

Reaaliaikainen lehmien jalkaterveyden seuranta

Pro gradu-tutkielma
Matti Pastell

Helsingin yliopisto
Maa- ja kotitalousteknologian laitos
Helsinki 2004

Esipuhe

Tämän työn tekeminen aloitettiin kesäkuussa 2004 Maa- ja kotitalousteknologian laitoksella. Työ on osa kotieläinten hyvinvoinnin mittaamista tutkivaa Interrobo hanketta. Hankkeesta saatu rahoitus mahdollisti täysipainoisen tutkimukseen keskittymisen. Aihe oli alusta asti mielenkiintoinen ja mielenkiinto ainoastaan kasvoi tutkimuksen edetessä.

Työn kokeellinen osuus suoritettiin Suitian tutkimustilalla. Haluan kiittää Sakari Alasuutaria ja Suitian navettahenkilöstöä avusta laitteiston huollossa ja lehmien seurannassa. Tutkimuksessa yhdistyi hyvinvoinnin mittaaminen ja eläinten kliininen seuranta. Kiitokset ELL Minna Kujalalle lehmien terveystiedoista ja työn eläinlääketiedettä koskevien osien tarkastamisesta.

Tulosten käsittely ja työn kirjoittaminen suoritettiin Maatalousteknologian laitoksella. Kiitos työn ohjaamisesta kuuluu professori Jukka Ahokkaalle. Kiitos myös lehtori Mikko Hautalalle neuvoista mittaustulosten käsittelyssä.

Kiitos myös työn taustavoimana toimineelle Helenalle ja vanhemmilleni heidän koko opintojeni ajan antamasta henkisestä ja taloudellisesta tuesta.

Helsingissä 16. joulukuuta 2004.

Matti Pastell

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maa- ja kotitalousteknologian laitos	
Tekijä — Författare — Author Pastell Matti Eljas			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Reaaliaikainen lehmien jalkaterveyden seuranta			
Oppiaine — Läroämne — Subject Maatalousteknologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Pro gradu		Aika — Datum — Month and year Joulukuu 2004	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 63 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>Maatalouden teknologinen kehitys on mahdollistanut korkean automaatiotason myös karjataloudessa ja automaattilypisy on yleistynyt 2000-luvulla. Lypsyroboti tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden lehmien terveyden automaattiseen seurantaan. Ontuminen on kolmanneksi suurin lypsykarjan terveysongelma maailmassa. Se aiheuttaa tiloille kustannuksia hoidon ja menetetyt tuotokset vuoksi sekä aiheuttaa lehmille kipua. Lypsy-lehmien ontumisesta 90 % johtuu sorkkasairauksista.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää Suitian opetus- ja tutkimustilan toiselle lypsyrobotille rakennetun nelivaakajärjestelmän avulla tapahtuva lehmien jalkaterveyden seuranta reaaliaikaiseksi. Nelivaakajärjestelmä koostuu neljästä vaakaelementistä, joiden avulla lehmän jokaisen jalan paino pystytään punnitsemaan erikseen. Anturit on yhdistetty kantaaltoavahvistimen kautta tietokoneeseen. Mittauksen hallinta ja tiedonkeruu suoritetaan TestPointilla tehdyllä mittaushjelmalla. Tutkimuksessa etsittiin vaakatietojen ja eläinlääkäriltä saatujen tietojen perusteella ontuvan lehmän kriteerit</p> <p>Robotilla olevan lehmän tunnistetieto ja tieto robotin toimintatilasta liitettiin tutkimuksessa käytettävään mittausohjelmaan. Mittauksen aloitus ja lopetus kytkettiin lehmän tunnistetietoon ja ainoastaan lypsyn aikaiset jalkapainot tallennettiin. Jokaisen lypsyn aikaiset jalkapainot tallennettiin erilliseen tiedostoon. Lisäksi ohjelmaan lisättiin punnituksen keskiarvotiedot ja potkut välittömästi punnituksen jälkeen laskeva osa. Keskiarvotiedot tallennettiin lehmäkohtaisesti. Lisäksi ohjelmaan lisättiin robotin pesun aikana tapahtuva automaattitarausröyönnän vaikutuksen minimoimiseksi. Mittausohjelmaan kehitettiin myös mahdollisista ontuvista lehmistä ilmoittava osa. Se etsi viiden peräkkäisen päivän aikana jatkuvasti samaa jalkaa keventäneitä lehmiä. Ohjelma näytti ilmoituksen mahdollisesta ontuvasta lehmästä ruudulla ja tallensi merkinnän tiedostoon.</p> <p>Lehmiä seurattiin lähes 5 kuukauden ajan ja eläinlääkäri tarkasti niiden jalkaterveyden sorkkahoitotelineessä 6 kertaa. Tutkimuksen aikana tallennettiin 71 lehmän jalkapainot yhteensä yli 9500 lypsykerralta. Jalkavikoja löytyi 14 kappaletta. Punnitustulokset analysoitiin myös MATLABilla, jolloin niistä poistettiin lehmän vaa'an ulkopuolella seisomisen aiheuttamat hyödyttömät arvot. Analysoiduista tuloksista etsittiin jalkavikojen jalkapainoissa ja potkuissa aiheuttaneita muutoksia.</p> <p>Sorkkasairaudet ja muut jalkaviat pystytään lähes aina erottamaan vaakatiedoista keventämisenä ja lisääntyneinä potkuina, mutta sairaiden ja terveiden lehmien keventämistä ei pystytä aina erottamaan toisistaan. Selvimmin vaakatiedoista erottuvat jalkaviat on helppo nähdä lehmän kävelystä myös silmämääräisesti. Parhaiten järjestelmällä pystytään erottamaan ne lehmät joilla on vikaa ainoastaan toisessa takajalassa, mutta myös molemmissa takajaloissa olevat ongelmat pystytään lähes aina erottamaan yhden jalan keventämisenä.</p> <p>Lehmien erilainen käyttäytyminen vaikeuttaa yhteisten kriteerien löytämistä. Selvimmin jalan kipeytyminen näkyy terveenä jatkuvasti tasaisesti seisovalla lehmällä, mutta levottoman lehmän sorkkasairaus ei erotu yhtä helposti normaalista punnitusten välisestä hajonnasta. Tarkempien sairaan lehmien kriteerien määrittäminen vaatii suuremman määrän sairaiden lehmien punnitustuloksia. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lypsykarjan jalkaviat pystytään erottamaan jatkuvalla jalkapainojen seurannalla.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Lypsykarja, sorkkasairaudet, hyvinvoinnin mittaaminen, vaakajärjestelmä			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maa- ja kotitalousteknologian laitos			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Engineering	
Tekijä — Författare — Author Pastell Matti Eljas			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Real Time Monitoring of the Leg Health of Cows			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agricultural Engineering			
Työn laji — Arbetets art — Level M. Sc. Thesis		Aika — Datum — Month and year December 2004	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 63 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Technological development in agriculture has made high level of automation possible also in livestock production. Automatic milking has become a common practise in the dairy industry in the 21st century. A milking robot offers a unique chance for automatic monitoring of the health of dairy cows.</p> <p>Lameness has very high prevalence in modern dairy herds. It is the third most common health problem of dairy cows after mastitis and fertility problems. Lameness causes pain for the cows and economical losses for the farmers as cost of treatment and the loss in milk production. Up to 90 % of dairy cattle lameness is caused by claw diseases.</p> <p>The aim of the thesis was to develop the leg health monitoring with the four scale system into a real time process. The four scale system consists of four individual scale platforms which were connected to a four channel amplifier and the data was collected into PC using a dedicated computer program. With the system the weight of each leg of a cow can be measured separately. The leg health of the cows was monitored by a vet and the measured data was analyzed in order to find criteria for lameness detection.</p> <p>In the study the cow identification number and information about the robots actions were added to the measurement software. The measurement was carried out automatically based on that information. After each measurement the mean values of the leg weights and the number of kicks were calculated and saved in a file. The mean values were then compared to the prior mean values of the cow in order to find cows that are constantly lifting a leg. If a possible lame cow was found the software displayed a notification for the user. During the washing of the robot the scales were automatically tared.</p> <p>The leg health of the cows was inspected by a vet 6 times during almost a 5 month period and altogether 14 cases of claw diseases and other leg problems were found. The leg weights of 71 cows from over 9500 milkings were recorded. The measured data was also analyzed with MATLAB in order to clean the data from useless values caused by the cow standing outside of the scales. The data was then processed in order to find changes in leg weights and kicking frequency.</p> <p>The leg problems can be seen from the data in almost every case as lifting of the affected leg and increased kicking frequency. The sick cows can not always be separated from the healthy cows that lift one leg for some reason. The leg problems that were the easiest to see from the data also caused clear lameness. The cows that had problems in only one leg were easier to detect than cows with problems in both legs. However most of the cows with problems in both legs also lifted one of the legs.</p> <p>The individual behaviour of the cows makes it harder to find common criteria for detecting leg problems. The leg problems can be seen quite easily from a calm cow that normally has even leg weights. A restless cow can have quite big deviation in the leg weights even if it is healthy, which makes the detection of problems more difficult. One can conclude that the leg problems of cows can be detected with a continuous measurement of leg weights, but more work is needed for the development of more accurate criteria.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Dairy cattle, claw diseases, measuring welfare, scale system			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited The Department of Agricultural Engineering			

Sisälllys	sivu
SANASTOA	3
I. JOHDANTO.....	5
II. KIRJALLISUUSOSA	7
1. AUTOMAATTILYPSY	7
1.1 AUTOMAATTILYPSYN KEHITYS JA NYKYTILA.....	7
1.2 AUTOMAATTILYPSYKONEEN RAKENNE.....	9
1.2.1 Lypsykarsina.....	9
1.2.2 Vedinten tunnistusjärjestelmä.....	9
1.2.3 Robottikäsi.....	10
1.2.4 Vedinten puhdistusjärjestelmä.....	10
1.2.5 Hallintajärjestelmä.....	10
1.2.6 Lypsykone	11
1.3 AUTOMAATTISEN LYPSYKONEEN TOIMINTA JA KAPASITEETTI	11
1.3.1 Lehmän automaattinen lypsy.....	11
1.3.2 Laitteiston pesu.....	13
1.3.3 Lypsyrobotin kapasiteetti.....	13
1.4 AUTOMAATTISEN LYPSYJÄRJESTELMÄN HALLINTA	14
1.5 AUTOMAATTILYPSYN VAIKUTUS SORKKATERVEYTEEN	14
2. KOTIELÄINTEN HYVINVOINTI.....	15
2.1 HYVINVOINNIN MÄÄRITELMÄ.....	15
2.2 HYVINVOINNIN MITTAAMINEN.....	17
2.3 HYVINVOINNIN SEURANTA TILATASOLLA	18
3. LYPSYKARJAN JALKAVIAT	19
3.1 YLEISTÄ.....	19
3.2 SORKKASAIRAUDET SUOMESSA	20
3.2.1 Vertymiä anturassa	21
3.2.2 Krooninen sorkkakuume.....	22
3.2.3 Valkoviivan repeämä	22
3.2.4 Anturahaavauma	23
3.2.5 Sorkkavälin ihon tulehdus	23
3.2.6 Sorkka-alueen ihotulehdus	23
3.2.7 Kantasyöpymä	24
3.2.8 Kierresorkka	24
3.3 ONTUMISEN HAVAITSEMINEN TEKNOLOGISIN KEINAIN	24
4. KIRJALLISUUSOSAN YHTEENVETO	26

