostaglandiinia, joka hävittää keltarauhasen. (Alasuutari ym., 2013, s. 103)

Keltarauhasen surkastuttua alkaa muutaman päivän pituinen esikiima, jonka aikana uusi munarakkula kasvaa ja lehmän sukuelimet alkavat valmistautua uuteen kiimaan ja paritteluun. (Rautala, 1996, s. 104) Esikiiman aikana eläin on levoton ja hyppii muiden eläinten selkään, mutta ei kuitenkaan päästä muita hyppimään omaan selkäänsä. Esikiiman alussa sukuelimissä esiintyy paksua ja harmaata limaa, joka varsinaisen kiiman lähestyessä muuttuu kirkkaaksi ja venyväksi kiimalimaksi. Limavuoto alkaa yleensä 1-3 päivää ennen kiimaa. (Alasuutari ym., 2013, s. 98 – 99) Esikiiman jälkeen alkaa kiima. (Rautala, 1996, s. 104)



Kuva 4. Hormonitoiminnan muutokset kiimakierron aikana. (Mottershead, 2001)

Hiehon kiimakierrot alkavat sen tullessa sukukypsäksi noin vuoden ikäisenä. Sukukypsyyksiän normaalina vaihteluna pidetään 7-15 kuukautta. Kiimakierron alkamiseen vaikuttaa ikää enemmän hiehon paino. (Alasuutari ym., 2013, s. 103) Tiineyden aikana lehmän kiimakierto on ollut pysähdyksissä. (Alasuutari ym., 2013 s. 103) Lehmän kohtu palautuu poikimisen jälkeen ennalleen muutamassa viikossa ja munasarjojen pitäisi alkaa toimia kuukauden kuluttua poikimisesta. Poikimisen jälkeen ensimmäiset kiimat jäävät yleensä vaimeiksi ja siksi huomaamatta. Munasarjojen toiminnan alkamisessa saattaa olla epäsäännöllisyyksiä, mikäli lehmän ruokinta on riittämätöntä sen maitotuotokseen nähden tai lehmä sairastaa. (Rautala, 1996, s. 103 – 104)

2.4 Hedelmällisyys

Vuonna 2018 tuotosseurantaan kuuluneiden tilojen lehmien keskimääräinen poikimaväli on ollut 407 päivää ja keskimäärin tarvittiin 1,9 siemennystä poikimista kohti. Poistetuista ensikoista 22,8 % poistettiin huonon hedelmällisyyden takia. Useammin kuin kerran poikineista poistetuista lehmistä 16,5 % poistettiin huonon hedelmällisyyden vuoksi. (Nokka, 2019)

Lehmän hedelmällisyyteen vaikuttavat monet asiat; terveys, hoito, perimä ja ruokinta. (Hissa, n.d.) Ihanteellisessa tilanteessa lehmä tiinehtyy ensimmäisestä siemennyksestä kolme kuukautta poikimisen jälkeen ilman eläinlääkärin hoitoja. (Rautala, 1996, s. 131) Lehmä ei saa olla liian lihava tai laiha. Kuntoluokan tulisi olla poikivalla lehmällä noin 3,5 ja se saisi herumiskaudella pudota enintään luokkaan 3. (Hissa, n.d.) Sairaudet heikentävät lehmän hedelmällisyyttä. (Rautala, 1996, s. 131)

Myös ravintoaineiden saannilla on merkitystä lehmän hedelmällisyyden kannalta. Lehmän on saatava rehuista tarpeeksi valkuaista ja kivennäistä sekä energiataseen on oltava kunnossa. Lehmän hivenainesannilla on myös merkitystä hedelmällisyyteen; mangaanilla on vaikutusta sukupuolihormonien määrään sekä keltarauhasen toimintaan, seleeni vaikuttaa jälkeisten irtoamiseen sekä kupari ja sinkki kohdun toimintaan ja tiinehtymiseen. Poikimisen jälkeen lehmälle tulee usein energiavaje, kun maitotuotos nousee nopeammin kuin syöntikyky. Energiavajeessa lehmä alkaa käyttää kudosasvojaan energiana, jolloin osa rasvoista muuttuu sen maksassa myrkyllisiksi ketoaineiksi. Mitä pidempään ja vakavampana energiavaje jatkuu, sitä todennäköisempää on lehmän sairastuminen ketoosiin. Ketoosia sairastava lehmä lakkaa syömästä, maitotuotos putoaa ja maidon rasvapitoisuus nousee. Lehmän verensokerilla on suora vaikutus tiinehtyvyyteen, koska munasolut käyttävät glukoosia ravintonaan. Energiavajeen aikana munasolut heikkenevät ja kypsyvät heikommin sekä kiimat jäävät heikoiksi. Piilevä poikimahalvaus ja sen aiheuttamat terveysongelmat voivat myös olla hedelmällisyysongelmien taustalla. (Hissa, n.d.)

Hedelmällisyyden häiriöt vaikuttavat lehmän tiinehtyvyyteen. Lehmän hedelmällisyshäiriöt voivat johtua kohdun tulehdustilasta tai hormonihäiriöstä. Välillä eläimen tiinehtymättömyydelle ei löydy minkäänlaista syytä. (Farmit, n.d.) Kohtutulehdus muodostuu, kun poikimisen yhteydessä lehmän kohtuun on päässyt bakteereja, jotka yhdessä muiden tekijöiden, esimerkiksi heikentyneen vastustuskyvyn ja jälkeisten jäämisen kanssa, aiheuttavat kohtutulehduksen. (Luukkonen & Taponen, 2014, s. 143)

Yleisimpiä lehmien hormoniperäisiä hedelmällisyshäiriöitä ovat munasarjarakkulat, hiljaiset kiimat ja kiimattomuus. Munasarjarakkula eli kysta muistuttaa muodoltaan follikkelia. Rakkula ei ovuloidu, vaan säilyy munasarjassa vähintään 10 päivää. Rakkulan aikana lehmällä ei ole toimivaa keltarauhasta. Lehmistä 10-13 %:lla esiintyy munasarjarakkula tuotoskauden aikana. (Garverick, 1997) Muita hormoniperäisiä hedelmällisyshäiriöitä

ovat kiimattomuus ja hiljaiset kiimat. Hiljaisilla kiimoilla tarkoitetaan tilaa, jossa lehmän munasarjat toimivat, mutta kiiman merkkejä ei ole tai ne ovat hyvin epäselvät. Kiimattomalla eläimellä ei ole kiiman oireita eivätkä munasarjat toimi. (Farmit, n.d.)

2.5 Keinosiemennys

Keinosiemennyksellä tarkoitetaan eläinten keinollista lisäämistä. Keinosiemennyksessä siirretään keinotekoisesti sonnin spermaa lehmän kohtuun. (Ruokavirasto, n.d.a) Sperma on ensin kerätty sonnilta ja pakattu sen jälkeen siemenannospakkauksiin eli olkiin. (Ala-Siurua, 2013, s. 10)

Keinosiemennyksellä pystytään nopeuttamaan jalostuksellista edistymistä ja parantamaan eläinterveyttä. Keinosiemennys on myös käytännöllisempää ja taloudellisempaa kuin tilasonnin pitäminen. Keinosiemennyksen ja siementen pakastamisen ansiosta ulkomaista huippusonnin siementä on mahdollista saada Suomeen, koska siemenannoksia pystytään liikuttamaan ympäri maailmaa. Siemenannokset säilyvät vuosikymmeniä, joten on mahdollista saada myös vanhojen sonnien siementä. Jokaisella tilalla oman tilasonnin pitäminen ei ole järkevää, koska sonnien pito aiheuttaa ylläpitokustannuksia ja vaatii tilaa. Sonnia pitäisi myös pystyä vaihtamaan tarpeeksi usein, jotta vältetään sukusiitokselta. (Ala-Siurua, 2013, s. 10)

Historiallisesti ensimmäinen keinosiemennys tehtiin vuonna 1780 Italiassa, jossa tiedemies Lazzaro Spallanzani onnistui keinosiementämällä saamaan koiran tiineeksi. Keinosiemennyksen keksijänä pidetään kuitenkin I. I. Ivanovia, joka keksi keinoemättimen siementen keinolliseen talteenottoon ja laittoi alulle nautojen keinosiemennyksen Venäjällä vuonna 1899. (Kuusniemi, 2006, s. 27 – 28; Mäkinen, 2006, s. 28) Venäjä toimi edelläkävijämaana keinosiemennyksen tutkimuksen ja käytännön toteuttamisessa. (Mäkinen, 2006, s. 28) Ruotsissa perustettiin vuonna 1943 ensimmäinen keinosiemennysyhdistys ja Suomi seurasi perässä vuonna 1946. Suomen ensimmäisen keinosiemennysyhdistyksen, Varsinais-Suomen keinosiemennysyhdistyksen, perustivat Varsinais-Suomen ayrshirekasvattajat. Jo ennen vuotta 1946 oli Suomessa kiinnostusta ja kokeiluja keinosiemennysmenetelmän osalta. (Mäkinen, 2006, s. 29 – 35) Varsinais-Suomen keinosiemennysyhdistyksen ensimmäinen siemennys tehtiin 10.2.1947. Vuonna 1949 annettiin laki sekä asetus keinosiemennyksen harjoittamisesta, jolloin keinosiementämisestä tuli luvanvaraista. Siemennettyjen lehmien määrä nousi vuosien 1949-1969 välisenä aikana melkein 100 %:iin kaikista maan lehmistä. (Maijala, 1998, s. 10 – 11)

Keinosiementämisen luvanvaraisuudesta luovuttiin vuonna 2014, mutta siemennyksiä tekevältä henkilöltä vaaditaan edelleen pätevyys. Eläimiä saa keinosiementää eläinlääkäri tai henkilö, joka on suorittanut pätevyyden antavan tutkinnon kyseisen eläinlajin osalta, esimerkiksi seminologin ammattitutkinnon. Pätevyys on nykyisin eläinlajikohtainen, aikaisemmin

seminologin ammattitutkinto on antanut kelpoisuuden siementää nautoja ja sikoja. (Ruokavirasto n.d.c)

Keinosiementämisen työvälineitä ovat pistoletti, joka on ohut ja pitkä ontto metalliputki. Pistoletin toisessa päässä on mäntä ja toinen pää on avoin. Pistolettiin syötetään sisälle siemenannospakkaus eli niin kutsuttu olki, joka sisältää siittiöt.

Olki eli siemenannospakkaus sisältää noin 0,25 ml spermaa eli noin 15 miljoonaa siittiötä. Oljen kylkeen on printattu tiedot sen sisältämän sperman luovuttaneesta sonnista ja eri sonnien oljet erotellaan väreillä (kuva 5). Oljet säilytetään jäädytettynä nestemäisessä typessä, josta ne poimitaan pinseteillä ja lämmitetään, jonka jälkeen ne ovat käyttökelpoisia siemennystä varten.



Kuva 5. Käytetyt siemennysoljet sonneista VR Hubbe ja Glacn.

Itse siemennystapahtumassa pistoletti viedään lehmän emättimeen noin 30 asteen kulmassa, jonka jälkeen se pujotetaan vaakasuorassa kohdunkaulaan asti. Toisella kädellä pidellään kohdunkaulan etuosaa kiinni lehmän peräsuolen kautta ja pujotetaan pistoletti tarkasti kohdunkaulan reiästä sisään. Kun pistoletti on saatu sisälle kohdunkaulaan, ottaa siementäjä kädellään kiinni koko kohdunkaulasta ja pujottelee kohdunkaulanpoimujen ohitse. Pistolettiä itseään ei käännetä, vaan vain kohdunkaulaa. Kun pistoletti on ohittanut neljännen poimun, ruiskutetaan siemenneste kohtuun painamalla pistoletin mäntä rauhallisesti alas. Pistoletti ei saa liikua ruiskutusvaiheessa. (Hulsen & Tirkkonen, 2010, s. 74 – 75)

Nauta tulee sukukypsäksi noin vuoden ikäisenä ja suositeltu siemennysikä on 15 kuukautta, jolloin hieho poikii kahden vuoden ikäisenä. Hieho tulee kuitenkin siementää vasta sen ollessa tarpeeksi kookas. Oikea siemennyskoko vaihtelee rotujen välillä: sopiva holsteinhiehon siemennyskoko on 350-385kg ja rinnanympärys 165cm tai enemmän. Ayrshirehieho on sopivan kokoinen siemennettäväksi, kun sen paino on 320-350kg ja rinnanympärys on 160cm tai pidempi. Hiehon tulee olla siemennettäessä tarpeeksi kookas, jotta lypsykaudella sen energian tarve kasvun osalta ei ole liian

suuri. Pienikokoisen hiehon syöntikyky jää myös alhaiseksi. (Alasuutari ym., 2013, s. 12, 103 & 123)