III. EMPIIRINEN OSA	28
1. EMPIIRISEN OSAN TAVOITE	28
2. AINEISTO.....	29
3. TUTKIMUSMENETELMÄT	30
3.1 NELIVAAKAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA	30
3.2 MITTAUSOHJELMAAN TUTKIMUKSESSA TEHDYT MUUTOKSET... 33	
3.2.1 Lehmän tunnistetiedon ja robotin toimintatilan luku.....	33
3.2.2 Mittauksen kulku	34
3.2.3 Keskiarvotietojen laskenta.....	36
3.2.4 Ontumisen etsintä	37
3.3 VAAKATIETOJEN ANALYSOINTI.....	38
4. TULOKSET	43
4.1 JALKAVIKOJEN ILMENEMINEN.....	43
4.1.1 Sorkkasairaudet	45
4.1.2 Muusta kuin sorkkavioista johtuvat ontumiset.....	49
4.1.3 Keventävät terveet lehmät	51
4.2 UTARETULEHDUKSET	51
4.3 LEHMIEN PAINOJAKAUMA.....	52
4.4 AUTOMAATTITAARAUS.....	53
5. TULOSTEN TARKASTELU	54
5.1 MITTAUSOHJELMA	54
5.2 JALKAVIKOJEN HAVAITSEMINEN.....	54
5.3 UTARETULEHDUSTEN ETSINTÄ JA AUTOMAATTITAARAUS	55
5.4 LEHMIEN PAINOJAKAUMA.....	55
6. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	56
IV. TIIVISTELMÄ	57
KIRJALLISUUSLUETTELO.....	59

Sanastoa (Suomen meijeriyhdistys 2002)

Järjestelmän käyttäjä on henkilö, joka kulloinkin vastaa järjestelmän käytöstä.

Automaattinen lypsyjärjestelmä (AMS, Automatic Milking System) on tuotantojärjestelmä, jossa lehmät lypsetään automaattisesti ilman ihmisen välitöntä läsnäoloa. Termi AMS tarkoittaa koko lypsyjärjestelmää ja sen osia, sisältäen laitteistot (laitteet ja ohjelmistot), joita tarvitaan eläinten lypsämisessä, eläinten tunnistus- ja ohjausjärjestelmässä, laitteiston pesussa ja desinfioinnissa, maidon jäähdyttämisessä ja varastoinnissa, sekä ruokinnan-, laidunnuksen- ja tilan/karjan hallinnassa. AMS:ään kuuluvat myös navettatyypit ja navetan pohjaratkaisu.

Automaattinen lypsykone (AMM, Automatic Milking Machine) on laitteisto, joka tarvitaan lehmien lypsämiseksi automaattisella lypsyjärjestelmällä. AMM sisältää lypsyparren (tai karsinan), jossa on mahdollisesti väkirehuautomaatti, eläinten tunnistusjärjestelmä, laitteistot sekä laitteistojen käyttämiseen tarkoitettut tietokoneohjelmistot vedinten tunnistamiseksi, vedinten puhdistusjärjestelmä, alkusuihkeiden ottojärjestelmä, varsinainen lypsyjärjestelmä (nännikupit, maitomittarit, tyhjäpumppu, tykytysjärjestelmä, maitopumppu, putkistot) ja eroteltavan maidon tunnistus- ja erottelujärjestelmä.

Tarkkailualue (toiminta-alue) on AMM:n lypsyparren ulkopuolella oleva puhdas ja kuiva puoli, josta tarvittaessa voidaan tarkkailla ja käyttää automaattista lypsykonetta.

Alkusuihkeet ovat joka vetimestä saatavat ensimmäiset maitosuihkeet, jotka ohjataan erilleen elintarvikkeeksi tarkoitettusta maidosta.

Eroteltava maito on maito, joka ohjataan heti lypsyn jälkeen erilleen elintarvikkeeksi tarkoitettusta maidosta. Eroteltava maito on lypetty yhdestä tai useammasta neljänneksestä ja sen väri tai koostumus (konsistenssi) tai fysikaalis-kemialliset ominaisuudet poikkeavat normaalista. Esimerkkinä voidaan mainita utaretulehdusmaito. Mikro-bilääkejäämiä tai muita vieraita aineita sisältävä maito on myös eroteltavaa maitoa. Ternimaitoa saa käyttää elintarvikkeeksi, mutta koska sitä ei voi toimittaa meijeriin raakamaitoon sekoitettuna, se luokitellaan tässä eroteltavaksi maidoksi.

Eroteltavan maidon tunnistusjärjestelmä on AMM:n sisältämä järjestelmä, joka reagoi maidon laadun muutoksiin. Tunnistusjärjestelmä auttaa käyttäjää eläinten terveyden tarkkailussa. Järjestelmän toiminta perustuu maidon fysikaalisten ja mahdollisesti kemiallisten ominaisuuksien tunnistamiseen.

Valvontalistat sisältävät AMM:n keräämän tiedon esimerkiksi lypsylläkäyntitiheydestä, maitomääristä, maidon laadusta, ruokinnasta, vedinten pesusta ja lypsyn onnistumisesta. Valvontalista ilmaisee myös milloin tapahtumissa on poikkeamia, joista on annettu joko ilmoitus tai hälytys.

Hälytysjärjestelmä on lypsyjärjestelmään sisällytetty viestintäjärjestelmä, joka antaa välittömästi laitteiston käyttäjälle hälytyksen toiminnassa ilmenneistä häiriöistä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi häiriöt sähköjälkelussa, maidon jäädytyksessä, laitteiston pesuissa (pesuveden tai – aineen puute), vedinten pesuissa, nännikuppien kiinnityksessä ja lypsyparren käytössä (lehmä ei poistu lypsyparresta tai lypsyparsi on tyhjä pitkän aikaa).

Käyttöpäiväkirja on sähköisessä tai manuaalisessa muodossa olevat merkinnät asioista, jotka voivat vaikuttaa maidon laatuun tai eläinten terveyteen.

Laitteistojen pesut tarkoittavat pesuaineen ja mahdollisesti desinfektioaineen sekä kuuman ja nopeasti virtaavan vedenkäyttäminen maitojäämien poistamiseksi laitteiston maidon kanssa kosketuksissa olevilta pinnoilta.

Laitteistojen huuhtelut tarkoittavat kylmän tai lämpimän veden kulku laitteiston maidon kanssa kosketuksissa olevien osien läpimaito- tai pesuvesijäämien poistamiseksi. Huuhteluihin kuuluvat järjestelmän pesujen yhteydessä tapahtuvat huuhtelut sekä pesujen välillä suoritettavat lyhyet ja pitkät välihuuhtelut.

I. Johdanto

Vuonna 2003 Suomessa oli 18 737 päätuotantosuuntanaan lypsykarjataloutta harjoittavaa tilaa. Yli 25 prosenttia Suomen kaikista maatiloista ja lähes 60 prosenttia kotieläintiloista onkin lypsykarjatilaja. Ainoastaan viljanviljelytilojen osuus on lypsykarjatilaja suurempi. Lypsykarjojen määrä on kuitenkin vähenemässä ja tilakoko kasvaa jatkuvasti. Vuodesta 2000 vuoteen 2003 lypsytalojen määrä väheni yli 5000 kappaalla. Samalla aikavälillä tilojen keskilehmäluku nousi 15,2 lehmästä 17,2 lehmään. (TIKE 2003)

Yksikkökoon kasvaessa eläinten hoitajille jää yhä vähemmän aikaa eläinten hyvinvoinnin tarkkailuun. Samaan aikaan maataloudessa lisääntynyt automaatio tarjoaa mahdollisuuden seurata eläinten käyttäytymistä ja fysiologista tilaa päivittäin esimerkiksi lypsyrobotilla tai ruokinta-automaatilla.

Automaattilypsy on yleistynyt viime vuosina voimakkaasti Euroopassa, Japanissa ja Pohjois-Amerikassa. Suomen ensimmäinen lypsyrobotti otettiin käyttöön vuoden 2000 lopussa ja sen jälkeen yhä useammat tilat ovat valinneet automaattisen lypsyjärjestelmän tilalleen. Vuoden 2003 lopussa maassamme oli käytössä jo yli 80 lypsyrobottia noin 60 tilalla. Robottitilat muodostavat edelleen pienen osan kaikista tiloista, mutta suurimmassa yli 40 lehmän tilakokoluokassa niiden osuus on jo yli kahdeksan prosenttia. (Karttunen & Hämäläinen 2003) Maailmanlaajuisesti samana ajankohtana maailmassa oli noin 2200 lypsyrobottilaa. (de Koning ym. 2004)

Hyvinvointia mittaamalla saadaan eläimestä selville myös sellaisia asioita, joita ei koehenkilään tarkkailija pysty silmämääräisesti havaitsemaan. Luotettava mittaus- ja seuranta järjestelmä vähentää eläinten hoitajan työtaakkaa. Tuotantoeläimen hyvinvointi vaikuttaa myös tuotokseen ja sitä kautta taloudelliseen tulokseen. (Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2004) Eläinten hyvinvoinnin huomioiminen kuuluu kestävään maatalouteen ja vaikuttaa eläimestä saatavan tuotteen imagoon sekä laatuun. (MMM 2003)

Erilaiset jalkaviat ovat nykyisin hyvin yleisiä lypsykarjoissa. Ne aiheuttavat lehmille kipua ja tilalle suorja sekä epäsuoria kustannuksia. Epäsuorat kustannukset aiheutuvat

lehmien heikentyneestä hedelmällisyydestä, kunnan heikkenemisestä ja tuotoksen laskusta. Noin 90 % lehmien ontumisesta johtuu erilaisista sorkkasairauksista ja 80 % niistä esiintyy takajaloissa (Vermunt 2004). Hillerton ym. (2004) toteavat jalkaterveyden vaativan automaattilypsyssä erityistä huomiota etenkin, jos automaattilypsyyn siirtymisen seurauksena luovutaan karjan laiduntamisesta. (Hillerton ym. 2004).

Lypsylehmien tunnistaminen niiden kaulassa olevan transponderin perusteella mahdollistaa eläinten monipuolisen seurannan. Lypsyrobotti ja ruokintakioskit tallentavat jo nyt hyvin yksityiskohtaista tietoa lehmien tuotoksesta ja käyttäytymisestä. Tallennetun tiedon perusteella karjanhoitaja voi seurata lehmän toimintoja ja terveydentilaa. (DeLaval 2004) Esimerkiksi lehmän lypsykäyttäminen ja syödyn rehun määrä kertovat paljon sen aktiivisuudesta. Lypsyrobotti myös ilmoittaa käyttäjälle ovatko lehmät käyneet lypsyllä normaalisti ja onko maidon laadussa poikkeamia. Reaaliaikainen sorkkaterveyden seurantajärjestelmä mahdollistaa myös jalkavikojen ja sorkkasairauksien automaattisen seurannan.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää Suitian opetus- ja tutkimustilan toiselle lypsyrobotille rakennetun nelivaakajärjestelmän avulla tapahtuva lehmien jalkaterveyden seuranta reaaliaikaiseksi. Tutkimuksessa yhdistettiin lypsyrobotilta saatava lehmän tunnistetieto tutkimuksessa tehtyyn mittausohjelmaan. Mittausohjelmasta kehitettiin punnitustiedot lypsyn päätyttyä automaattisesta analysoiva. Analysoitavia tietoja olivat sorkkakohtaiset painot ja niiden tilastolliset tunnusluvut sekä jalan nostojen määrä lypsyn aikana. Tutkimuksessa etsittiin vaakatietojen ja eläinlääkäriltä saatujen tietojen perusteella ontuvan lehmän kriteerit. Tavoitteena oli kehittää mittausohjelmasta ontuvista lehmistä reaaliaikaisesti käyttäjälle ilmoitettava.

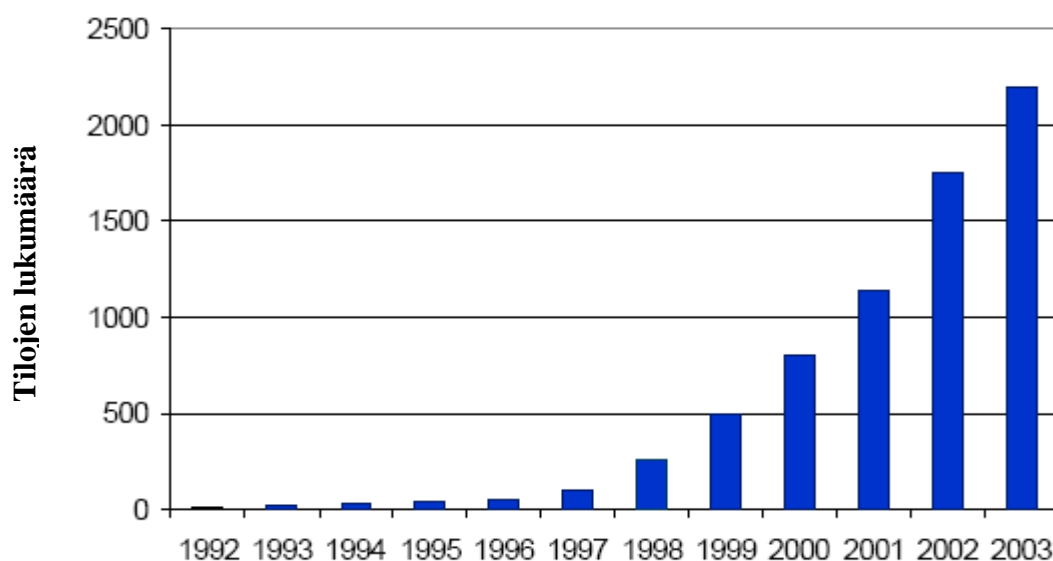
II. Kirjallisuusosa

1. Automaattilypsy

1.1 Automaattilypsyn kehitys ja nykytila

Ajatus lehmien automaattisesta lypsystä syntyi 1970-luvulla, kun yleinen työvoimakustannusten nousu synnytti tarpeen lisätä automaatiota lypsytyössä. Automaatti-irrottajat lypsimissä olivat jo käytössä, joten tutkimus ja tuotekehitys keskittyi lypsinten automaattiseen kiinnittämiseen. (de Koning & Rodenburg 2004, de Koning ym. 2002) Ensimmäinen automaattinen sovellus lypsykarjataloudessa oli ruokinta-automaatti, joka pystyttiin tekemään luotettavien lehmäntunnistusjärjestelmien kehityksen ansiosta. 1980-luvun alussa kehitettiin lypsetyn maitomäärän mittarit ja anturit utaresairauksien havaitsemiseksi. (de Koning ym. 2002)

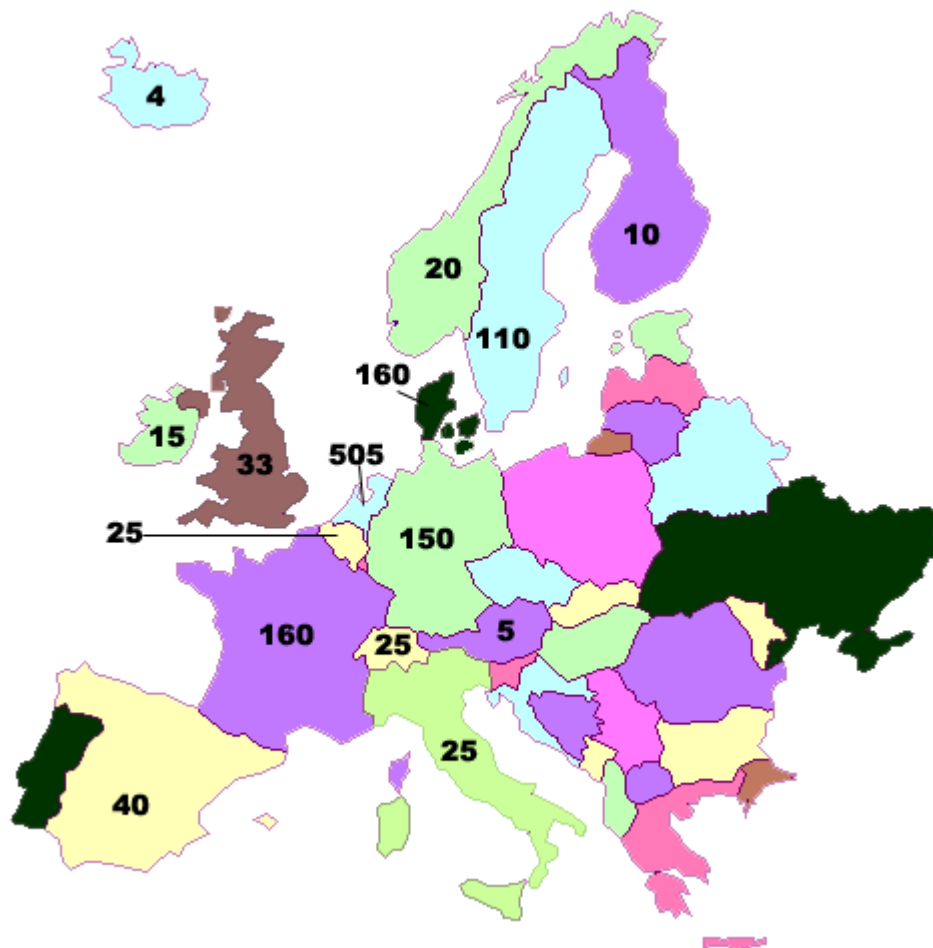
Kehityksen alkuvaiheessa käytettiin ruokinta-automaattia yksilöllisen lypsyparren kehittämiseksi. Lehmät pystyivät käymään automaatilla vuorokauden ympäri ja lypsimet kiinnitettiin käsin. 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa lypsinten automaattista kiinnittämistä tutkittiin useissa eri tutkimuslaitoksissa ympäri Eurooppaa. (de Koning ym 2002) Utareiden automaattisen paikannuksen ja lypsinten automaattisen kiinnittämisen kehittäminen luotettavaksi järjestelmäksi kesti lähes vuosikymmenen ja ensimmäiset kaupalliset automaattiset lypsyjärjestelmät otettiin käyttöön Hollannissa 1992. (de Koning & Rodenburg 2004, de Koning ym. 2002)



Kuvio 1. Maailman lypsyrobottilojen lukumäärä 1992- 2003. (de Koning ym. 2002)

Lypsyrobotit yleistyivät hitaasti vuoteen 1998 asti, jolloin automaattilypsystä tuli yleisesti hyväksytty käytäntö Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Japanissa. Vuoden 2003 lopussa n. 2200 tilalla (Kuvio 1) maailmassa oli käytössä vähintään yksi lypsyrobotti. Suurimmalla osalla tiloista on käytössä 1-3 robottia, mutta vuoden 2003 lopussa maailman suurimmalla robottitilalla Kaliforniassa oli käytössä 5 robottiyksikköä, jotka hoitivat 20 lypsykarsinaa. Yli 80 % maailman lypsyroboteista sijaitsee Luoteis-Euroopassa. (Kuvio 2) (de Koning & Rodenburg 2004)

Suomen ensimmäinen lypsyrobotti otettiin käyttöön vuoden 2000 lopulla ja vuoden 2003 loppuun mennessä automaattilypsyä käytettiin jo n. 60 tilalla, joilla oli käytössä yli 80 robottia. (Karttunen & Hämäläinen 2003)



Kuvio 2. Euroopan lypsyrobottitilojen lukumäärä maittain syyskuussa 2002. (de Koning & van der Vorst 2002)

1.2 Automaattilypsykoneen rakenne

Lypsyrobotin täytyy pystyä korvaamaan ihminen lypsytyössä. Tämä edellyttää luotettavaa lehmän tunnistusjärjestelmää, utareiden puhdistuslaitteita, lypsinten hallintaa ja tietokoneohjattuja antureita tarkkailemaan maidon laatua, lehmän liikkeitä ja järjestelmän toimintaa. Automaattisessa lypsykoneessa on de Koningin ym.(2002) mukaan 6 pääosaa.

1. Lypsykarsina
2. Vedinten tunnistusjärjestelmä
3. Robottikäsi nännikuppien irrottamiseen ja kiinnittämiseen
4. Vedinten puhdistusjärjestelmä
5. Hallintajärjestelmä: Anturit ja ohjelmistot
6. Lypsykone

1.2.1 Lypsykarsina

De Koningin ym. (2002) mukaan automaattiset lypsykoneet voidaan jakaa tyypiltään yhden ja usean karsinan järjestelmiin. Yhden karsinan järjestelmissä yksi robottiyksikkö hoitaa lehmien lypsyn yhdessä karsinassa. Usean karsinan järjestelmässä yksi robottiyksikkö hoitaa kahdesta neljään karsinaa. Jokaisella karsinalla on omat lypsimet, jotka liikkuva robotti kiinnittää. Lypsykarsinan suunnittelu perustuu edelleen automaattiruokkijan rakenteeseen. Automaattisen lypsyjärjestelmän lehmäliikenne perustuu ainakin osittain lehmän vapaaehtoiseen lypsylle tuloon. Tämän vuoksi kaikki robottityypit on edelleen varustettu ruokkijalla lehmien houkuttelemiseksi. (De Koning ym . 2002)

1.2.2 Vedinten tunnistusjärjestelmä

Utareiden ja vedinten muoto vaihtelee huomattavasti eri lehmien välillä ja samalla lehmällä eri lypsykerroilla riippuen laktaatioperiodin vaiheesta, maitomäärästä utareissa ja utareiden asennon muuttumisesta makuulla ollessa. Lehmät pystyvät myös liikkumaan lypsyparressa, jolloin utareiden asento ja sijainti muuttuu. Lehmän utareiden aikaisempi asento ja sijainti voidaan kirjata robotin tietokantaan, mutta nännikuppeja ei pystytä kiinnittämään pelkästään edellisten lypsykertojen tiedon perusteella. (de Koning ym. 2002) Tämän vuoksi automaattiset lypsykoneet käyttävät vedinten pai-

kantamiseen erilaisia mittaustapoja mm. Ultraääntä, laserpaikannusta ja CCD-kamera järjestelmiä (Artmann, 1997, ref de Koning ym. 2002). Kaikki paikantamiseen käytettävät tekniikat luovat kolmiulotteisen kuvan, jonka avulla robottikäsi osaa kiinnittää nännikupit vetimiin. Navetan kostean ja pölyisen toimintaympäristön vuoksi järjestelmän on oltava hyvin suojattu. (de Koning ym. 2002)