2.6 Tiineys ja poikiminen

Lypsyrotuisen naudan tiineys kestää yleensä noin 280 vuorokautta eli keskimäärin yhdeksän kuukautta. Liharoturisteytyksissä on otettava huomioon, että suurilla liharoduilla tiineys kestää yleensä noin viikon pidempään. (Alasuutari ym., 2013, s. 105) Ennenaikaista poikimista, jossa syntyy elinkelvoton sikiö, kutsutaan luomiseksi. Luomiseksi luokitellaan sikiön syntyminen tiineyspäivien 42 – 260 välillä, yleensä tätä pidemmälle edenneestä tiineydestä syntyy elinkelpoinen vasikka. Luomisen syyt jaetaan tartunnallisiin ja ei-tartunnallisiin. Tartunnallisten luomisten syy on joko bakteeri, virus tai alkueliö. Ei-tartunnallisten luomisten syy voi olla esimerkiksi myrkytys, aliravitsemus tai sikiön kehityshäiriö. Luomisprosentin normaalin rajana pidetään 5 % tiineyksistä, tämän yli mentäessä on karjassa tarvetta selvittää luomisten syyt. (Ruokavirasto n.d.b)

Poikiminen käynnistyy vasikan ollessa valmis syntymiseen. Poikimisen käynnistyminen vaatii hormonitoiminnan muutoksia, näistä suurimpana progesteronin lasku ja estrogeenin nousu. (Alasuutari ym., 2013, s. 105) Poikimista enteileviä merkkejä ovat lantion siteiden löystyminen, emättimen pehmeneminen, kiimalimaa muistuttava vuoto emättimestä, ternimaidon erittyminen ja utareen turpoaminen. Varmimpana merkinä poikimisen lähestymisestä pidetään hännän molemmien puolin olevien lantion siteiden löystymistä. (Anttila 2012) 1-6 päivää ennen poikimista kohtu ja synnytyselimet veltostuvat. (Pyörälä, 2003, s. 24)

Poikimisen ensimmäinen vaihe on nimeltään *avautumisvaihe*. Avautumisvaiheen aikana lehmän kohtu alkaa supistella, kohdunkaula avautuu ja sikiö oikaisee asentonsa. (Turunen, 2009, s. 2) Alkuvaiheessa supistuksia tulee noin 15 minuutin välein, loppuvaiheessa 3-5 minuutin välein. Rytmikkäät supistukset työntävät sikiötä ja sitä ympäröiviä nestettä sisältäviä kalvopusseja kohti synnytyskanavaa ja kohdunkaula avautuu. (Alasuutari ym., 2013, s. 105) Sikiön mekaaninen paine saa kohdunkaulan avautumaan kun nolla ja muodostamaan yhdessä emättimen kanssa synnytyskanavan. (Turunen, 2009, s. 2) Vanhemmilla lehmillä kohdunkaula alkaa passiivisesti avautua jo hyvissä ajoin ennen poikimista, mutta ensikoilla se pysyy tiukasti kiinni ennen poikimisen alkua. (Turunen, 2009, s. 2) Avautumisvaihe voi kestää hiehoilla jopa päivän, vanhemmilla lehmillä avautumisvaihe kestää yleensä muutaman tunnin. (Hartikainen, 2011, s. 4)

Avautumisvaiheessa lehmän kohtu alkaa supistella. (Hartikainen, 2011, s. 4) Kohdun supistelu aiheuttaa eläimelle kipuoireita vatsaonteloon, minkä takia eläin saattaa olla levoton, potkia mahansa alle, käydä makuulle ja nousta pian ylös sekä seisoa häntä koholla. Supistusten aiheuttamat kipuoireet ovat yleensä ensikoilla selvemmät kuin vanhoilla lehmillä. (Alasuutari ym., 2013, s. 106)

Avautumisvaiheen loppupuolella ulompi sikiökalvo eli niin kutsuttu vesipää tulee esiin ja puhkeaa. Ulompi sikiökalvo voi puhjeta jo synnytysteissä, jolloin puhkeamisen huomaa emättimestä purskahtavasta ruskeanpunaisesta nesteestä. Lopuksi esiin tulee sisempi sikiökalvo, joka on paksu ja vaaleansinertävä. (Alasuutari ym., 2013, s. 106)

Poikimisen toinen vaihe on *ulostyöntövaihe*. Ulostyöntövaihe alkaa, kun sisempi sikiökalvo on tullut esille. Nauta poikii yleensä makuuasennossa. (Alasuutari ym., 2013, s. 106) Nauta työntää kohdun ja vatsalihasten supistuksilla sikiötä eteenpäin synnytyskanavassa. Vatsalihasten supistuksia kutsutaan poltteiksi. (Turunen, 2009, s. 3) Vasikka mahtuu syntymään etujalat edellä ja pää niiden välissä tai takajalat edellä. Muissa asennoissa syntyminen on haastavaa ja asentovirheet on pyrittävä korjaamaan. Ulostyöntövaiheessa supistukset tulevat parin minuutin välein. Vaihe kestää ensikoilla yleensä 1-2 tuntia, vanhemmilla lehmillä vähemmän. (Alasuutari ym., 2013, s. 106)

Jälkeisvaihe on poikimisen kolmas ja viimeinen vaihe. Se alkaa vasikan syntymisen jälkeen. Sikiökalvon istukkaosat eli jälkeiset irtoavat kohdunseinästä ja kohdun supistukset työntävät ne ulos. Jälkeisten pitäisi irrota 12 tunnin sisällä poikimisesta, mutta ongelmat jälkeisten irtoamisessa ovat yleisiä, noin 5-10 % poikimisista. (Alasuutari ym., 2013, s. 105 – 106) Jälkeisten jääminen ja poikimisvaikeudet ovat merkittäviä kohtutulehdusinfektioille altistavia tekijöitä. Kohtutulehdukset heikentävät hedelmällisyyttä ja viivästyttävät tiinehtymistä, mistä aiheutuu tappiota. (Luukkonen & Taponen, 2014, s. 143)

3 KEINOSIEMENNYS NAUTOJEN JALOSTUKSEN TYÖKALUNA

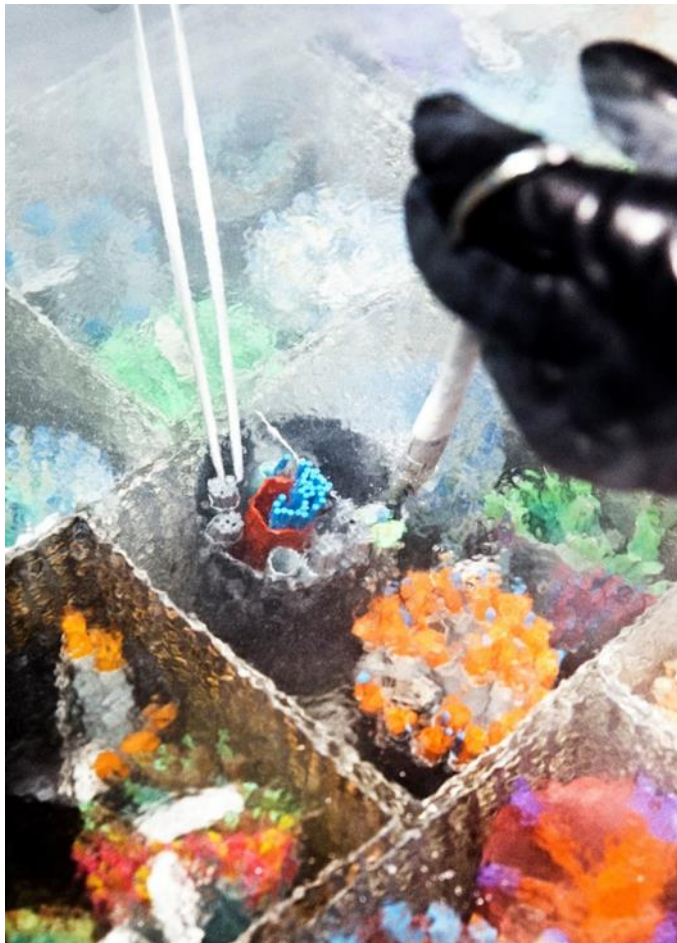
3.1 Sperman tuotanto ja sukupuolilajittelu

3.1.1 Sperman tuotanto

Sonnin spermaa kerätään keinoemättimeen sen hypätessä keinolehmän eli fantomin päälle tai toisen eläimen selkään. (Aro ym., 2012, s. 101) Spermaa kerätään 1-3 kertaa viikossa ja yhdellä hyppykerralla saadaan noin 100-2000 siemenannosta. (Ala-Siurua, 2013, s. 10)

Kerättyä siementä tutkitaan silmämääräisesti roskien, veren ja muiden epäpuhtauksien varalta. Siemenenä tutkitaan mikroskoopilla, jolla tehtävässä tutkimuksessa tarkastetaan siittiöiden elävyys, liikkuvuus ja rakenne. Fotometrillä tehdään tiheyden määrittäminen, eli montako siittiötä on millilitrassa siemennestettä. (Ala-Siurua, 2013, s. 10) Sukupuolilajittelua varten siittiöiden liikkuvuuden on oltava riittävä ja siemenannoksessa on oltava tarpeeksi siittiöitä. (Viking Genetics, n.d.a)

Teija Hellberg (2017) kuvaa siemenannoksen käsittelyä omassa opinnäytetyössään käyttäen lähteenä Anne Olosen haastattelua. Olonen on haastattelun aikana ollut Viking Genetics'in laboratorion esimies. Sperman laaduntarkastuksen jälkeen siemennesteeseen lisätään laimennus- ja elatusneste, jonka jälkeen ne pakataan siemenpakkauksiin eli olkiin. (Hellberg, 2017, s. 5; Olonen, 2017) Yhdessä oljessa on noin 0,25 millilitraa siemennestettä eli keskimäärin 15 miljoonaa siittiötä. (Ala-Siurua, 2013, s. 10) Tavallinen siemenannos sisältää 10-30 miljoonaa siittiötä. Sukupuolilajittelussa siemenannoksessa siittiöitä on vain 2 -3 miljoonaa. (Kuhanen, 2016, s. 6) Oljen kylkeen on printattu sonnin tiedot. Eri sonnien oljet erotellaan väreillä. Pakkauksen jälkeen oljet jäähdytetään ensin +4°C, jonka jälkeen ne pakastetaan nopeasti nestemäisessä tyypessä -140°C lämpötilaan. (Ala-Siurua, 2013, s. 10) Siemenannokset tarkistetaan vielä 24 tuntia pakastamisen jälkeen laadun varmistamiseksi. (Viking Genetics, n.d.a) Tämän jälkeen ne siirretään varastosäiliöön, jossa niitä säilytetään nestemäisessä tyypessä -196°C lämpötilassa (kuva 6). Oljet säilyvät säiliössä melkein ikuisesti, mikäli säiliössä riittää typpeä. (Ala-Siurua, 2013, s. 10)



Kuva 6. Sonnin spermaa sisältäviä olkia säilytetään nestemäisessä työssä. (Salonen, 2016)

3.1.2 Sukupuolilajittelun historia

Sukupuolilajiteltu siemen ja tekniikka sen takana ovat suhteellisen uusia. Sukupuolilajittelun siemenen käyttö on kuitenkin yleistynyt nopeasti ja lajitteluprosessin tehokkuuden kasvaessa tavallisen siemenen käyttö saat-
taa jäädä historiaan. Vuonna 2006 noin 1,5 % holstein-rotuisista hiehoista ja alle 1 % lehmistä siemennettiin Yhdysvalloissa sukupuolilajitellulla siemenellä. Vuonna 2008 osuus hiehojen siemennyksistä oli noin 14,5 % ja lehmien 2,5 %. (Dairy Herd Management, 2016)

Osa alkuperäisestä sukupuolilajittelua koskevasta tutkimuksesta tehtiin jo 1980-luvun alkupuolella, kun kalifornialaisessa Lawrence Livermore National Laboratory -laboratoriossa tutkijat löysivät eroja X- ja Y-kromosomeja kantavien siittiöiden väliltä. 1980-luvun loppupuolella USDA:n (U.S. Department of Agriculture) tutkijat pystyivät erottamaan kanien spermasta X- ja Y-siittiöt. 1990-luvun alkupuolella Iso-Britanniassa tutkijat kokeilivat tuottaa sonnivasikoita koeputkihedelmöityksellä. (Dairy Herd Management, 2016) Vuonna 1998 syntyi keinosiemennyksellä ensimmäinen varsa sukupuolilajitellusta tuorespermasta. (Zippay, 2002; The Horse 2003)

1990-luvun lopulla tutkijatiimi Colorado State University:sta (CSU) kehitti menetelmän tuottaa sukupuolilajiteltua siementä jäädyttämistä ja keinosiemennystä varten. Tutkijatiimi perusti yrityksen XY Inc. (Dairy Herd Management, 2016) XY Inc. kehitti ja patentoi virtaussytometriaan perustuvan sukupuolilajittelumenetelmän. (Eronen, Halmekytö, Hurme, Kananen-Anttila, Korhonen, Mäki-Tanila, Peippo, Rätty, Sairanen & Vartia, 2006) Myöhemmin XY Inc. myyttiin texasilaiselle Sexing Technologies:ille. (Dairy Herd Management, 2016)

Toinen sukupuolilajittelumenetelmä tuli markkinoille, kun Microbix kehitti ja patentoi LumiSort -lajitteluteknologian vuonna 2012. (Cision, 2012). LumiSort -teknologia eroaa tavanomaisesta lajittelusta siten, että siittiöiden erottelun sijaan laser tuhoaa ei-toivottua sukupuolta olevat siittiöt.