1.2.3 Robottikäsi

Robottikäden tärkein tehtävä on lypsinten kiinnitys. Automaattisissa lypsykoneissa on erityyppisiä robottikäsiä. Jotkut matkivat perinteistä lypsyä ja ottavat lypsimen telineestä ja toiset pitävät kaikkia neljää nännikuppia oikeassa kiinnitysasennossa ja myös hoitavat utareiden desinfioinnin lypsyn jälkeen. (Artmann, 1997, ref de Koning ym. 2002)

1.2.4 Vedinten puhdistusjärjestelmä

Lehmän vetimet pestään ennen lypsyn aloittamista. Pesun päätarkoitus on puhdistaa vetimet niin, ettei nännikuppien kautta joudu likaa maitoon. (Suomen meijeriyhdistys 2002, de Koning ym. 2002) Puhdistusjärjestelmä myös tallentaa tiedon, jos joku vetimistä jää puhdistamatta (Suomen meijeriyhdistys 2002). Monien maiden lainsäädäntö myös edellyttää vedinten pesua ennen lypsyn aloittamista. Pesun yhteydessä tarkistetaan lehmän utareterveys ja tämä lypsyä edeltävä käsittely myös aloittaa maidon laskeutumisen. Nykyisissä lypsyroboteissa ei ole järjestelmää utareiden likaisuuden määrittämiseen, joten pesu tapahtuu aina keskimääräisen likaisuuden mukaan. (de Koning ym. 2002)

1.2.5 Hallintajärjestelmä

Automaattilypsykone tarvitsee suuren määrän erityyppisiä antureita lypsyn tarkkailemiseen ja hallintaan. Antureita käytetään muun muassa lehmän tunnistamiseen, nännikuppien kiinnittämiseen ja lypsykoneen alipaineen hallintaan. Suurimmassa osassa robotteja on myös itse lypsytapahtumaa tarkkailevia antureita, joita käytetään tuotoksen mittaamiseen, epäpuhtauksien löytämiseen maidosta, maidon sähkönjohtavuuden tarkkailuun ja maidon lämpötilan sekä rehun syönnin mittaamiseen. (de Koning ym. 2002)

Kaikki mitattu tieto tallennetaan automaattisesti tietokantaan, jota voidaan käsitellä robotin hallintaohjelmalla. Hallintaohjelmistolla on mahdollista myös muuttaa lypsyrobotin asetuksia. Laitteiston käyttäjä näkee hallintaohjelmistosta valvontalistat, joiden avulla hän pystyy tarkkailemaan robotin toimintaa ja lehmien käyttäytymistä. Järjestelmä hälyttää poikkeavuuksista ja toimintahäiriöistä valvontatietokoneen ruudulla ja vakavista ongelmista lehmillä tai järjestelmän hajoamisesta esim. tekstiviestillä käyttäjälle. (de Koning ym. 2002)

1.2.6 Lypsykone

Lypsykone on lypsyrobotissa lähes samanlainen, kuin normaalissa lypsyasemassa sillä erotuksella, että lypsyrobotissa ei ole yhtenäistä lypsintä vaan kaikki nännikupit ovat erillisiä, joten lypsy tapahtuu neljänneskohtaisesti. Useimmissa lypsyroboteissa lypsimet myös irrotetaan neljänneskohtaisesti, kun lypsyaseman automaatti-irrottaja irrottaa koko lypsimen eli kaikki neljännekset kerralla. (de Koning ym. 2002.)

Lypsyrobotissa jokaisella nännikupilla on erillinen maitoletku ja oma virtausmittari. Maitoa kuljetetaan nännikummin jälkeen kapeassa letkussa useampi metri ja se lisää lypsyalipaineen vaihtelua, koska lypsimen yhdyskappaleen tasaava vaikutus puuttuu. (Manninen & Nyman 2003) Maitoputken pituuden vuoksi automaattilypsykoneessa ilma-maitosuhde maitoputkessa on 10:1, kun perinteisessä lypsykoneessa se on 3:1. (Schuiling ym. 2001, ref de Koning ym. 2002)

1.3 Automaattisen lypsykoneen toiminta ja kapasiteetti

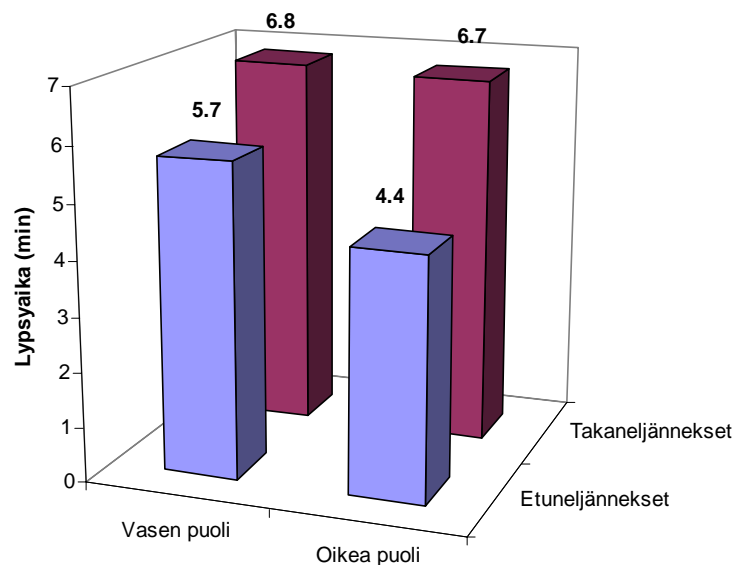
1.3.1 Lehmän automaattinen lypsy

Lehmän tullessa lypsyrobotille robotti tunnistaa sen ja päättää käyttäjän määrittämien asetusten mukaan lypsetäänkö lehmä, jaetaanko sille rehua vai päästetäänkö lehmä robotin ohi tai läpi ruokinta-alueelle. Tavallisesti robotilla käytetään 4-6 tunnin minimilypsyväliä. (Bruckmaier 2002).

Lypsytapahtuma alkaa vedinten paikantamisella ja puhdistamisella. Tieto puhdistuksen onnistumisesta tallennetaan tietokantaan. Pesun jälkeen robottikäsi varsinkin kiinnittää

nännikupit. (Suomen meijeriyhdistys 2002) Kaikissa järjestelmissä nännikupit kiinnitetään yksi kerrallaan aloittaen takimmaisista vetimistä. Bruckmaierin (2002) mukaan nännikuppien kiinnitys kestää pisimmillään useita minuutteja. De Koningin ym. (2002) mukaan kiinnityksen kesto on 45-100s. lypsykoneen merkistä, lehmän käytöksestä ja utareen muodosta riippuen.

Nännikuppien kiinnittämisen jälkeen järjestelmä ottaa vetimistä alkusuihkeet, jotka erotellaan joko eri säiliöön tai viemäriin. Alkusuihkeiden tulo varmistetaan mittamalla suihkeiden tilavuus neljänneskohtaisesti. Tämän jälkeen robotti tarkastaa lypsettävän maidon laadun ja havaitsee eroteltavan maidon. Robotin tietokantaan voidaan myös ohjelmoida tieto lääkityistä lehmistä ja vastapoikineista eläimistä, joiden maito erotellaan myös. Eroteltu maito johdetaan viemäriin tai kerätään erillissäiliöön. Järjestelmä tallentaa tiedon erilleen ohjatusta maidosta. Lehmät lypsetään neljänneskohtaisella lypsällä. (Suomen meijeriyhdistys 2002)



Kuvio 3. Vedinkohtaiset lypsyajat Ordolffin (2002) tutkimuksessa.

Maidon tulon lakatessa nännikupit irrotetaan neljänneskohtaisesti maidon virtauksen perusteella, ja robottikäsi desinfioi vetimet suihkuttamalla vedinkastoainetta (Suomen Meijeriyhdistys 2002, Bruckmaier 2002.) Ritterhausin ym. (2002) tekemän tutkimuksen mukaan takaneljänneksen lypsy kestää huomattavasti kauemmin kuin etueljänneksen. Tutkimuksessa tarkkailtiin 185 lehmää kolmella Lely Astronaut lypsyrobotilla

kolmen kuukauden ajan ja havaittiin, että oikean puoleisen takaneljänneksen irrotus kestää 0,7–0,9 minuuttia kauemmin kuin etuneljänneksen. Utareiden vasemmalla puolella takaneljänneksen lypsy kesti 1,1–1,3 minuuttia kauemmin, kuin etuneljänneksen. Ordolffin (2002) tekemässä tutkimuksessa 25 lehmällä nännikuppi irrotettiin keskimäärin oikeasta etuneljänneksestä jopa 2,4 minuuttia myöhemmin, kuin vasemmasta takaneljänneksestä (Kuvio 3).

1.3.2 Laitteiston pesu

Automaattilypsykoneessa on järjestelmä, joka huuhtelee nännikupit lehmien välillä kylmällä tai haalealla vedellä. Laitteistossa on myös maidon jäädytys ja varastointilaitteeseen kuuluva järjestelmä, joka pesee ne. Järjestelmä ohjaa pesuja automaattisesti, että pesujen väli on enintään 10 tuntia. Pesut sisältävät alkuhuuhTELUN, varsinaisen happo- tai emäspesun ja loppuhuuhTELUN. Lypsyrobotin maitoon kosketuksissa oleva laitteisto pestään vähintään 3 kertaa vuorokaudessa. Lisäksi lypsettäessä tankkiin kelpaamatonta maitoa lypsykoneen maitoon kosketuksissa olevat osat täytyy pestä. Järjestelmäpesujen välillä kaikille maitoon kosketuksissa oleville pinnoille tehdään välihuuhTELU, kun edellisestä lypsystä on kulunut 45 minuuttia. (Suomen meijeriyhdistys 2002)

1.3.3 Lypsyrobotin kapasiteetti

De Koningin ym. (2002) mukaan lypsyrobotin kapasiteetti ilmaistaan yleensä lypsykertoina päivässä, mutta todellinen kapasiteetti vaihtelee suuresti robotin asetuksista, lehmäliikenteen järjestelyistä ja lehmien ominaisuuksista johtuen. Lehmäkohtaisia asetuksia, kuten lypsyväliä, säätämällä saadaan robotin toiminta optimoitua mahdollisimman tehokkaaksi. Taulukossa 1 on esitetty erityyppisten lypsyrobottien kapasiteetti lypsykertoina päivässä ja suurimpana mahdollisena robotilla lypsettävänä lehmämääränä. Kapasiteetti kiloina päivässä riippuu suuresti robotilla käyvien lehmien tuotoksesta ja lypsettävän maidon virtausnopeudesta utareesta. (de Koning ym. 2002)

Taulukko 1. Lypsyrobotityyppien kapasiteetti. (de Koning ym. 2002)

Robotityyppi	Suurin lehmämäärä	Lypsykertoja vuorokaudessa
Yksipaikkainen	55–65	150–200
Kaksipaikkainen	90–100	270–320
Kolmipaikkainen	125–135	375–425
Neljäpaikkainen	150–160	400–525

1.4 Automaattisen lypsyjärjestelmän hallinta

Siirryttäessä asema- tai parsilypsystä automaattilypsyyn karjanhoitotyön luonne muuttuu. Lypsytyö vaihtuu lypsyrobotin valvontaan ja siivoamiseen. (de Koning ym. 2002). Vaikka robotti suorittaa lypsytyön, niin lehmien hyvinvointi on edelleen hoitajan vastuulla. Karjanhoitajan täytyy tehdä eläinten hoitoa koskevat päätökset valvontalistojen ja havaintojensa perusteella, suunnitella eläinten ruokinta sekä huoltaa lypsyrobotia. (Raussi & Kaihilahti 2004, de Koning ym. 2002) Meijeringin ym. (2002) mukaan automaattisessa lypsyjärjestelmässä hoitajalla ei ole enää jatkuvaa kosketusta lehmiin, joten utareterveyden ja lehmän yleinen tarkkailu jää ainakin osittain lypsyrobotin tehtäväksi. Automaattisen lypsyjärjestelmän käyttö edellyttää käyttäjältään hyvää tietokoneen käyttötaitoa ja yleistä teknistä osaamista. (Karttunen & Hämäläinen 2004)

Hämäläisen (2003) kolmella tilalla suorittaman työnmenekkitutkimuksen mukaan automaattinen lypsyjärjestelmä vähentää lypsykarjatilan kokonaistyönmenekkiä, muuttaa työtä fyysisesti helpommaksi ja joustavammaksi. Hämäläisen mukaan verrattaessa automaattista lypsyjärjestelmää 2x5 kalanruotoasemalla 2 kertaa päivässä lypsettävään pihatossa pidettävään karjaan kokonaistyönmenekki vähenee 40–50 prosenttia. Tutkimukseen osallistuneilla tiloilla lehmien valvontaan tietokoneelta ja konttorityöhön kuului 19–38 prosenttia työajasta.