3.1.3 Sukupuolilajittelumenetelmät

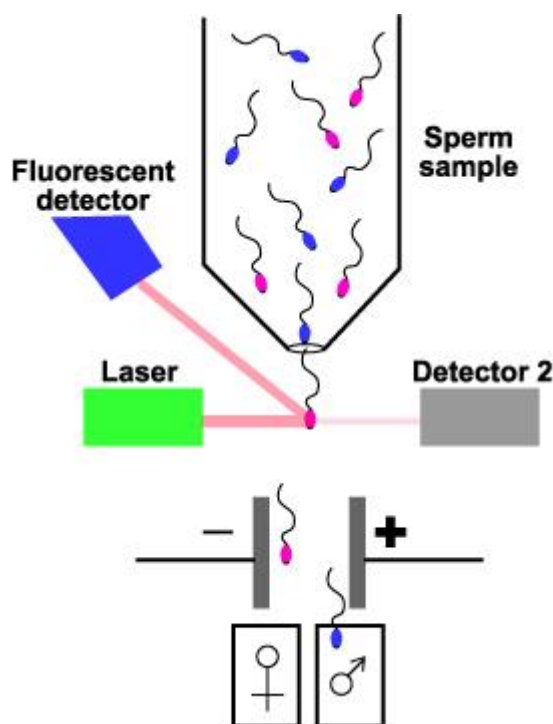
Siemennesteen lajittelu on monimutkaista, koska X- ja Y-siittiöt ovat monissa suhteissa samanlaiset. Niiden koko, muoto, paino, sähkövaraus ja nopeus ovat pääosin samat. Tämä on luonnon tapa tarjota samat mahdollisuudet uros- ja naarasjälkeläisille. Tutkijat ovat kuitenkin havainneet, että X-kromosomia kantavassa siittiöissä on naudoilla noin 4 % enemmän DNA:ta kuin Y-kromosomia kantavissa siittiöissä. (Dairy Herd Management, 2016) Siittiöt värjätään UV-valossa hohtavalla väriaineella, joka sitoutuu DNA:han. Väriaine on nimeltä ”Hoeschst 3332”. DNA:han sitoutuva väriaine saa X-kromosomia kantavat siittiöt loistamaan UV-valossa voimakkaammin kuin Y-siittiöt. (Viking Genetics, n.d.a) Eri kromosomeja kantavat siittiöt erotellaan UV-valon ja tarkan tietokoneanalyysin avulla. (Dairy Herd Management, 2016)

Ennen värjäystä sperma tutkitaan tarkasti ja varmistetaan sen soveltuvuus sukupuolilajitteluun. Lajiteltavassa annoksessa on oltava riittävästi siittiöitä ja niiden on oltava tarpeeksi elinvoimaisia sekä liikkuvia. Siittiösolutiheyttä ja elinvoimaa mitataan virtaussytometrillä. Siittiöiden liikkuvuus ja anatomia tarkastetaan sperman laatutarkasteluun kehitetyllä IVOS-koneella. Sperman siittiösolutiheys säädetään sopivalle tasolle lisäämällä spermaan reagenssiainetta. (Viking Genetics, n.d.a) Reagenssiaineella voidaan osoittaa, erottaa tai määritellä seoksen sisältämät eri aineet. (Tieteen termipankki, n.d.b) Reagenssiaineen lisäämisen jälkeen siemenneste sentrifugoidaan, jonka jälkeen koostumus säädetään sopivaksi. (Viking Genetics, n.d.a) Sentrifugi on laite, jonka toiminta perustuu keskipakoisvoimaan ja sen avulla voidaan erotella aineita toisistaan. (Solunetti, 2006b)

Optimoinnin jälkeen siemenneste värjätään +35°C lämpötilassa vesihautteen yläpuolella. Siemennesteeseen lisätään reagenssiainetta, joka sisältää soluravintoa ja punaista väriainetta, joka läpäisee solut, joissa on rikkoutunut solukalvo. Väriaineen takia nämä solut eivät heijasta UV-valoa ja ne lajitellaan pois elinkelvottomina siittiöinä. Tämän jälkeen

siemennesteeseen lisätään toista reagenssiainetta, jossa on ravintoaineita siittiöille. (Viking Genetics, n.d.a)

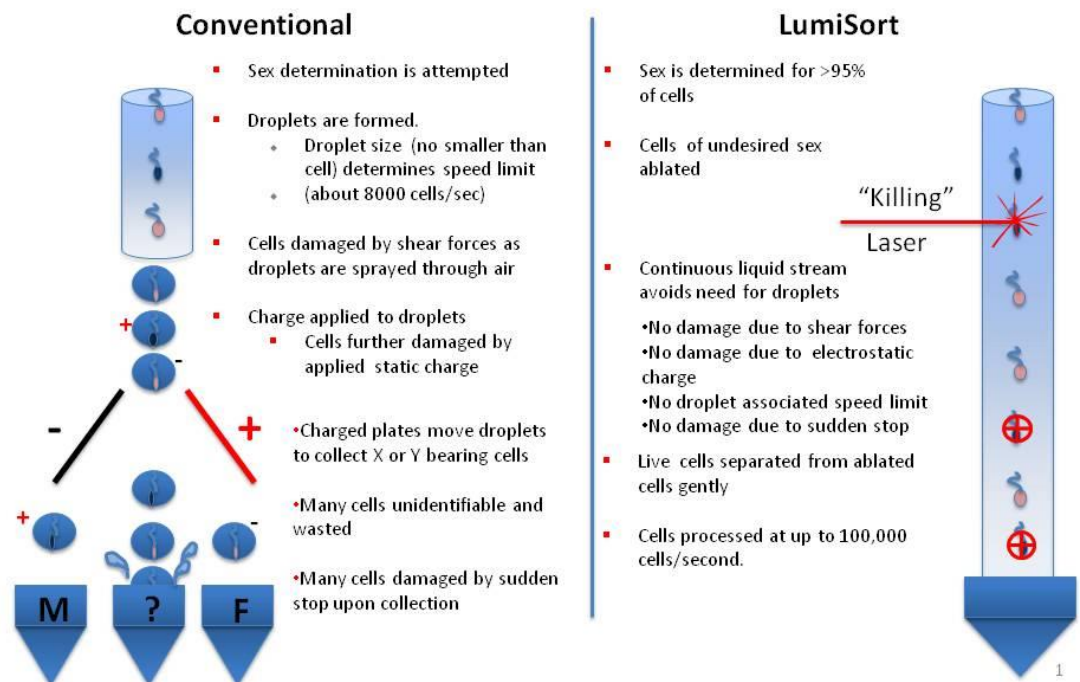
Tavanomaisessa lajittelussa lajittelulaite, eli virtaussytometri, jakaa sperman mikroskooppisen pieniksi pisaroiksi, jotka ideaalilanteessa sisältävät yhden siittiön per pisara. (Dairy Herd Management, 2016) Pisaroinnin jälkeen siittiösolut läpivalaistaan ultraviolettivalolla ja lajitellaan sukupuolen mukaan. (Viking Genetics, n.d.a) Kone merkitsee siittiöt sähkövarauksella; X-siittiöt positiivisella varauksella ja Y-siittiöt negatiivisella varauksella (kuva 7). Siittiöt, jotka ovat elinkelvottomia tai joita ei tunnisteta, jäävät ilman varausta ja karsiutuvat pois lajitteluprosessin aikana. Järjestelmä pystyy arvioimaan noin 25 000 pisaraa sekunnissa. Tavallisesti menetelmä lajittelee noin 30 % X-siittiöitä, 30 % Y-siittiöitä ja 40 % tunnistamattomia tai elinkelvottomia siittiöitä. (Dairy Herd Management, 2016)



Kuva 7. Sukupuolilajitteluprosessi virtaussytometrisessä lajittelussa. (Parrish, n.d.)

LumiSort-lajittelumenetelmä perustuu virtaussytometriaan ja sen periaate on sama kuin tavanomaisessa lajittelussa, mutta siittiöiden lajittelemisen sijaan laser tuhoaa ei-toivottua sukupuolta olevat siittiöt (kuva 8). LumiSort -lajittelua mainostetaan hellävaraisempaan lajittelutapana, koska prosessin aikana siittiöihin ei kohdistu paine-eroja, nopeuden nopeita muutoksia ja sähkövarauksia. (Microbix, n.d.) LumiSort-lajittelun on sanottu olevan tarkempaa ja 2,5 kertaa nopeampaa kuin tavallinen lajittelu. Lumisort-lajittelun prosessinopeuden on todettu olevan 1,5 olkea minuutissa. (Biospace, 2011)

Separation of “X” from “Y” Cells



Kuva 8. Erilaiset sukupuolilajittelutavat. (Microbix, n.d.)

Lajittelun jälkeen siemen kerätään ja jäädytetään +4°C lämpötilaan. Tämän jälkeen niitä käsitellään kuten tavallisiakin siemenannoksia, mitä on kuvattu kappaleessa 3.1.1.

3.1.4 Sukupuolilajittelun vaikutus tiinehtyvyyteen

Sukupuolilajittelulla siemenellä tiinehtyvyys on heikompaa kuin tavallisella siemenellä. Tiinehtyvyyttä vähentävät pienempi annoksen siittiömäärä ja suurempi käsittely. (Mikkola, 2017) Tavallinen siemenannos sisältää 10-30 miljoonaa siittiötä, lajiteltu siemenannos vain 2-3 miljoonaa. (Kuhanen, 2016, s. 6) Pienemmän siittiömäärän takia sukupuolilajiteltu siemen tiineyttää heikommin, eikä sitä suositella heikosti tiinehtyville lehmille. Sukupuolilajiteltua siementä suositellaan käyttämään hiehoille ja hyvin tiinehtyville lehmille ensimmäisellä ja toisella siemennyskerralla. (Semex, 2016)

Heikompaa tiinehtyvyyttä selittää myös se, että lajittelu vahingoittaa siittösoluja enemmän kuin tavallinen sperman keräys ja jäädyttäminen. (Dairy Herd Management, 2016) Siittiöt altistuvat lajittelun aikana kemiallisille, fysiologisille ja mekaanisille rasituksille. (Kuhanen, 2016, s. 7) Vuonna 2006 Pohjois-Savon MTT:n tutkimusasemalla tehdyissä alkiohuuh-telututkimuksissa huomattiin sulatuksen jälkeen lajitellun siemenen heikompi elävyys. X- ja Y-sperman elävyys oli 30 % kun lajittelemattoman

elävyys oli 50 %. Sulatuksen jälkeinen tarkastelu tehtiin mikroskoopilla silmämääräisesti. Samassa tutkimuksessa huomattiin koeputkihedelmöityksessä (in vitro) X-sperman hedelmöittävän muita ryhmiä huonommin munasoluja. X-spermalla hedelmöitetyt munasolut jakaantuivat myös heikommin. Tutkimuksen mukaan Y-sperma tuotti eniten siirtokelpoisia alkioita, ja alkiot olivat laadukkaampia verrattuna muihin tutkimuksen spermaryhmiin. (Eronen ym. 2006) MTT:n tekemä tutkimus on kuitenkin tehty vuonna 2006 ja lajittelumenetelmät ovat kehittyneet paljon sen jälkeen.

3.2 Eläinaineksen kehittäminen

Eläinaineksen kehittämiseen pätee sääntö siitä, että mitä voit mitata, sitä voit myös parantaa.

Jalostussuunnitelma antaa hyvän yleiskäsityksen karjan jalostuksellisesta nykytilanteesta. Sen avulla voidaan myös arvioida ja suunnitella uudistukseen syntyvien lehmävasikoiden määrää ja löytää mahdollisia sonninemiä tai alkiotuotantoon sopivia hiehoja. Tilakohtainen jalostussuunnitelma pitää sisällään karjan eläinten nykytilanteen sekä tavoitteet, joita jalostuksella haetaan. Jalostussuunnitelmassa tavoitteet voivat koskea koko karjaa tai olla rotu-, käyttöryhmä- tai lehmäkohtaisia. Rotutavoitteet koskevat kaikkia karjassa olevia rodun edustajia, esimerkiksi tavoitteisiin voidaan kirjata holstein-rotuisille utareterveyden parantaminen, jos karjan holstein-eläimillä on sen kanssa ongelmia. Käyttöryhmiin eläimet voidaan jakaa esimerkiksi käytettävän siemenannoksen tyyppin mukaan. Tavanomaisesti karjan jalostuksellisesti heikoimmille eläimille käytetään lihasonnin siementä tai ne toimivat alkion vastaanottajina, keskitasoisille lehmille oman rodun tavallista siementä ja parhaimmille lehmille oman rotuista lajiteltua siementä ja mahdollisesti voidaan harkita lehmän alkiohuuhtelua. (Faba n.d.a)

Lehmäkohtaiset tavoitteet räätälöidään vastaamaan jokaisen eläimen omia parannuskohteita. Lehmäkohtaisten tavoitteiden pohjana on indeksit ja pohjoismainen kokonaisjalostusarvo eli NTM-arvo. (Aro, ym., 2012, s. 116 – 117) Hiehoilla ei ole NTM-arvoa, koska niillä ei ole vielä omia tuloksia, joista voitaisiin indeksit laskea. Hiehoilla NTM-arvoa vastaa odotusarvo, joka on emän ja isän NTM-arvojen keskiarvo. Mikäli hieho kuitenkin genomitestataan, saa se genomeihinsa perustuvat jalostusarvot. (Taurén, 2017)

NTM (Nordic Total Merit) tarkoittaa pohjoismaiden yhteistä kokonaisjalostusarvoa, jota ylläpitää NAV (Nordic Cattle Genetic Evaluation). NAV:in omistavat ja tietoja keräävät jalostusorganisaatiot ovat suomalainen Faba, ruotsalainen Växa Sverige ja tanskalainen Seges - Cattle. NTM-kokonaisjalostusarvo on otettu käyttöön vuonna 2008, mutta vuosien aikana siihen on tullut muutoksia. NTM-arvo koostuu 15 jalostettavasta ominaisuudesta, jotka ovat jakautuneet 60 osaindeksiksi. (NAV n.d.; Viking Genetics n.d.b)

Indeksit eli jalostusarvon ennusteet ovat jalostajan tärkein työkalu. Indeksit kuvaavat minkä tasoisena eläimen odotetaan periyttävän ominaisuudet jälkeläiselleen. Indeksit muodostuvat lehmän omista tiedoista sekä sen sukulaistiedoista, joita verrataan pohjoismaisista lehmistä kerättyyn dataan. Indeksit muuttuvat ja tarkentuvat sitä mukaa, mitä enemmän tietoa kertyy eläimestä ja sen sukulaisista. Vanhetessaan eläinten indeksit yleensä heikenevät, koska vertailuryhmään tulee parempia eläimiä ja heikompia poistuu. Indeksien laskentaan sisältyy aina epävarmuustekijä, koska ympäristötekijöitä ei pystytä täysin sulkemaan pois. (Aro, ym., 2012, s. 35 – 37) Genomitestauksella pystytään ohittamaan ympäristötekijöiden vaikutus ja tarkastelemaan vain eläimen perintötekijöitä. Genomitestauksella voidaan karjasta karsia geeneiltään heikot vasikat jo vasikka-aikana, eikä niitä kasvateta turhaan hiehoiksi. (Faba n.d.b)

Jalostussuunnitelma tehdään yleensä FabaJASU-ohjelmalla ja sen tekee jalostusasiantuntija yhdessä karjanomistajan kanssa. Jalostussuunnitelma tehdään vuodeksi kerrallaan, mutta sitä voidaan päivittää vuoden aikana. Edellytyksenä jalostussuunnitelman teolle on tilan kuuluminen tuotosseurantaan. Rakennearvostelu ja kantakirjaus lisäävät varmuutta tuloksiin. (Aro ym., 2012, s. 115)

3.3 Sukupuolilajitellun siemenen käyttö

Sukupuolilajiteltua siementä suositellaan käyttämään hiehoille ja hyvin tiinehtyville lehmille ensimmäisellä ja toisella siemennyskerralla. Sukupuolilajiteltua siementä ei suositella käyttämään naudoille, joilla on ollut utaretulehdus, jalkaongelmia, hedelmällisyshäiriötä tai epäsäännöllisiä kiimakiertoja. Lehmää, jonka kuntoluokka on muuttunut poikimisen jälkeen enemmän kuin yhden luokan, ei kannata siementää lajitellulla siemenellä. Hiehoja, joiden kuntoluokka on enemmän kuin 3,5, ei kannata myöskään siementää lajitellulla siemenellä. Lämpöstressistä kärsiviä nautoja ei kannata siementää lajitellulla siemenellä, koska lämpöstressi vaikuttaa nautojen tiinehtyvyyteen negatiivisesti. (Terpstra, 2016)

Sukupuolilajitellun siemenen käytössä on monia hyviä puolia: maitotila saa parempia lehmävasikoita valikoiduista lehmistä. Karjan jalostusarvo nousee ja perinnöllinen edistyminen on nopeampaa. Lihantuotannon näkökulmasta sukupuolilajitellun Y-siemenen käyttö risteys- ja lihavasikoilla on kannattavaa parempien kasvuominaisuuksien vuoksi. (Kässi & Niskanen, 2014, s. 31 – 33) Naudanlihantuotannon kannalta sonnien kasvatus on kannattavampaa kuin hiehojen. Sonniin kasvu on monessa suhteessa hiehoja parempi; suurempi teuraspaino, parempi päiväkasvu ja lihakkuus. (Huuskonen, Hyrkäs, Kauppinen, Kämäräinen & Pesonen, 2012)

Risteytysvasikoilla teurashinta on parempi, koska puhtaaseen maitorotuihin verrattuna risteytysvasikalla on parempi kasvukyky, mikä näkyy positiivisesti rehuhyötysuhteessa, teuraspainossa ja ruholuokassa.

Rehuhyötysuhteesta puhutaan, kun suhteutetaan käytetty rehumäärä teuraspainoon. Risteytysvasikat saavuttavat teuraspainon nopeammin kuin maitorotuiset ja ovat lihakkaampia sekä vähärasvaisempia. Risteytysvasikoilla sukupuolella on suurempi vaikutus kuin rodulla, joten tästä syystä liharoturisteytykset kannattaa tehdä sukupuolilajitellulla siemenellä. Liharoturisteytyksien usein pelätään aiheuttavan poikimavaikeuksia, koska vasikka on isompi kuin maitorotuinen. Kuitenkaan risteytysvasikat eivät lisää poikimavaikeuksia, koska poikimahelppous on tärkein ominaisuus liharotuisten keinosiemennyssonnien valinnassa. (Kässi & Niskanen, 2014, s. 31 – 33)

Sukupuolilajitellun siemenen käyttö ja risteytysvasikoiden tuotanto on myös ympäristöystävällisempää, koska maidontuotantoon saadaan parempia lehmävasikoita ja lihantuotannossa risteytysvasikat kasvavat paremmalla hyötysuhteella ja ovat lihakkaampia. Tämä tarkoittaa sitä, että pienemmillä kustannuksilla ja päästöillä tuotetaan enemmän lihaa. (Kässi & Niskanen, 2014, s. 31 – 33)

Sukupuolilajitellun siemenen käyttöä rajoittaa sen korkeampi hinta ja heikompi tiinehtyvyys. (Kässi & Niskanen, 2014, s. 31 – 33) Sukupuolilajitellun siemenen hinta tuotosseurantaan kuuluville tiloille vaihtelee 14€-45€ välillä, kun taas tavallinen siemenannos tuotosseurantaan kuuluville tiloille maksaa 6€-40€. Tuotosseurantaan kuulumattomille lajiteltu siemen maksaa 17€-48€ per annos. Tavallisen annoksen hinta tuotosseurantaan kuulumattomille on 9€-43€. (Faba, 2019) Tavallinen siemenannos sisältää 10-30 miljoonaa siittiötä, lajiteltu siemenannos vain 2-3 miljoonaa. (Kuhanen, 2016, s. 6)

4 TUTKIMUS SUKUPUOLILAJITELLUSTA SIEMENESTÄ SYNTYNEIDEN VASIKOIDEN SUKUPUOLIJAKAUMASTA JA SIIHEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

4.1 Tutkimuksen tausta

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada lisää tietoa sukupuolilajitellusta siemenestä ja sen käytöstä. Tavoitteena oli tarkastella erilaisten tekijöiden vaikutusta vasikoiden sukupuoleen ja sukupuolijakaumaan. Arvioitavina tekijöinä olivat työn toimeksiantajan tavoitteiden mukaisesti poikimakerran, sonnin, rodun, vuoden ja vuodenajan vaikutus vasikoiden sukupuolijakaumaan. Tämä opinnäytetyö on jatkoa Teija Hellbergin opinnäytetyölle vuodelta 2017. Hellbergin opinnäytetyössä tarkasteltiin sukupuolilajitellun siemenen vaikutusta vasikan elinvoimaisuuteen.

4.2 Aineisto ja sen käsittely

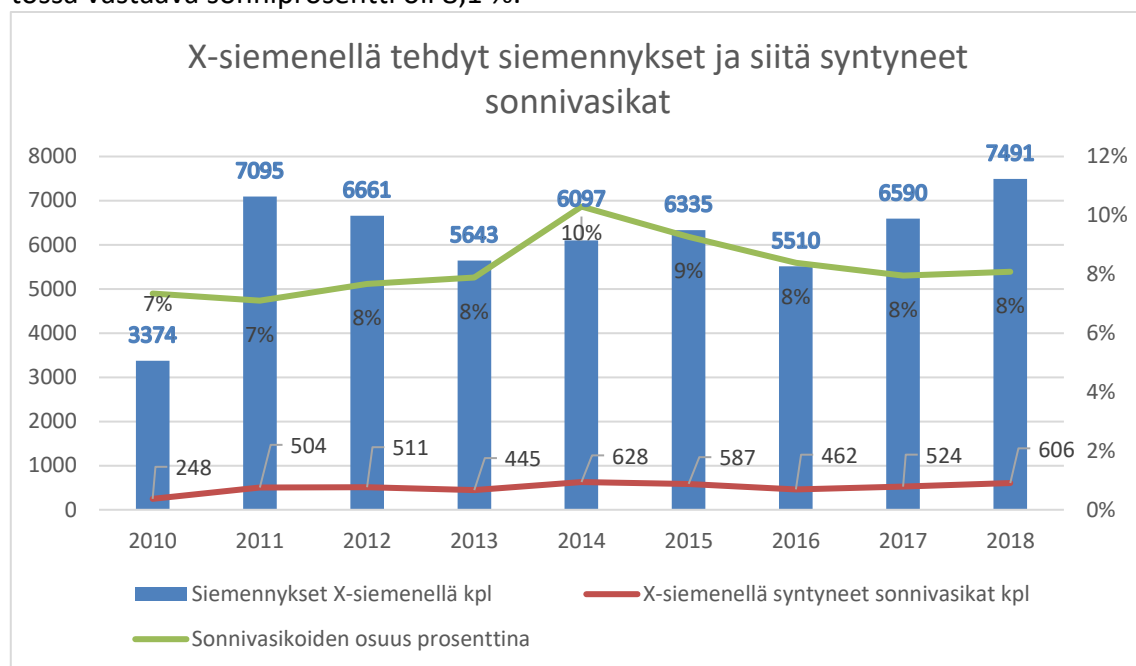
Tutkimuksen kohteena oli aineisto, joka sisälsi sukupuolilajitellulla siemenellä tehdyt siemennykset vuosilta 2010-2018. Aineiston toimitti Faba osk. Aineistoa tutkittiin Microsoft Excel 2016 -ohjelmalla. Aineisto sisälsi tiedot käytetyn siemenannoksen tyypistä, jälkeläisen emän rodusta sekä poikimakerrasta; isän nimestä, kantakirjanumerosta ja rodusta sekä jälkeläisen rodusta, sukupuolesta, syntymäajasta sekä -vuodesta.

Aineisto kattaa 58 067 siemennystä (kuva 9). Näistä X-lajitellulla siemenellä tehtyjä siemennyksiä oli 54 796 siemennystä ja Y-lajitellulla siemenellä 3 271 siemennystä. Jälkeläisen sukupuoli oli jäänyt ilmoittamatta 206 siemennyksen osalta, sen vuoksi näitä ei ole otettu huomioon tuloksissa.