Automaattisessa lypsyjärjestelmässä työt eivät ole sidottuja lypsyaikaan, koska lehmät käyvät lypsyllä 24 tuntia vuorokaudessa. Tämä tekee karjanhoitotyöstä joustavaa. (Karttunen & Hämäläinen 2003, Meijering ym. 2002) Toisaalta vuorokauden läpi toimiva järjestelmä voi myös hajota mihin aikaan tahansa, mikä edellyttää järjestelmän toiminnan tuntevan henkilön jatkuvaa läsnäoloa robotin läheisyydessä. (Meijering ym. 2002)

1.5 Automaattilypsyn vaikutus sorkkaterveyteen

Hillerton ym. (2004) ja Vosika ym. (2004) ovat tutkineet automaattilypsyn vaikutusta lehmien sorkkaterveyteen. Vosikan ym. (2004) tutkimuksessa jaettiin 60 lehmän karja kahtia. Lehmiä pidettiin identtisissä olosuhteissa samassa rakennuksessa. Puolet leh-

mistä lypsettiin 2x6 paikkaisessa kalanruotoasemassa ja puolet Lelyn Astronaut-robotilla. Tutkimus kesti 1,5 vuotta eikä lehmien sorkkaterveydessä ryhmien välillä havaittu merkittävää eroa.

Hillertonin ym. tutkimuksessa (2004) tutkittiin sorkkaterveydessä tapahtuvaa muutosta siirryttäessä asemalla lypsystä automaattilypsyyn. Tutkimuksessa oli mukana 15 tilaa Tanskasta, 17 tilaa Hollannista ja 16 tilaa Isosta-Britanniasta. Jokaisesta maasta oli mukana yli 1000 lehmää. Tiloilla vierailtiin vähintään kahdesti ennen lypsyrobotin asennusta ja 2-6 kertaa asennuksen jälkeen. Sorkkaterveydessä ei havaittu mainittavaa eroa 3 kuukautta automaattilypsyyn siirtymisen jälkeen. Tutkimusta kuitenkin jatkettiin 12 tilalla Isossa-Britanniassa ja vuosi automaattilypsyyn siirtymisen jälkeen jalkavikojen määrä oli lisääntynyt selvästi. Hillertonin ym. mukaan muutos saattaa johtua laiduntamisen vähentämisestä tiloilla automaattilypsyyn siirtymisen jälkeen. Ennen automaattilypsyn käyttöönottoa 11 Englantilaisista tiloista laidunsi lehmiään, mutta robottilypsyyden siirtymisen jälkeen ainoastaan 6 kappaletta. Muina syinä jalkaterveyden heikkenemiseen pidettiin liian pitkää jonotusaikaa lypsylle ja lehmien huonoa opetusta uuteen järjestelmään. Tutkimuksen tulosten perusteella jalkavikojen hallinta on tärkeä osa automaattilypsyn käyttöönottoa.

2. Kotieläinten hyvinvointi

2.1 Hyvinvoinnin määritelmä

Tuotantoeläinten hyvinvointi ja kotieläintuotannon eettisyys on kasvavan huomion kohteena. Huolenaihe on Suomessa melko uusi. (MMM 2003, Mälkiä 2002) Arvokeskustelun eläinten oikeuksista voidaan katsoa alkaneen maassamme 1990-luvulla, mutta maailmalla sitä on käyty jo kymmeniä vuosia. Keskustelu kohdistuu ihmisen oikeuteen käyttää eläimiä hyväkseen. Joidenkin kulttuureiden käsityksen mukaan eläimellä ei ole minkäänlaisia oikeuksia ja ihminen voi käyttää eläintä hyväkseen millä tavalla hyvänsä. Toisen ääripään mukaan eläimet ovat ihmisten kanssa tasa-arvoisia eikä ihmisellä ole oikeutta edes ratsastaa hevosella puhumattakaan laajamittaisesta kotieläintuotannosta ja eläinten teurastamisesta ravinnoksi. (Mälkiä 2002) Kuluttajat eivät tunne tuotantoeläinten hoitoa ja olo-suhteita, joten kuvat ja kirjoitukset mediassa eläinten kohtelusta vaikuttavat voimakkaasti kuluttajien tunteisiin. Tuotantoeläinten

hyvinvoinnin huomioiminen kuuluu kestävään maatalouteen sekä vaikuttaa kotieläimestä saatavaan tuotteen laatuun ja imagoon. (MMM 2003)

Eläimen hyvinvointi koostuu fyysisestä, psyykkisestä ja sosiaalisesta hyvinvoinnista. Hyvinvoinnin aste on hyvin vaikeasti määriteltävissä. Ihminen arvioi eläimen hyvinvointia sen käytöksen, terveydentilan, tuotoksen ja erilaisten eläimestä mitattavien parametrien perusteella. (MMM 2004) Kotieläinten hyvinvoinnin tutkimus on nuori, vasta parikymmentä vuotta vanha tieteenala eikä hyvinvoinnin määritelmästä ole päästy tutkijoiden keskuudessa täyteen yksimielisyyteen. Hyvinvoinnin erilaisissa määritelmässä on hieman erilaisia painotuksia, jotka saattavat olla joissain tapauksissa eläimen kannalta hyvin merkittäviä. (MMM 2003, Manninen-Leivo 2000)

Manninen-Leivon (2000) mukaan menetelmiä voidaan sanoa karkeasti jaettuna olevan kahdenlaisia. Toiset keskittyvät eläimen kokemuksiin ja tunteisiin eli hyvinvointi on heikentynyt vasta, kun eläin tuntee olonsa epämukavaksi. Toiset korostavat eläimen sopeutumiskykyä. Hyvinvointi perustuu eläimen kykyyn selvitä ympäristön haasteista ja selviytymisen vaatimiin uhrauksiin. Tällöin esimerkiksi käyttäytymis- ja lisääntymishäiriöt osoittavat selviytymisen olevan työlästä ja hyvinvoinnin voidaan todeta heikentyneen, vaikka eläin ei tuntisikaan oloaan epämukavaksi.

Maa- ja metsätalousministeriön (2004) mukaan kaikki nykyiset yleisesti hyväksytyt menetelmät ottavat huomioon eläimen subjektiiviset tunteet ja hyvinvointi on määriteltä karsimyksen ja negatiivisten tunteiden puuttumiseksi. (MMM 2004) Hyvinvointi voidaan määrittellä Ison-Britannian hallituksen 1965 asettaman Brambellin (ref MMM 2004) komitean määrittelemän viiden vapauden kautta:

- ”1. Vapaus nälästä ja janosta*
- 2. Vapaus pelosta ja karsimyksestä*
- 3. Vapaus sairauksista, kivusta ja loukkaantumisista*
- 4. Vapaus epämukavasta elinympäristöstä*
- 5. Vapaus ilmaista normaalia käyttäytymistä”*

Vuonna 1996 säädetyssä Suomen eläinsuojelulaissa (Finlex 1996) eläinten hyvinvoinnista todetaan:

” **1 §**

Lain tarkoitus

Tämän lain tarkoituksena on suojella eläimiä parhaalla mahdollisella tavalla kärsimykseltä kivulta ja tuskalta.

Lain tarkoituksena on edistää eläinten hyvinvointia ja hyvää kohtelua.

3 §

Yleiset periaatteet

Eläimiä on kohdeltava hyvin eikä niille saa aiheuttaa tarpeetonta kärsimystä. Tarpeettoman kivun ja tuskan tuottaminen eläimille on kielletty. Lisäksi eläintenpidossa on edistettävä eläinten terveyden ylläpitämistä sekä otettava huomioon eläinten fysiologiset tarpeet sekä käyttäytymistarpeet.

Asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä siitä mitä on pidettävä tarpeettoman kärsimyksen, kivun ja tuskan tuottamisena eläimille. ”

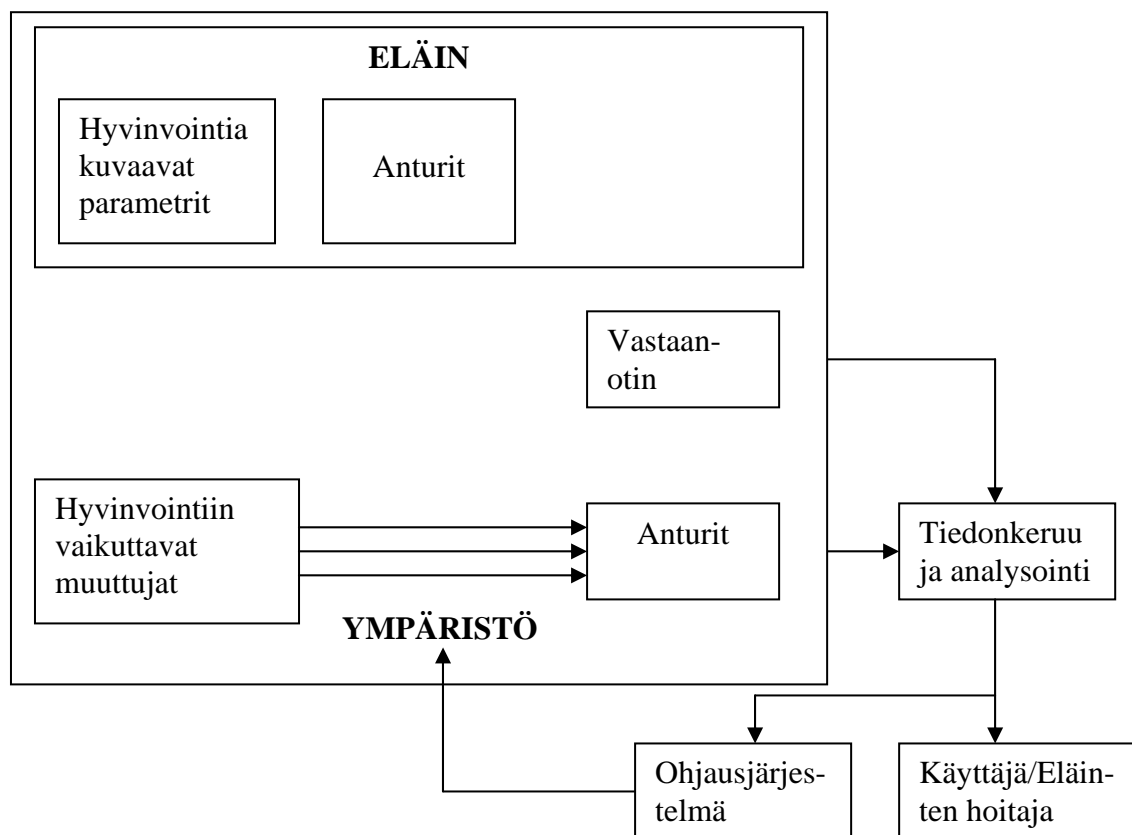
2.2 Hyvinvoinnin mittaaminen

Hyvinvoinnin mittaaminen perustuu eri eläinlajien käyttäytymisen ja tarpeiden tuntemiseen. Kotieläinten käytös ei ole juuri muuttunut villoihin sukulaiseläimiin nähden. Eläinten käyttäytymisen ja fysiologian lisäksi on selvitettävä eläinten ruokintaa, pitoloosuhteita hoitotapoja sekä tuotosta. Mittamalla voidaan saada eläinten terveydestä myös sellaista tietoa, jota ei pystytä silmämääräisesti havaitsemaan. (Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2004) Hyvin tuottava eläin ei välttämättä voi hyvin, mutta tuotoksen heikkeneminen kertoo usein hyvinvoinnin alenemisesta. Korkeatuottoisiksi jalostetuilla ja tehokkaasti ruokituilla eläimillä vain hyvin selvä hyvinvoinnin muutos vaikuttaa heikentävästi tuotokseen tai jälkeläisten tuottoon. (Manninen-Leivo 2000)