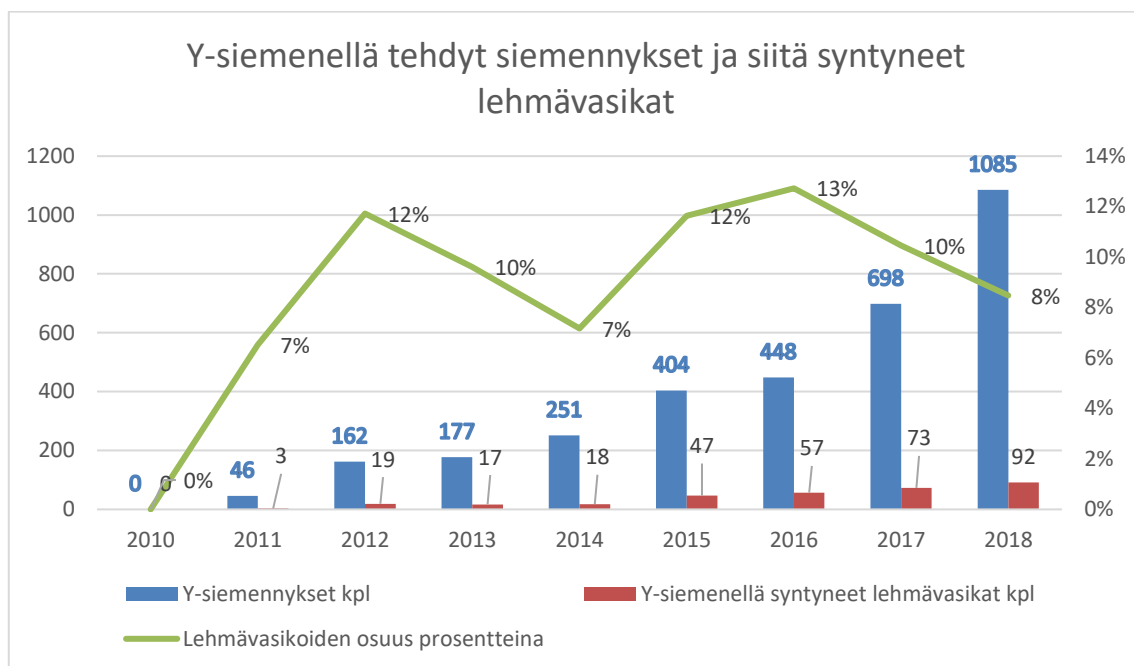
Kuva 9. Sukupuolilajitellulla siemenellä tehtyjen siemennysten määrä vuosittain vuosina 2010-2018.

X-siemennyksistä syntyi 50 079 lehmävasikkaa ja 4 515 sonnivasikkaa, 202 siemennyksestä oli jälkeläisen sukupuoli jäänyt ilmoittamatta (kuva 10). X-siemenannoksilla tehdyissä siemennyksissä keskimäärin noin 10 % syntyneistä jälkeläisistä on sonneja. (Viking Genetics, n.d.a) Tutkittavassa aineistossa vastaava sonniprocentti oli 8,1 %.



Kuva 10. X-siemenellä tehdyt siemennykset ja niistä syntyneet sonnivasikat sekä sonnivasikoiden osuus prosentteina vuosina 2010-2018.

Y-siemennyksistä syntyi 2 941 sonnivasikkaa ja 326 lehmävasikkaa, neljästä siemennyksestä oli jälkeläisen sukupuoli ilmoittamatta. Keskimäärin Y-siemenannoksilla tehdyistä siemennyksistä syntyy noin 15 % lehmävasikoita. (Viking Genetics, n.d.a) Aineistossa vastaava lehmävasikoiden määrä oli 9,9 % Y-lajitelluista siemennyksistä (kuva 11). Tutkittavassa aineistossa vaihtelu vuosien välillä oli suurta johtuen suhteellisen pienistä siemennysmääristä.

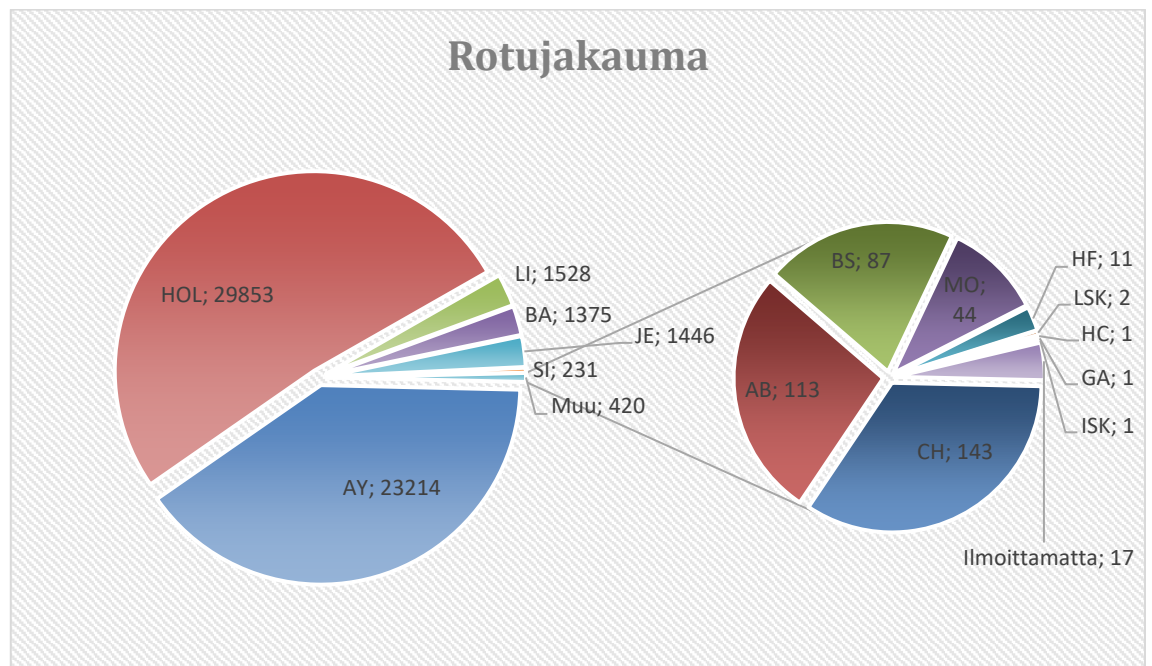


Kuva 11. Y-siemenellä tehdyt siemennykset ja niistä syntyneet lehmävasikat sekä lehmävasikoiden osuus prosentteina vuosittain vuosina 2010-2018.

4.3 Sukupuolijakaumaan vaikuttavat tekijät sukupuolilajitellulla siemenellä

4.3.1 Rodun vaikutus

Sukupuolilajitellulla siemenellä tehdyistä siemennyksistä syntyneiden vasikoiden rotujakauma oli laaja, valtarotuina olivat kuitenkin holstein (29 853 vasikkaa) ja ayrshire (23 214 vasikkaa). Maitorotuisista myös jersey oli melko suosittu (kuva 12). Liharotusiemennyksissä suosittuja olivat limousin ja blonde d'aquitaine. Faban kehitysagronomi Terhi Vahlstenin (suullinen tiedonanto 5.2.2020) mukaan itäsuomenkarjan siementä ei ole sukupuolilajiteltu, joten aineistossa on sen osalta kirjausvirhe.



Kuva 12. Sukupuolilajittelusta siemenestä syntyneiden vasikoiden rotujakauma vuosilta 2010-2018.

Keskimäärin X-siemenannoksilla tehdyistä siemennyksistä noin 10 % syntyneistä jälkeläisistä on sonneja. (Viking Genetics, n.d.a) Aineistossa vastaava sonniprocentti oli 8 %. Aineiston valtarotuina olivat holstein ja ayrshire, jotka vastasivat juuri aineiston keskiarvoa. Aineistossa positiivisesti loistaa jersey, jolla sonniprocentti on 7,1 % 1 446 siemennyksestä. Sekä jersey-rotuisilla isillä että emillä on yhtä tasainen hyvä tulos sonniprocentin kanssa. Pienemmillä siemennysmäärillä toinen alle keskiarvon pääsevä rotu on montbéliard. Montbéliard-rotuisia X-lajiteltuja siemennyksiä on aineistossa 44 kappaletta ja 2 sonnivasikkaa.

Aineistossa selkeästi heikoin tulos on brown swiss-rotuisilla naudoilla. Brown swiss-rotuisten sonniprocentti on 12,6 %. Aineistossa on brown swiss-rotuisilla sonneilla tehtyjä siemennyksiä yhteensä 87 kappaletta, joista 11 on ollut sonneja. Brown swiss-emillä tilanne on melkein sama, 50 emän vasikoista seitsemän on ollut sonneja. Otanta on kuitenkin pieni, joten tulokset ovat epävarmoja, mutta suuntaa antavia.

Y-siemenannoksista syntyneistä jälkeläisistä noin 15 % on lehmävasikoita. (Viking Genetics, n.d.a) Aineistossa vastaava lehmävasikoiden määrä oli 10 % Y-lajitelluista siemennyksistä. Y-siemenannoksen kohdalla aineisto oli pienempi ja valtarodut erottuivat selkeimmin, tästä syystä on epävarmempaa arvioida lukumäärältään pienempien rotujen tuloksia.

Y-siemenannoksissa vähiten lehmävasikoita syntyi blonde d'aquitaine-rotuisista siemennyksistä. Lehmävasikoita tällä rodulla syntyi noin 8 % Y-siemennyksistä. Heikoin tulos suurimmalla otannalla oli limousin-rotuisilla siemenannoksilla. Limousin-siemenannoksesta syntyneitä vasikoita oli aineistossa 1 453 vasikkaa, joista 11 % oli lehmävasikoita. Pienemmällä

otannalla charolais- ja simmental-roduilla oli keskiarvoon nähden korkeita lehmävasikkamääriä. Charolais-rotuisia vasikoita oli aineistossa 124 kappaletta, joista 13 % oli lehmävasikoita. Simmental-vasikoita oli syntynyt 191 kappaletta, joista 12 % oli lehmiä.

Maitorotuisista sonneista Y-siementä oli otettu vain ayrshire-sonneilta. Y-siementä oli kerätty 40 annosta 15 eri ayrshire-rotuiselta sonnilta. Ayrshiren lehmävasikkaprosentti Y-lajitellulla siemenellä oli 13 %.

4.3.2 Sonnilinnin vaikutus

Aineisto oli yhteensä 58 067 siemennyksen tiedot, joista 231 siemennyksessä käytettyä sonnia ei pystytty määrittelemään. Aineistossa oli 749 tunnistetun eri sonnin jälkeläisiä. Pelkästään X-siemenannoksia oli käytetty 461 eri sonnilta ja pelkästään Y-siemenannoksia oli käytetty 32 eri sonnilta. Sekä X- että Y-siemenannoksia oli käytetty yhteensä 25 eri sonnilta. Käytettyjen annosten määrä sonnia kohden vaihteli 2 983 siemennyksestä yhteen siemennykseen.

Vain X-lajiteltuja siemenannoksia oli käytetty 486 eri sonnilta. Vaihteluväli käytettyjen siemenannosten määrässä sonnia kohti oli 1-2983 kappaletta (taulukko 1).

Taulukko 1. Taulukossa on sonnit jaoteltu käytettyjen siemenannosten mukaan ryhmiin. Ryhmien sonnivasikoiden osuus on ilmoitettu prosentteina.

	Käytettyjä X- lajiteltuja siemenannoksia per sonni					
	<50	51-100	101-500	501-1000	>1001	Yht.
Sonnit	320	40	103	19	4	486
Sonni-%	17 %	8 %	9 %	8 %	7 %	8 %

Aineistossa sonneja, joiden siemenannoksia oli käytetty alle 50, oli 301 ja sonnivasikoiden osuus prosentteina on 18 %, mikä on hyvin korkea. Aineistossa oli kuitenkin paljon sonneja, joilta on käytetty alle 10 siemenannosta, ja joiden prosentit heilauttivat ryhmän yhteisprosenttia huomattavasti. Alle kaksikymmentä jälkeläistä jättäneiden sonnien kohdalla arviointi sonnien vaikutuksesta jälkeläisen sukupuoleen on epävarmaa.

Korkeita sonniproosentteja omaavia sonneja tutkiessa selkeimmin erottui Swissbec Brekem ET (hol., F 96961 B), jolla on 303 jälkeläistä ja sonniproosentti 43,2 % (taulukko 2). Brekemin tulokset ovat kuitenkin niin pahasti ristiriidassa keskiarvoon nähden, että aineistossa täytyy olla kirjausvirheitä kyseisen sonnien kohdalla. Brekemin sukulaisia oli muutama aineistossa, kiinnostavin on Stantons Capital Gain (hol., F 97193 B), jolla on 49 jälkeläistä ja sonnivasikoiden osuus 43 %. Swissbec Brekemin isä on sama kuin Capital Gainin isän isä eli Bookem ET (hol., F 95796 B). Bookem ET:n

jälkeläisiä on kaksi muutakin aineistossa, mutta niiden tuloksissa ei ole mitään erikoista.

Muutamat silmiin pistävät nimet ovat alle 50 siemennyksen luokassa D’Albanel Scooby (ay., A 47615 C), jolla on 42 siemennyksestä syntynyt tasan puolet sonnivasikoita. D’Albanel Scooby:n isä on myös aineistossa, mutta siltä on vain yksi jälkeläinen. Alle sadan jälkeläisen luokasta nousi esille Jelyca Oblique (ay., A 45678 D), jolla oli 78 jälkeläistä, joista 21 % oli sonneja. Sonnin sukulaisia ei löytynyt aineistosta. Alle tuhannen jälkeläisen luokasta esiin nousi VH Anderstrup Massey Miracle (hol., F 96252 B), jolla oli jälkeläisiä 932, mutta sonniprocentti 12,3 %. Massey Miraclen suvusta löytyy samoja nimiä kuin aiemmin mainittujen Capital Gainin ja Swissbec Brekemin.

Vahlstenin (suullinen tiedonanto 5.2.2020) mukaan suuriin sonniprocentteihin on suhtauduttava varauksella, koska aineistossa saattaa olla kirjausvirheitä. Esimerkiksi tavallisia annoksia on saatettu kirjata vahingossa sukupuolilajitelluiksi annoksiksi. Swissbec Brekemin kohdalla näin on todennäköisesti käynyt, koska sonnin tulokset poikkeavat niin räikeästi keskiarvosta.

Taulukko 2. Holstein- ja ayrshire-rotuiset sonnit, joilla on paljon ei-toivottua sukupuolta olevia vasikoita. Taulukossa olevilla sonneilla oli aineistossa vähintään 300 jälkeläistä.

Sonni	KK-numero	Jälkeläiset	Sonni-vasikat	Sonni-%
<i>Korkea sonnivasikoiden osuus holstein-sonneilla</i>				
Swissbec Brekem ET	F 96961 B	303	131	43,2%
VH Anderstrup Massey Miracle	F 96252 B	932	115	12,3%
VH Anderstrup Man-O-Man Mandel	F 96134 B	496	58	11,7%
Dansire Mascol Mason	FFF 95841 B	410	43	10,5%
VH Clark Cosmo	FFF 97378 C	558	53	9,5%
VH Anderstrup Super Suarez	F 96291 D	813	77	9,5%
<i>Korkea sonnivasikoiden osuus ayrshire-sonneilla</i>				
VR Cirkel Cigar	AAA 45641	496	58	11,7%
Pell-Pers	AAA 46085 B	489	57	11,7%
V Föske	AAA 45634 C	483	49	10,1%
VR Favre Fonseca	A 47285 C	332	33	9,9%
G Edbo	AAA 45552 B	390	37	9,5%

Aineistossa oli myös sonneja, joiden sonnivasikoiden osuus X-lajitellulla siemenellä oli aineiston keskiarvoa selkeästi matalampi (taulukko 3). Positiivisena erityishuomiona on yli 1 000 siemennyksen luokassa holstein-rotuinen Mäntylän Rakuuna (hol., FFF 92980 C), jolla on 1822 jälkeläistä, joista sonneja vain 6,3 %.

Taulukko 3. Holstein- ja ayrshire-rotuiset sonnit, joilla on vähän ei-toivottua sukupuolta olevia vasikoita. Taulukossa olevilla sonneilla oli aineistossa vähintään 300 jälkeläistä.

Sonni	KK-numero	Jälkeläiset	Sonni-vasikat	Sonni-%
<i>Matala sonnivasikoiden osuus holstein-sonneilla</i>				
VH Roenhave Chervolet Cedar	F 97468 B	461	21	4,6%
Dansire Exces Etoto	FFF 95585 C	844	39	4,6%
VH Hoenjgaard Maximum Matrix	F 97201 B	637	34	5,3%
VH Election Erasco	F 97762 D	489	27	5,5%
VH Smaakjaergaard Gras Gofeet	F 97844 B	631	37	5,9%
<i>Matala sonnivasikoiden osuus ayrshire-sonneilla</i>				
VR Maitoahon Turandot Tornado	A 45863 C	301	13	4,3%
VR Galltorp Hammer Hjusticia	A 47366 B	468	27	5,8%
R Haslev	AAA 45901 B	303	18	5,9%
Asmo Sale ET	AAA 42802 C	2089	146	7,0%
Asmo Tosikko ET	AAA 43642 B	1850	131	7,1%

Y-lajiteltuja siemenannoksia oli käytetty yhteensä 57 eri sonnilta. Siemenannosten määrä vaihteli 1-828 välillä per sonni (taulukko 4). Y-lajiteltuja siemenannoksia jättäneiden sonnien joukko oli pienempi ja sieltä ei yhtä selkeitä eroja löytynyt kuin X-lajiteltujen sonnien joukosta.

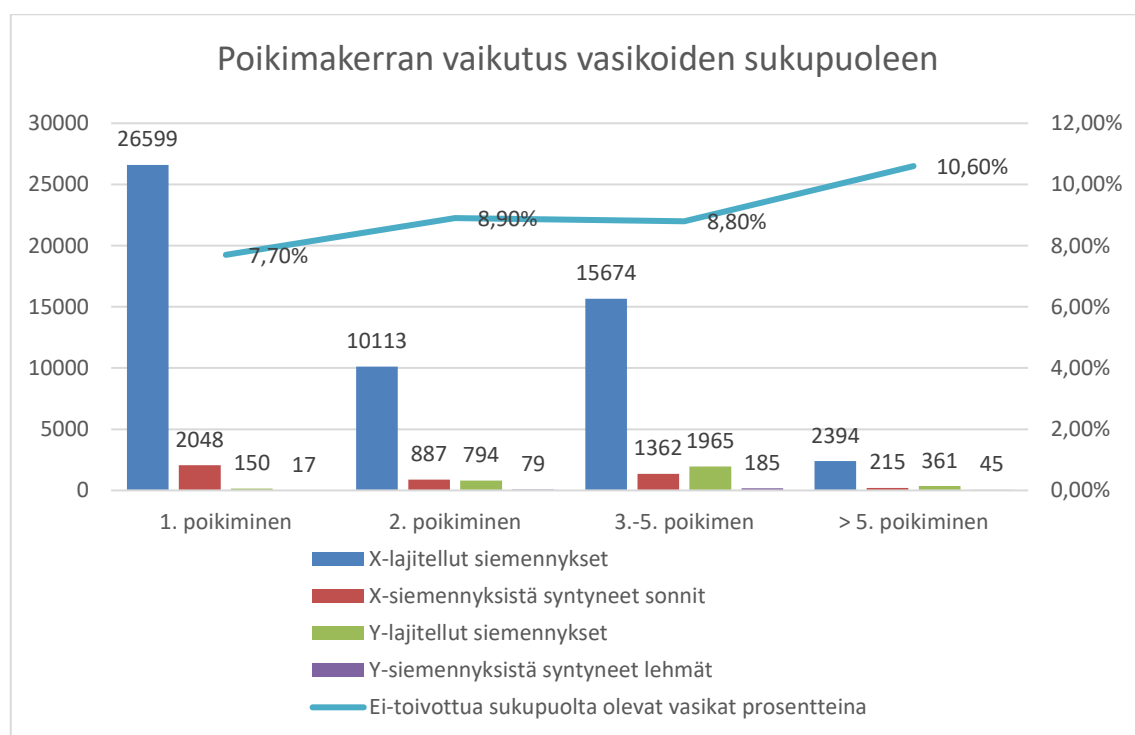
Taulukko 4. Taulukossa sonnit on jaoteltu niiden jättämien Y-siemenannosten mukaan ryhmiin. Ryhmistä on laskettu keskiarvo syntyneiden lehmävasikoiden mukaan.

	Käytettyjä Y-lajiteltuja siemenannoksia per sonni.				
	<10	11-100	101-500	>501	Yht.
Sonni kpl	29	15	11	2	57
Lehmä-%	39 %	7 %	19 %	10 %	10 %

Näistä päätellen sonnivalinnalla voi jonkin verran olla vaikutusta syntyvien vasikoiden sukupuoleen. Tietyt sonnit näyttävät tilastoissa ainakin tuottavan enemmän sonnivasikoita kuin jotkut toiset. Otanta on kuitenkin pieni ja tulokset suuntaa antavia.

4.3.3 Poikimakerran vaikutus

Aineistossa oli siemennettyjen lehmien poikimakertojen välillä vaihtelua ensimmäisestä poikimisesta 14. poikimiseen (kuva 13). Poikimakerta määrittelee myös lehmän ikää.



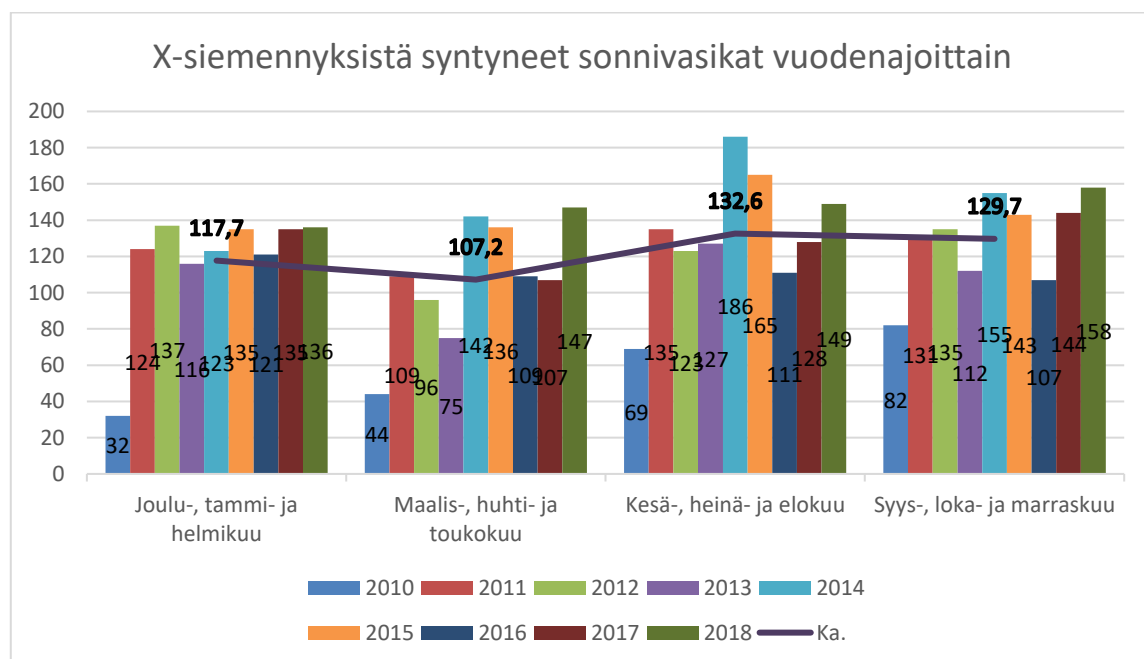
Kuva 13. Lajitellulla siemenellä siemennettyjen lehmien poikimakertojen jakautuminen vuosina 2010-2018. Taulukossa on myös poikimakertojen mukaan jaoteltu X- ja Y-siemenyksiset sekä niistä syntyneet ei-toivottua sukupuolta olevat vasikat.

Aineistosta saatujen tulosten perusteella poikimakerralla ei ole merkitystä lajitellusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakaumaan. Ei-toivottua sukupuolta olevien vasikoiden prosentuaalinen määrä nousee, kun lehmä on poikinnut useammin kuin viisi kertaa, mutta näiden kohdalla

otanta on melko pieni. Poikimakerta korreloi lehmän iän kanssa, joten lehmän iällä ei myöskään ole merkitystä syntyvän jälkeläisen sukupuoleen.

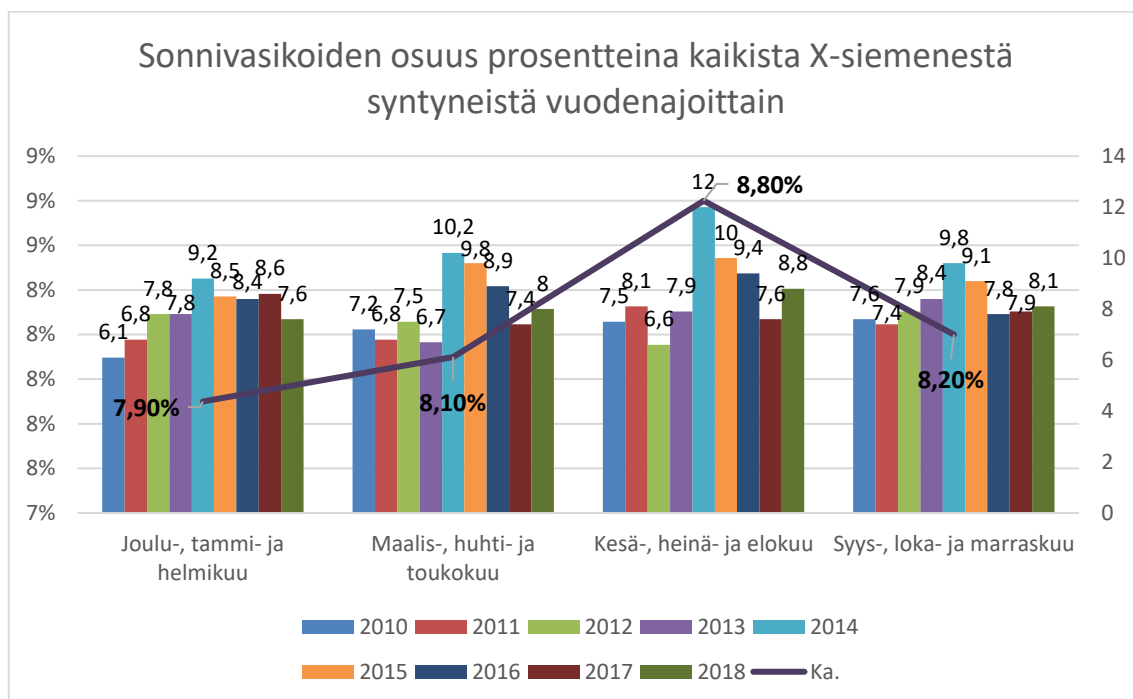
4.3.4 Vuodenajan tai vuoden vaikutus

Aineistossa on 54 796 X-lajittelulla siemenellä tehtyä siemennystä. Näistä 4 515 on tuottanut sonnivasikan. Sonnivasikoiden osuus aineistossa on keskimäärin 8 % X-lajitellulla siemenellä tehdyistä siemennyksistä. Alhaisin sonnivasikoiden syntymisaika sijoittuu keväälle, joten vasikoiden emät on siemennytty kesäaikaan. Korkeimmat sonnivasikoiden syntymisajat ovat kesällä ja syksyllä, jolloin siemennysaika asettuu syksyn ja talven tietämille (kuva 14).