Kotieläinten hyvinvoinnin mittaamisessa joudutaan soveltamaan monta eri tieteenalaa eikä mittaamiseen ole olemassa standardoituja menetelmiä. Mittaamisessa sovelletaan usein käyttäytymistiedettä, koska stressikäyttäytyminen on yleensä ensimmäinen oire hyvinvoinnin heikkenemisestä. Jos stressi jatkuu pitkään voidaan havaita myös fysiologisia oireita, kuten plasman kortisolipitoisuuden nousu. (Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2004, MMM 2004) Hyvinvointitutkimuksessa käytetään usein sellaisia keinoja, joita ei voida soveltaa tiloilla käytännössä. Tällaisia menetelmiä ovat useat fysiologiset menetelmät muun muassa stressihormonien mittaaminen. (Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2004, Manninen-Leivo 2000)

2.3 Hyvinvoinnin seuranta tilatasolla

Kaustell & Norringin mukaan (2000) mukaan hyvinvoinnin seuranta koostuu kolmesta toiminnallisesta osasta: Mittaustapahtumasta, mittausdatan siirrosta edelleen käytettäväksi ja mittausdatan analysoinnista. Analysoitua dataa voidaan käyttää hyväksi tehtäessä muutoksia tuotantoympäristöön ja tehtäessä eläinten hoitopäätöksiä. (Kuvio 4) Tiedon hyväksikäyttöön voidaan yhdistää myös tuotantoympäristön säätelyyn.



Kuvio 4. Hyvinvoinnin seurantajärjestelmän malli. (Kaustell & Norring 2000)

Tanskan maatalousyliopistossa KVL:ssä on kehitetty järjestelmä eläinten hyvinvoinnin arviointiin tilatasolla. Hyvinvoinnin arvioimisessa on tärkeää määrittää yhteiset hyvinvoinnin kriteerit. Sørensenin ym. (2002) mukaan eläinten hyvinvointia arvioivan järjestelmän tulee täyttää vähintään seuraavat 4 vaatimusta:

1. Järjestelmällä on oltava tieteellinen perusta.
2. Järjestelmän pitää pystyä kuvaamaan ajallista kehitystä.
3. Hyvinvointia pitää pystyä mittaamaan luotettavasti tilatasolla.
4. Järjestelmän pitää tarjota tukea karjanhoitajan päätöksentekoon.

3. Lypsykarjan jalkaviat

3.1 Yleistä

Lypsylehmien ontuminen on nykyisin hyvin yleinen ongelma. Vermuntin (2002) mukaan ontuminen on maailmanlaajuisesti lypsykarjan kolmanneksi suurin terveysongelma utaretulehduksen ja hedelmällisyysongelmien jälkeen. Ontuminen aiheuttaa kustannuksia, koska sen seurauksena eläimen tuotos laskee, tiinehtyvyys heikkenee ja ongelman hoito maksaa. Rautalan (1991) mukaan kipeistä jaloista kärsivän lypsylehmän vuosituotos voi laskea jopa 20 %.

Ontuminen voi johtua useista tekijöistä. Huono tuotantoympäristö kohdistaa sorkkiin suuren rasituksen. Esimerkiksi liian kova alusta ja korkea kosteus aiheuttavat sorkkasairauksia. Nykyiset suuret tuotokset rasittavat myös lehmää ja altistavat sairastumiselle. Ontuminen voi johtua myös loukkaantumisesta ja myös lehmän perimällä on vaikutusta jalkavikojen syntyyn. (Vermunt 2002.)

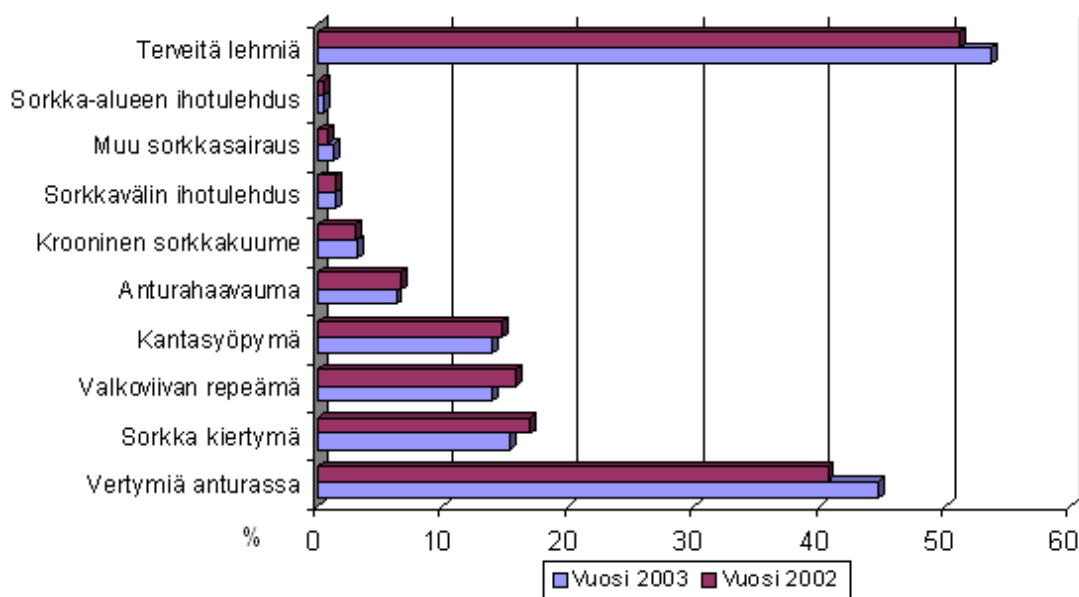
Jopa 90 prosenttia ontumistapauksista johtuu sorkkasairauksista ja 80 prosenttia tapauksista esiintyy takajaloissa. Lehmän painosta 60 prosenttia on etujaloilla, mutta takajalkoihin kohdistuu kuitenkin suurempi rasitus lehmän liikkeessa ja takasorkat ovat kooltaan etusorkkia pienemmät. (Vermunt 2004, Riihikoski 1991) Riihikosken (1991) mukaan noin 80 prosenttia takasorkkien vioista on ulkosorkassa. Lehmän etujaloissa paino jakautuu tasaisesti ulko- ja sisäsorkalle, mutta biomekaniikan mukaan takajalkojen ulkosorkalle kohdistuu kovempi rasitus kuin sisäsorkalle. Ulkosorkka reagoi kasvattamalla lisää sarveista jolloin ulkosorkka kasvaa sisäsorkka korkeammaksi ja

kantaa suurimman osan takasorkkaan kohdistuvasta painosta. (Peterse 1992, Riihikoski 1991)

Guardin (2004) mukaan ontumisen vaikutus lehmän hyvinvointiin voidaan minimoida, jos ontuminen havaitaan alkuvaiheessa, hoito aloitetaan nopeasti ja lehmää lääkitään myös kivun lievittämiseksi. Vastuu ontumisen havaitsemisesta ja hoidon aloittamisesta on karjanhoitajalla. Lypsykarjalla tarkkailu suoritetaan yleensä asemalla lypsyn yhteydessä tai tarkkailemalla niiden liikettä navetassa tai laitumella. Eri ihmiset käyttävät lehmän terveyden arvioinnissa erilaisia kriteerejä ja usein ontumiseen puututaan vasta sen muututtua vakavaksi, koska monet hoitajat eivät havaitse ongelmaa ajoissa tai eivät välitä siitä.

3.2 Sorkkasairaudet Suomessa

Suomessa esiintyvistä sorkkasairauksista on kerätty tietoa Terveet Sorkat-ohjelmassa. Tutkimuksessa on mukana lähes 1400 säännöllisesti sorkkahoitajaa käyttävää tilaa. Tilastoa kerää vuosittain noin 50 sorkkahoitajaa yli 30 000 lehmästä. (Kujala ym. 2004) Ohjelmassa on siis mukana 7,5 %:a Suomen noin 18 700:sta päätoimisesti lypsykarjatuotantoa harjoittavasta tilasta ja 8,9 % maamme noin 334 000 lypsylehmästä. (TIKE 2003)



Kuvio 5. Sorkkasairaudet Suomessa vuosina 2002–2003. (Terveet sorkat 2004)

Koko maan tautitilanne on todennäköisesti ohjelmassa saatuja tuloksia heikompi, koska osallistuminen ohjelmaan on vapaaehtoista ja suurin osa siinä olevista tiloista käytti jo liittyessään sorkkahoitajaa säännöllisesti. Vuonna 2003 ohjelmassa mukana olleista lehmistä 46,4 prosentilla oli jokin sorkkasairaus. Kuviossa 5. on esitetty terveiden lehmien osuus kaikista tarkastetuista lehmistä ja eri sorkkavikojen prosenttiosuus ohjelmassa vuosina 2002 ja 2003 havaituista vioista.

Suomalaisen pihattonavetan perinteiset sairaudet ovat olleet sorkkakuume ja valkovii-van repeämä, mutta tarttuvat sorkkasiraudet ovat yleistymässä. Tarttuvat sorkkasiraudet on Kujalan (2004) mukaan jaoteltu maassamme neljään ryhmään: Sorkkavälin ihotulehdus, kantasyöpymä, sorkka-alueen ihotulehdus ja sorkkavälin ajotulehdus. (Kujala 2004)

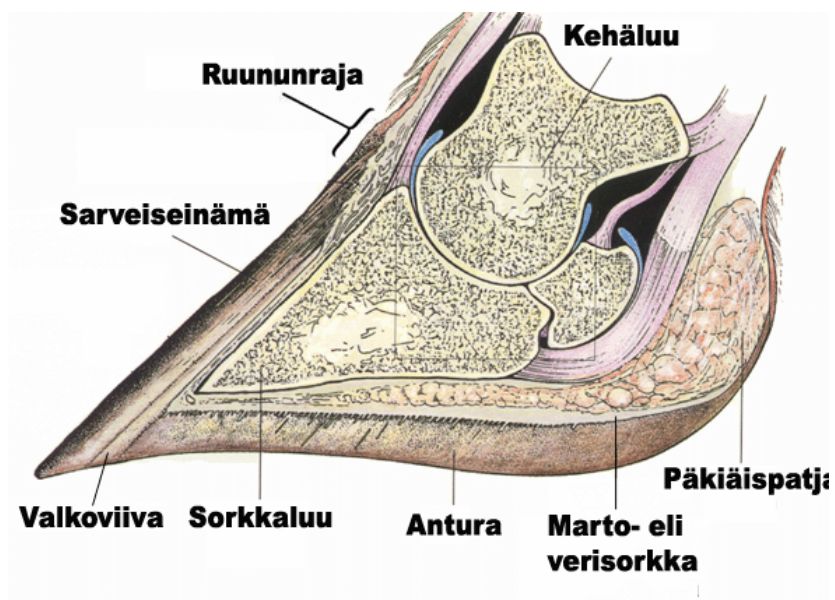
Tarttuvien sorkkasairauksien leviämiseen karjassa vaikuttaa moni tekijä: tuotantoympäristön likaisuus, kosteus, ammoniakkipitoisuus, eläimen vastustuskyky, perimä, eläintiheys ja ruokinta sekä muut eläimen terveyteen vaikuttavat asiat. (Kujala 2004, Peterse 1992) Kujalan (2004) mukaan näitä kaikkia asioita voidaan kutsua yhteisesti nimellä tartuntapaine. Jos tilalla esiintyy tarttuvia sorkkasairauksia ja tartuntapaine kasvaa esimerkiksi olosuhteiden muutoksesta johtuen liian suureksi seurauksena on tartunnallinen sorkkasairausedepidemia.

3.2.1 Vertymiä anturassa

Vertymiä anturassa on piilevä sorkkakuume sekä muut anturaan verenpurkaumia aiheuttavat syyt. Verenpurkaumat johtuvat heikentyneestä aineenvaihdunnasta, liian kovasta alustasta sekä muista sorkkaa rasittavista tekijöistä. Sorkkakuume on yleisintä poikivilla hiehoilla. Sairaudessa voi olla yleisoireita tai oireet esiintyvät pelkästään sorkassa. Oireita on yleensä joko molemmissa etu- tai takajaloissa tai kaikissa neljässä jalassa. Sorkat ovat tällöin aristavat ja kuumat sekä ruununrajassa on turvotusta. Piilevä sorkkakuume ilmenee ainoastaan vertyminä anturassa. (Riihikoski 1991)

Sorkkakuumeen voi aiheuttaa runsaasta väkirehuruokinnasta, nopeasta ruokinnan muutoksesta tai pilaantuneesta rehusta aiheutuva pötsihäiriö. Sairautta esiintyy usein jälkeisten jäämisen, poikimisen, utaretulehdusten ja sisäisten tulehduspesäkkeiden yh-

teydessä. Sorkkakuume voi olla myös seurausta jalkojen rasittumisesta kuljetuksessa, kovalle alustalle siirtämisen jälkeen tai pitkistä kävelymatkoista. Sorkkakuume myös altistaa anturahaavaumille, koska se heikentää sorkkaa tehden sen alttiimmaksi mekaanisille vaurioille. (Rautala 1991.)



Kuvio 6. Poikkileikkaus lehmän sorkasta. (Steevens 2004)

3.2.2 Krooninen sorkkakuume

Krooninen sorkkakuume on samaa alkuperää kuin akuutti- ja piilevä sorkkakuume, mutta sen ainoa oire voi olla muutokset sorkassa. Tällöin sorkan muoto muuttuu niin, että se näyttää kaarevalta ja sorkan kärki näyttää nousevan ylöspäin. (Rautala 1991) Sorkkaan tulee myös ruununrajan (Kuvio 6) suuntaisia syviä uurteita ja joissain tapauksissa sorkasta tulee suuri ja leveä. Sorkan pohjan aines voi olla pehmeää ja kellertävää ja lehmä kävelee jäykästi. (Rautala 1991, Riihikoski 1991)

3.2.3 Valkoviivan repeämä

Valkoviivan (Kuvio 6) repeämä syntyy, kun sorkan seinämän (Kuvio 6) ja pohjan saumakohta irtoaa ja niiden väliin työntyy likaa, joka aiheuttaa tulehduspesäkkeen synnyn. Sairaus ilmenee mustina pisteinä valkoviivassa (Rautala 1991).

3.2.4 Anturahaavauma

Anturahaavauma esiintyy useimmiten täysi-ikäisillä painavilla lehmillä 2-4 kuukautta poikimisen jälkeen talvisaikaan. Vaiva ilmenee kipuna sairaassa sorkassa. Lehmä pyrkii pitämään painoaan terveellä jalalla, mikä usein aiheuttaa saman vaivan syntymisen myös terveeseen jalkaan ylimääräisen rasituksen seurauksena. (Rautala 1991)

Alkavassa anturahaavaumassa sorkassa näkyy tumma ja pehmeä paikka. Pidemmälle ehtineissä tapauksissa sorkan pohjassa on reikä, josta saattaa valua veristä tai kellertävää kudosta. Vaivan mentyä ohi jalassa saattaa näkyä tumma viiva. Jos vaurioituneesta sorkasta kulkee bakteereita sorkan syvempiin osiin seurauksena on vakavia ja vaikeasti parannettavia tulehduksia jänteissä ja nivelissä. (Rautala 1991)

3.2.5 Sorkkavälin ihon tulehdus

Rautalan (1991) mukaan sorkkavälin ihon tulehdusta ei pidetä Suomen oloissa merkittävänä ontumisen aiheuttajana. Sairaus näkyy muutoksena iholla, mutta jalka ei ole selvästi kipeä. Tulehdus voi levitä iholta päkiäisiin, jolloin seurauksena on kantasyöpymä. Syvämpi sorkkavälin tulehdus aiheuttaa vakavan ontumisen, kuumetta ja ruokahalun laskua.

Sorkkavälin ihontulehdusten syynä ovat epähygieeniset olot, kuten mudassa tai lannassa kahlaaminen. Tulehdukseen auttaa hygienian parantaminen ja paikallinen desinfiointi. (Rautala 1991.)

3.2.6 Sorkka-alueen ihotulehdus

Sorkka-alueen ihotulehdus on Suomessa harvinainen tarttuva sorkkasairaus, mutta Kujalan (2004) mukaan Tanskassa, Keski-Euroopassa ja Yhdysvalloissa tietyissä karjoissa sairautta on jopa 60–80 prosentilla eläimistä. Taudille altistavina tekijöinä pidetään suurta eläintiheyttä, voimakasta tuotantoa ja suuria karjoja. Taudille ei ole voitu virallistaa tarttumisreittiä, koska sitä on ilmennyt joissain karjoissa ilman selkeää tartuntareittiä. Sairauden aiheuttajasta ei ole varmuutta, mutta syynä pidetään yleisesti sekainfektiota, jossa pötsissä elävillä spirokeetta-bakteereilla on suuri osuus.

Tauti aiheuttaa kivuliaan tulehduksen sorkan yläpuolelle joko lähelle sorkkaväliä tai sorkan etu- tai takapuolelle. Tulehdus näyttää punaiselta ruusukaalimaiselta läntiltä ja usein sairaat lehmät ontuvat. Tulehdukselle ei ole kunnollista hoitoa. (Kujala 2004.)

3.2.7 Kantasyöpymä

Kantasyöpymä syntyy, kun sorkkavälin ihotulehdus leviää päkiäisiin muodostaen anturaan V:n muotoisen taskun. Sairaus aiheuttaa jalan aristusta ja lehmän ontumista. Kantasyöpymää hoidetaan avaamalla taskumuodostumia ja madalletaan martosorkkaa. (Kuvio 6) (Rautala 1991.)

3.2.8 Kierresorkka

Kierresorkka on Rautalan (1991) ja Riihikosken (1991) mukaan perinnöllinen vaiva ainakin silloin, kun sitä esiintyy useammassa kuin yhdessä jalassa. Kierresorkan kaltaisen muutoksen voi aiheuttaa myös varvasluiden vamma tai tulehdus. Kierresorkka ilmenee yleensä vasta yli yksivuotiailla eläimillä ja se syntyy, kun sorkka kasvaa normaalia nopeammin sorkan ulkoreunalta aiheuttaen sorkan kiertymisen ruuvimaiseksi. Kierresorkkaa hoidetaan sorkkahoidolla 3 kertaa vuodessa. (Rautala 1991)

3.3 Ontumisen havaitseminen teknologisin keinoin

Teknologisia keinoja ontumisen havaitsemiseen on tällä hetkellä käytössä melko vähän. Joillain tiloilla käytetään raajaan kiinnitettäviä askelmittareita tai lehmän kaulassa olevaan vyöhön kiinnitettyjä lähettimiä aktiivisuuden mittaamiseen. Näiden laitteiden pääasiallinen tarkoitus on löytää kiimassa olevat lehmät kasvaneen aktiivisuuden perusteella, mutta ne ilmaisevat myös aktiivisuuden laskun joka usein viestii jalkavioista. Automaattilypsyjärjestelmissä lypsyvälin kasvu viestii ongelmista lehmän liikkumisessa. (Guard 2004)

Rajkondawar ym. (2002) ovat kehittäneet Marylandin yliopistossa mittausjärjestelmän lypsykarjan jalkaviojen havaitsemiseen jo aikaisessa vaiheessa. Järjestelmä koostuu kahdesta vierekkäisestä, vasemmasta ja oikeasta, lattialaatasta. Molempien laattojen alla on 4 kuormakennoa. Lehmän kulkiessa vaakajärjestelmän läpi kuormakennojen arvot tallennetaan ajan funktiona. Näistä arvoista lasketaan lukemaa vastaava koske-

tusvoima ja sijainti. Lisäksi järjestelmällä voidaan mitata lehmän kokonaispainoa ja kävelynopeutta.

Järjestelmää on käytetty terveiden ja sairaiden lehmien raajojen liikkeiden tarkkailussa. Tutkimuksessa arvioitiin useita raajan liikettä kuvaavia muuttujia sekä oikean ja vasemman puolen symmetriaa. Tutkimuksen mukaan kipeän jalan kosketusaika maahan on tervettä jalkaa lyhyempi ja lehmä ei laske yhtä paljon painoa kipeälle jalalle. (Rajkondawar ym. 2002) Vaakajärjestelmää kehitetään edelleen siten, että useampi lehmä voi kävellä samaan aikaan järjestelmän läpi ja niiden jalkapainot erotetaan laskenallisesti toisistaan, jolloin lehmien punnitus ei hidasta lehmäliikennettä. BouMatic, LLC kehittää laitteistosta automaattista ontumisen havaitsemisjärjestelmää kaupalliseen käyttöön. (Tasch & Rajkondawar 2004)

4. Kirjallisuusosan yhteenveto

Automaattilypsy on saavuttanut 12 vuodessa ensimmäisen kaupallisen lypsyrobotin käyttöönoton jälkeen yleisesti hyväksytyin aseman Eurooppalaisessa ja Pohjoisamerikkalaisessa maataloudessa. Automaattista lypsyjärjestelmää käyttävien tilojen määrä on kasvanut jatkuvasti suurimman kasvun vaiheen osuessa 2000-luvulle. Vuoden 2003 lopussa maailmassa oli jo 2200 lypsyrobottilaa.