Kuva 14. X-lajitellulla siemenellä tehdyistä siemennyksistä syntyneet sonnivasikat kvartaaleittain jaoteltuna vuosilta 2010-2018.

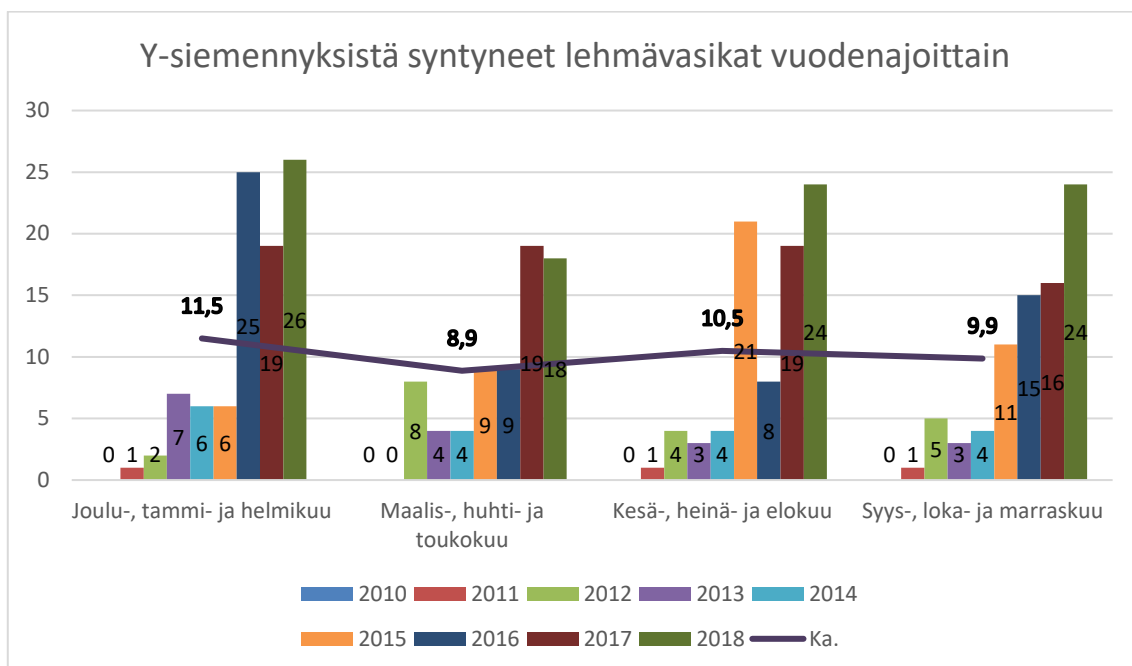
Syntyneiden sonnivasikoiden määrään vaikuttaa paljonko lajiteltua siementä on käytetty samana siemennysajankohtana. Sonnivasikoiden määrä suhteutettuna kaikkiin saman vuodenajan aikana X-lajitellusta siemenestä syntyneisiin vasikoihin antaa samankaltaisia tuloksia. Vuodenajoista kesä erottuu selkeästi, silloin syntyy eniten sonnivasikoita suhteutettuna kaikkiin syntyneisiin vasikoihin (kuva 15). Kesällä syntyneiden vasikoiden siemennysajankohta on syksyllä. Muut vuodenajat ovat tasaväkisempiä.



Kuva 15. Sonnivasikoiden prosenttiosuus kaikista X-lajitellusta siemenestä syntyneistä vasikoista jaettuna vuodenajoittain.

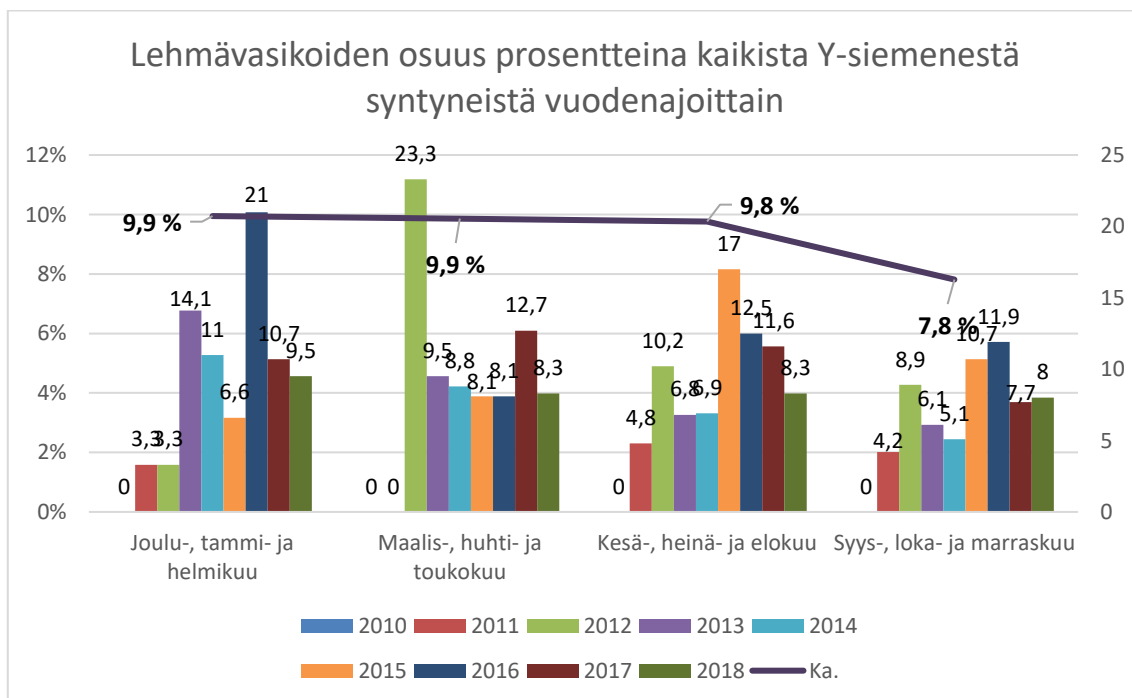
Vuonna 2014 X-siemenestä syntyneiden vasikoiden joukossa oli selkeästi muihin vuosiin verrattuna enemmän sonnivasikoita. Varsinkin kesällä 2014 on syntynyt poikkeuksellisen paljon sonnivasikoita X-siemennyksistä. Kesällä ja syksyllä 2014 syntyneet vasikat on siemennetty syksyllä 2013 ja talvella 2014. Ilmatieteenlaitoksen analyysin mukaan talvi 2013-2014 oli tavanomaista lauhempi. Joulu- ja helmikuu olivat tavanomaista lämpimämpiä, mutta tammikuussa oli kylmä jakso. Vuosi 2013 oli kokonaisuudessaan tavanomaista lämpimämpi ja vuosi 2014 oli Suomen mittaus historian toiseksi lämpimin vuosi. (Ilmatieteenlaitos, n.d.a) Muut huomioitavat vuodet ovat 2015, 2016 ja 2018. Vuosien 2015, 2016 ja 2018 keväällä ja kesällä on syntynyt hieman tavanomaista enemmän sonnivasikoita X-siemennyksissä eli siemennysajankohdat ovat olleet kesällä ja syksyllä. Vuositasolla kaikki edellä mainitut siemennysvuodet ovat olleet tavanomaista lämpimämpiä. (Ilmatieteenlaitos, n.d.b; Ilmatieteenlaitos n.d.c, Ilmatieteenlaitos n.d.d)

Aineistossa oli vain 3 271 Y-lajitellulla siemenellä tehtyä siemennystä, joten niiden tulokset ovat epävarmoja. Näistä siemennyksistä 326 oli tuottanut lehmävasikan (kuva 16).



Kuva 16. Y-lajitellulla siemenellä tehdyistä siemennyksistä syntyneet lehmävasikat vuodenaikojen mukaan vuosina 2010-2018.

Samoin kuin X-lajitellulla siemenellä, myös Y-lajitellun siemenen käyttö siemennysajankohtana vaikuttaa syntyneiden lehmävasikoiden määrään (kuva 17). Y-lajitellun siemenen kohdalla tulosten arviointia vaikeuttaa se, että otanta on erittäin pieni. Pienen otannan vuoksi jokainen vasikka heilauttaa prosentteja reilusti.



Kuva 17. Lehmävasikoiden prosenttiosuus kaikista Y-lajitellusta siemenestä syntyneistä vasikoista jaettuna vuodenajoittain.

Tulosten perusteella lajitellusta siemenestä syntyvien vasikoiden sukupuolilla on eroja vuosien ja vuodenaikojen välillä. X-lajitellusta siemenestä näyttäisi syntyvän enemmän sonnivasikoita kesäisin ja Y-lajitellusta siemenestä näyttäisi syntyvän vähiten lehmävasikoita syksyisin. Y-lajittelun tulosten tarkastelua haittaa otannan pienuus.

Aineistosta saatujen tuloksien mukaan tavanomaista korkeammalla vuoden keskilämpötilalla saattaa olla vaikutusta urosalkioiden parempaan selviytymiseen, kuitenkin otanta on pieni ja tässä on tarkasteltu vain toissijaista sukupuolijakaumaa. Selkeitä syitä, miksi tavanomaista korkeampi lämpötila suosisi urosalkioita, ei löytynyt. Yhdysvaltalais tutkimuksen mukaan sonnivasikan todennäköisyys kasvoi, jos hedelmöityksen aikana ympäristön lämpötila ja/tai ilmankosteus oli korkea. (Roche, Lee & Berry, 2006, s. 3221 – 3227) Kuitenkin Rochen, Leen ja Berryn tutkimuksessa oli tarkasteltu syntymänaikaista sukupuolijakaumaa, joten varsinaisia suoria johtopäätöksiä hedelmöittymisen aikaiseen ilmastovaikutukseen on haastava vetää.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Sukupuolilajittelu on suhteellisen uusi tekniikka ja tehostuessaan saattaa syrjäyttää tavallisen siemenen. Tästä syystä tutkimus menetelmän käytöstä ja vaikutuksista on tarpeellista. Sukupuolilajittelulla on monia hyviä puolia sekä maidontuotannon että lihantuotannon osalta. Vasikoiden sukupuolen merkitys tulee mahdollisesti jopa kasvamaan tulevaisuudessa.

Työssä tarkasteltiin sukupuolilajittelusta siemenestä syntyneiden vasikoiden sukupuolijakaumaa ja tutkittiin, onko rodulla, isäsonnilla, poikimakerralla, vuodella tai vuodenajalla vaikutusta vasikoiden sukupuoleen. Opinäytetyö tehtiin yhteistyössä Faba Osk:in kanssa, joka toimitti aineistot tutkittaviksi. Yleisesti tulosten vertailukelpoisuutta ja luotettavuutta arvioidessa on huomattava, että otanta on pieni, mutta suuntaa antava. Tulosten luotettavuutta arvioitaessa on myös huomioitava kirjausvirheiden mahdollisuus.

Aineistosta saatujen tulosten perusteella rodulla saattaa olla merkitystä vasikoiden sukupuolijakaumaan. Muiden kuin valtarotujen kohdalla otanta on niin pieni, ettei voi mitään sanoa varmasti. Ainoat vertailukelpoiset tulokset olivat holstein- ja ayrshire-roduilta, mutta ne olivat hyvin tasaisia.

Tulosten perusteella sonnivalinnalla on vaikutusta sukupuolijakaumaan. Aineiston mukaan osa sonneista tuottaa sukupuolilajittelulla siemenellä enemmän ei-toivottua sukupuolta olevia vasikoita. Tuloksiin on kuitenkin suhtauduttava varauksella, sillä Faban kehitysagronomi Vahlstenin mukaan aineistoon on saattanut eksyä kirjausvirheitä, esimerkiksi tavallisia annoksia on saatettu kirjata vahingossa sukupuolilajitelluiksi annoksiksi.

Aineiston mukaan poikimakerralla ja lehmän iällä ei ole yhteyttä sukupuolijakaumaan. Viidennen poikimakerran jälkeen on pientä nousua ei-toivottua sukupuolta olevissa vasikoissa, mutta tällä ryhmällä otanta on hyvin pieni. Tätä saattaa osittain selittää se, että lajiteltua siementä suositellaan käyttämään hiehoille ja hyvin tiinehtyville lehmille sekä eläimille, joilla ei ole sairaushistoriaa. Lehmän vanhetessa hedelmällisyys heikentyy ja todennäköisyys sairastelulle kasvaa. Lehmän vanhetessa myös sen jalostuksellinen arvo laskee, koska vertailuryhmään tulee parempia eläimiä ja heikompi eläimiä poistuu.

Aineiston tulosten perusteella vuodella ja vuodenajalla on vaikutusta syntyvien vasikoiden sukupuolijakaumaan. Aineistosta on selkeästi nähtävillä eroja eri vuosien ja vuodenaikojen välillä. X-siemennyksistä selkeästi eniten sonnivasikoita syntyy kesäisin ja Y-siemennyksistä selkeästi vähiten lehmävasikoita syksyisin. Mahdollisesti vuoden tavanomaista korkeampi keskilämpötila saattaa suosia urospuolisia alkioita, mutta otanta on pieni ja tuloksiin saattavat vaikuttaa muut tekijät. Selkeitä syitä sille, miksi toinen sukupuoli pärjäisi paremmin tai huonommin ei löytynyt.

Jatkossa voisi harkita tutkimusta lehmän edellisten vasikoiden vaikutuksesta syntyvän vasikan sukupuoleen. Vuoden 2019 siemennysten tulokset olisivat hyvin mielenkiintoisia, koska vuoden 2018 kesällä oli pitkä hellejakso, joka vaikutti eläinten tiinehtymiseen.

LÄHTEET

Ala-Siurua M. (2013) Nestemäinen typpi säilöö tulevaisuuden lypsylehmät. *Maaseudun tulevaisuus* 22.2.2013 s. 10

Alasuutari S., Manni K. & Rautala H. (2013) *Lypsylehmän ruokinta ja hoito*. 4. painos Helsinki: Opetushallitus

Anttila P. (2012) Emolehmätila – valmistaudu poikimiseen. Emolehmäpäivät Paltamo 15.2.2012 & Juuka 15.2.2012, luentomateriaali. Emovet Oy. Haettu 24.5.2019 osoitteesta <https://docplayer.fi/17391424-Emolehmätila-valmistaudu-poikimiseen-paltamo-15-2-2012-juuka-17-2-2012-paula-anttila-emovet-oy.html>

Aro J., Hilpelä-Lallukka R., Niemi A-M., Toivonen M. & Vahlsten T. (2012) *Mittaa ja valitse: Lypsykarjanjalostuksella tuloksiin* 2. painos. Helsinki: Opetushallitus

Biospace (2011) Introducing microbix biosystems inc. LumiSort. Haettu 19.3.2020 osoitteesta <https://www.biospace.com/article/releases/introducing-microbix-biosystems-inc-lumisort/>

Cision (2012) New LumiSort patent application published. Haettu 19.3.2020 osoitteesta <https://www.newswire.ca/news-releases/new-lumisort-patent-application-published-510641861.html>

Dairy Herd Management (2016) Sexed Semen: History and Potential. Haettu 24.2.2020 osoitteesta <https://www.dairyherd.com/article/sexed-semen-history-and-potential>

Eronen M., Halmekytö M., Hurme T., Kananen-Anttila K., Korhonen K., Mäki-Tanila A., Peippo J., Rätty M., Sairanen A. & Vartia K. (2006) Virtausytometrisesti lajitellun sonnin sperman laatu alkiotuotannossa. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote* nro. 21: Maataloustieteen päivät 2006. Haettu 11.2.2020 osoitteesta <https://doi.org/10.33354/smst.76109>

Faba (2019) Verkkokauppa. Haettu 29.5.2019 osoitteesta <https://web-shop.faba.fi/>

Faba (n.d.a) Jalostussuunnittelu. Haettu 7.3.2020 osoitteesta <https://faba.fi/karjan-kehittaminen/jalostus/lypsykarja/jalostussuunnittelu/>

Faba (n.d.b) Genomitestaus. Haettu 18.3.2020 osoitteesta <https://faba.fi/karjan-kehittaminen/genomitestaus/>

Farmit (n.d.) Hedelmällisyshäiriöt. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <https://www.farmit.net/kotielain/lypsylehma/terveydenhuolto/hedelmällisyshairiot>

Garverick H. A. (1997) Ovarian follicular cysts in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 5/1997. Haettu 5.3.2020 osoitteesta [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76025-9/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76025-9/pdf)

Hartikainen K. (2011) Naudan normaali synnytys ja synnytysavun anto. Haettu 7.3.2020 osoitteesta <https://nythanke.fi-les.wordpress.com/2012/02/naudan-synnytysapu-30-3-2011-kaisa-hartikainen.pdf>

Hellberg T. (2017) *Sukupuolilajitellun siemenen vaikutus vasikan elinvoimaisuuteen*. Opinnäytetyö. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 10.11.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017111116923>

Hissa P. (n.d.) Tue hedelmällisyyttä ruokinnalla. Maito ja Me. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <http://www.maitojame.fi/artikkelit/tue-hedelmällisyyttä-ruokinnalla/1596081>

Hulsen J. & Tirkkonen M. (2010) *Hedelmällisyys*. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto

Huuskonen A., Hyrkäs M., Kauppinen R., Kämäräinen H. & Pesonen M. (2012) Maito-liharoturisteytysosionien ja -hiehojen kasvu- ja teurasominaisuudet. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote* nro. 28: Maataloustieteen päivät 2012. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://doi.org/10.33354/smst.75462>

Ilmatieteenlaitos (n.d.a) Vuoden 2013 sääät. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2013>

Ilmatieteenlaitos (n.d.b) Vuoden 2014 sääät. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2014>

Ilmatieteenlaitos (n.d.c) Vuoden 2015 sääät. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2015>

Ilmatieteenlaitos (n.d.d) Vuoden 2017 sääät. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2017>

Ismael W. (2011) Sexed semen can make economic sense. *Beef Magazine*. Haettu 4.3.2020 osoitteesta <https://www.beefmagazine.com/genetics/0601-sexed-semen-economic-sense>

Kekki R. (2020) Sonnin ja lehmän sukupuolielimet. Julkaisemattomat piirrookset käyttäen Nilsson M. kuvia lähteenä.

Kokkonen S., Nowak A., Veistola S. & Vilkki J. (2009) *Lukion Biologia: Solu ja perinnöllisyys*. 1.-4.painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Kuhanen R. (2016) *Siittiöiden sukupuolilajittelu ja nautojen alkioituotanto -Lajitellun siemenen vaikutus alkioiden laatuun ja kehitysasteeseen*. Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma. Kotieläinten lisääntymistiede. Helsingin yliopisto. Haettu 10.11.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201804208453>

Kuusniemi M. (2004) *"Oma sonni mullivaunuun – kravattisonni tilalle"* Keinosiemennyksen käyttöönotto ja keskustelu asiasta vuosina 1946-1950. Pro gradu -tutkielma. Suomen historian tutkimusohjelma. Jyväskylän yliopisto. Haettu 13.11.2019 osoitteesta <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/12048>

Kässi P. & Niskanen O. (2014) Sukupuolilajittelulla tuottavuutta nautasektorille. *Nauta* 2 s.31-33

Luukkonen H-M. & Taponen J. (2014) *Poikimisen jälkeiset kohtutulehdukset naudalla – kirjallisuuskatsaus*. Suomen Eläinlääkärilehti 120(3). Haettu 29.1.2020 osoitteesta https://www.sell.fi/sites/default/files/elainlaakari-lehti/tieteelliset_artikkelit/el_3_2014_tiede.pdf

Maijala K. (1998) *Jalostustyöllä tulosta: 100 vuotta naudan- ja sianjalostusta*. Suomen kotieläinjalostusosuuskunta. Helsinki. Raine Salmi Oy.

Microbix (n.d.) Lumisort tecnology. Haettu 11.2.2020 osoitteesta <https://microbix.com/pages/lumisort-old>

Mikkola M. (2017) Kannattaako lajiteltu siemen alkiohuuhtelussa? *Nauta* 4. Haettu 7.3.2020 osoitteesta <https://nauta.fi/jalostus/kannattaako-lajiteltu-siemen-alkiohuuhtelussa/>

Mottershead J. (2001) The mare's estrous cycle. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <http://www.equine-reproduction.com/articles/estrous.htm>

Mäkinen K. (2006) *60 vuotta huipulla!: Varsinais-Suomen keinosiitosyhdistyksestä 1946 Osuuskunta jalostuspalveluun 2006*. Osuuskunta Jalostuspalvelu. Saarijärvi. Saarijärven Offset Oy.

NAV (n.d.) NTM – Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo. Haettu 18.3.2020 osoitteesta <https://www.nordicebv.info/fi/ntm-nordic-total-merit-2/>

Nilsson M. (2009) *Mjölkkor*. Natur & Kultur. Värnamo. Fälth & Hässler.

Nokka S. (2019) Lypsykarjojen tuotosseurannan tulokset 2018. Haettu 5.3.2020 osoitteesta https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2018_sanna_nokka.pdf

Parrish J. (n.d.) Sperm sexing. The University Wisconsin Madison. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <http://www.ansci.wisc.edu/jjp1/equine/technology/spsex.html>

Pyörälä E. (2003) Kotieläinten synnytysoppi, Helda. Helsingin yliopisto, eläinlääketieteellinen tiedekunta. Haettu 24.5.2019 osoitteesta <http://hdl.handle.net/1975/86>

Rautala H. (1996) *Tavoitteena terve karja*. Jyväskylä. Gummeruksen kirjapaino Oy.

Reinikainen I. (2015) *Freemartin sukupuolen kehittymisen tutkimusmallina*. Licensiaattitutkielma. Eläinlääketieteellisten biotieteiden osasto. Helsingin yliopisto. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201804208412>

Roche J. R., Lee J. M. & Berry D. P. (2006) Climate factors and secondary sex ratio in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89(8). s. 3221-3225

Ruokavirasto (n.d.a) Keinosiemennys ja alkionsiirto Haettu 14.11.2019 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/elaintenpito/elainten-terveys-ja-elaintaudit/keinosiemennys-ja-alkionsiirto/>

Ruokavirasto (n.d.b) Naudan luominen Haettu 24.3.2019 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/elaintenpito/elainten-terveys-ja-elaintaudit/elaintaudit/naudat/luominen/>

Salonen K. (2016) Keinosiemennysolkia säilytetään nestemäisessä tyypessä. Haettu 2.3.2020 osoitteesta <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/tutkimus-nostaa-sonnin-sperman-hintaa-1.142418>

Sariola H., Frilander M., Heino T., Jernvall J., Partanen J., Sainio K., Salminen M., Thesleff I. & Wartiovaara K. (2015) *Kehitysbiologia: Solusta yksilöksi*. 2. painos. Helsinki: Duodecim

Sirkkola, H. & Tauriainen, S. (2013). *Eläinten lääkintä ja hoito: Käsikirja eläintenhoitajille*. 3. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Solunetti (2006a) Sukupuolirauhastiehyiden erilaistuminen. Haettu 7.3.2020 osoitteesta http://www.solunetti.fi/fi/kehitysbiologia/sukupuolirauhastiehyitten_erilaistuminen/

Solunetti (2006b) Sentrifugi. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/sentrifugi/>

Taurén P. (2017) Genomitestaus helpottaa parituskumppanin valintaa. *Nauta* 3. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <https://nauta.fi/jalostus/testi-ker-too-tuleeko-vasikasta-kestava-lehma/>

Terpstra A. (2016) Miten optimoin tiineystulokset seksatulla siemenellä? Haettu 20.3.2020 osoitteesta http://www.semex.fi/kuvat/pdf/Sexed_Semen_FIN.pdf

Tieteen termipankki (n.d.a) Sukupuolen erilaistuminen. Haettu 7.3.2020 osoitteesta https://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:sukupuolen_erilaistuminen

Tieteen termipankki (n.d.b) Reagenssi. Haettu 20.3.2020 osoitteesta <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:reagenssi>

Tirri R. (2001) *Biologian sanakirja*. (Uud. laitoksen 1. p.). Helsingissä: Otava.

Turunen P. (2009) *Nautojen poikimavaikeudet – Kirjallisuuskatsaus*. Lisen-siaatin tutkielma. Eläinlääketieteellinen lisääntymistiede. Helsingin yli-opisto. Haettu 10.11.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201801151780>

The Horse (2003) First sexed offspring of the world's first sexed mare and stallion born. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <https://thehorse.com/151643/first-sexed-offspring-of-the-worlds-first-sexed-mare-and-stallion-born/>

Viking Genetics (n.d.a) Sukupuolilajiteltu siemen – Esittelyssä X-Vik ja Y-Vik. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <http://www.vikinggenetics.fi/yritys?show=akpi>

Viking Genetics (n.d.b) Nordic Total Merit Indeks (NTM) – Karjatilallisen luotettava työkalu. Haettu 18.3.2020 osoitteesta <http://www.vikinggenetics.fi/yritys/ainutlaatuisuus/ntm>

Zippay A. (2001) *Sexed semen: Get what you want*. Farm and Dairy. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <https://www.farmanddairy.com/news/sexed-semen-get-what-you-want/977.html>