Lypsyrobotti korvaa ihmisen lypsytyön suorittajana, mutta ei vapauta karjanhoitajaa eläinten tarkkailutyöstä. Automaattinen lypsyjärjestelmä seuraa kuitenkin jatkuvasti lehmän lypsyväliä, tuotosta, rehunsyöntiä ja maidon laatua sekä tallentaa mitaamansa tiedon järjestelmän käyttäjän avuksi. Automaattisen lypsyjärjestelmän käyttö edellyttääkin karjanhoitajalta hyvää tietokoneen käyttötaitoa. Lehmien säännöllinen käynti lypsettävänä samassa paikassa mahdollistaa myös niiden hyvinvoinnin säännöllisen automaattisen mittauksen. Mittausjärjestelmien tuottama tieto voidaan liittää robotin valvontalistoihin, jolloin karjanhoitaja voi seurata niitä valvontatyön juuri lisääntymättä.

Keskustelua kotieläintuotannon eettisyydestä ja tuotantoeläinten hyvinvoinnista on käyty maailmalla kymmeniä vuosia, mutta Suomessa sen voidaan sanoa alkaneen 1990-luvulla. Keskustelun seurauksena tuotantoeläinten hyvinvointi on kasvavan huomion kohteena ja sen huomioiminen kuuluu kestävään maatalouteen. Mielikuvalla tuotannon eettisyydestä on suuri vaikutus myös koko kotieläintuotannon imagoon ja se vaikuttaa kuluttajien käyttäytymiseen.

Kotieläinten hyvinvointitutkimus on melko nuori tieteenala eikä eläinten hyvinvoinnilla ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Käytössä olevat määritelmät voidaan jakaa kahteen pääluokkaan. Toisen mukaan eläimen hyvinvointi on heikentynyt vasta, kun eläin tuntee olonsa epämukavaksi, mutta toisissa määritelmissä hyvinvoinnin katsotaan heikentyneen eläimen tuntemuksista riippumatta, jos eläimellä esiintyy esimerkiksi käyttäytymis- tai lisääntymishäiriöitä.

Hyvinvoinnin mittaaminen perustuu useaan eri tieteenalaan. Yleisimmin sovelletaan käyttäytymistiedettä, koska stressikäyttäytyminen on usein ensimmäinen oire heikentyneestä hyvinvoinnista. Pidempiaikainen stressi aiheuttaa myös fysiologisia muutoksia, kuten myös useimmat sairaudet. Korkeatuottoisilla eläimillä myös äkillinen tuotoksen lasku kertoo usein hyvinvoinnin heikkenemisestä, mutta hyvin tuottava eläin ei välttämättä ole hyvinvoiva. Tieteessä käytettyjen menetelmien soveltaminen ei usein onnistu tilatasolla, tarvitaan myös keinoja hyvinvoinnin määrittämiseen tilatasolla.

Ontuminen on nykyisin jo kolmanneksi yleisin lypsykarjojen terveysongelmista utaretulehduksen ja hedelmällisyysongelmien jälkeen. Ongelma aiheuttaa tiloille tulomenetyksiä hoitokustannusten ja menetetyt tuotoksen takia. Jos lehmän jalat ovat jatkuvasti kipeät se saattaa aiheuttaa peräti 20 % tuotoksen menetyksen vuodessa. Jopa 90 % ontumisesta johtuu erilaisista sorkkasairauksista, joista 80 % takajaloissa. Sorkkasairauksia aiheuttavat huonot tuotanto-olosuhteet, kova tuotantorästitys ja perinnölliset syyt. Sorkkahoitajien keräämään aineiston mukaan 46,4 prosentilla Suomessa vuonna 2003 rutiininomaisesti hoidetuista lehmistä oli jokin sorkkasairaus.

Jalkavikojen havaitseminen jo ontumisen aikaisessa vaiheessa ja niiden nopea hoito on tärkeää eläinten hyvinvoinnin ja myös taloudellisen tuotannon kannalta. Hoidon aloittamisen viivästyminen aiheuttaa eläimelle tarpeetonta kipua ja kärsimystä.

Teknologisia keinoja ontumisen havaitsemiseen on tällä hetkellä käytössä vain vähän ja ne perustuvat lehmän aktiivisuus mittareihin, joiden pääasiallisen tarkoituksena on löytää kiimassa olevat lehmät. Bou-Matic, LLC kehittää tällä hetkellä Rajkondawarin ym. (2002) rakentamaa lehmän askelvoimaan perustuvaa ontumisen havaitsemisjärjestelmää kaupalliseen käyttöön.

III. Empiirinen osa

1. Empiirisen osan tavoite

Empiirisen osan tavoitteena oli kehittää nelivaakajärjestelmän avulla lypsyrobotilla tapahtuva lehmien jalkaterveyden seuranta reaaliaikaiseksi. Tavoitteena oli saada luettua robotille tulevan lehmän tunnistetieto ja robotin suorittama toiminta TestPoint-ohjelmalla tehtävään mittausohjelmaan.

Mittausohjelmaan lisättiin punnitustiedot välittömästi lypsyn jälkeen analysoiva ja tallentava erillinen osa. Analysoitavia tietoja olivat sorkkakohtaiset keskipainot ja niiden keskihajonta sekä jalan nostojen määrä lypsyn aikana ja lehmän painon jakautuminen eri jaloille. Tavoitteena oli selvittää miten lehmän ontuminen näkyy punnitustuloksissa ja kehittää mittausohjelmasta ontuvat lehmät havaitseva ja niistä ilmoittava.

Tavoitteena oli tehdä mittausohjelmaan seuraavat ominaisuudet

- Lehmän tunnistenumeron ja robotin toimintatilan luku robotilta.
- Mittauksen aloitus ja lopetus lehmän tunnistenumeron ja robotin toimintatilan perusteella.
- Sorkkapainojen ja kokonaispainon näyttö punnituksen aikana.
- Lehmäkohtaisten punnitustietojen tallennus.
- Keskiarvotietojen ja tunnuslukujen laskenta ja tallennus
- Ontuvien lehmien tunnistus ja niistä käyttäjälle ilmoittava osa.
- Punnitustiedot grafiikkana.
- Automaattinen taaraus

2. Aineisto

Tutkimus suoritettiin Helsingin yliopiston opetus- ja tutkimustilan Suitian navetassa 30.9.2003 käyttöön otetulla tilan toisella DeLaval merkkisellä lypsyrobotilla. Tutkimus kuuluu Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaan Interrobo-hankkeeseen, joka toteuttaa Suomen rannikkoseudun Interreg IIIA -ohjelmaa. Hankkeessa on kansallisena rahoitusosapuolena Länsi-Suomen lääninhallitus. Interrobo on yhteishanke, johon osallistuvat Helsingin yliopiston maa- ja kotitalousteknologian laitos, Suitian opetus- ja tutkimustila, eläinlääketieteellinen tiedekunta, maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen maatalousteknologian tutkimus sekä Viron maatalousyliopiston eläinlääketieteellinen tiedekunta.

Punnitustuloksia saatiin aikaväliltä 15.6–17.9.2004 ja 19.10–8.11 lähes yhtäjaksoisesti. Ajalla 17.9–19.10 vaakajärjestelmä oli epäkunnossa. Vaakatietoja saatiin tutkimuksen kestäessä 71 lehmästä yhteensä 9579 kappaletta eli keskimäärin 135,2 lehmää kohti.

Lehmien jalkaterveys tarkistettiin tutkimuksen aikana 6 kertaa telineessä ja kliinisesti merkittäviä sorkkavikoja löytyi 12 lehmältä ja muu jalkavika 2 lehmältä. Lisäksi Suitian navettahenkilökunta tarkkaili mahdollisia ontuvia lehmiä koko tutkimuksen ajan. Ontuvia lehmiä löytyi yhteensä 9 kappaletta. Kaikki löytyneet jalkaviat olivat lehmien takajaloissa. Kahdeksalla lehmällä oli vika ainoastaan toisessa takajalassa ja neljällä lehmällä molemmissa takajaloissa. Tutkimuksen aikana havaitut sorkkasairaudet olivat valkoviivan repeämä, anturahaavauma sekä sorkkavälin liikakasvu ja ajotulehdus. Kaikki sorkkasairaat lehmät eivät ontuneet.

3. Tutkimusmenetelmät

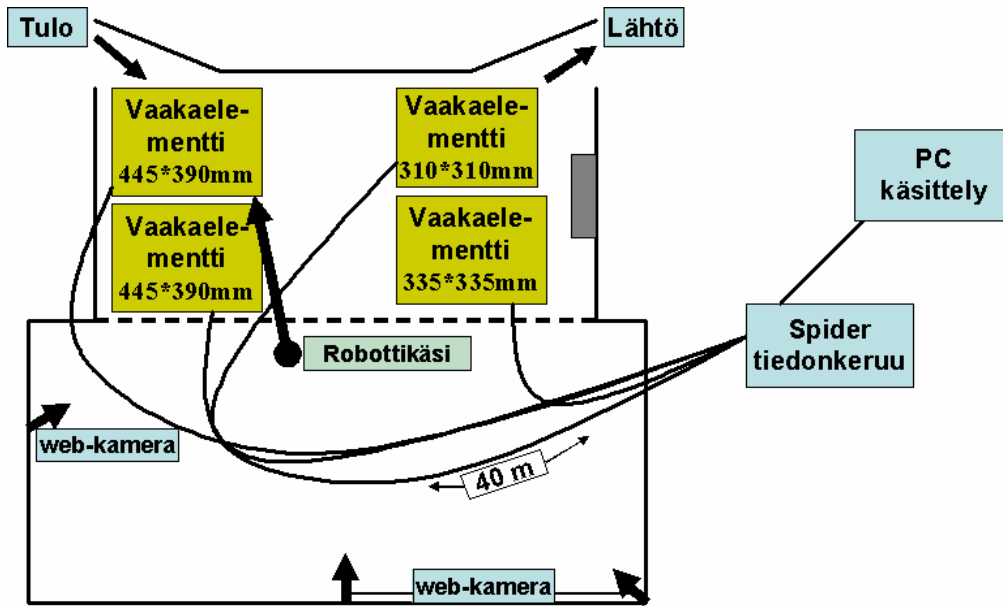
Lehmien jalkapainojen muutoksia seurattiin nelivaakajärjestelmällä täysin automatisoidulla mittauksella. Lehmien jalkapainot jokaisen lypsyn ajalta tallentuivat tekstitiedostoon mittaustietokoneen kovalevyille. Tallentuneet mittaustiedostot ladattiin mitauskoneelta etäkäytöllä verkon välityksellä ja analysoitiin MATLAB-ohjelmistolla. Lisäksi mittausohjelmasta kehitettiin lehmän tunnistava ja reaaliaikaiseen seurantaan paremmin soveltuva.

Lehmille suoritettiin tutkimuksen kestäessä noin kerran kuussa toiminnallinen sorkkahoido. Sorkkahoidon yhteydessä eläinlääkäri suoritti myös sorkkaterveyden tarkastuksen ja tarkkaili lehmien käyntiä. Tieto lehmien jalkaterveydestä saatiin tarkastukset suorittaneelta ELL Minna Kujalalta. Punnitustuloksia verrattiin myös tietoihin Suitian lehmien utaretulehduksista, koska epäiltiin että kipeä utaretulehdus voi aiheuttaa levottomuutta ja potkujen lisääntymistä etenkin lypsinten kiinnitysvaiheessa.

3.1 Nelivaakajärjestelmän toiminta

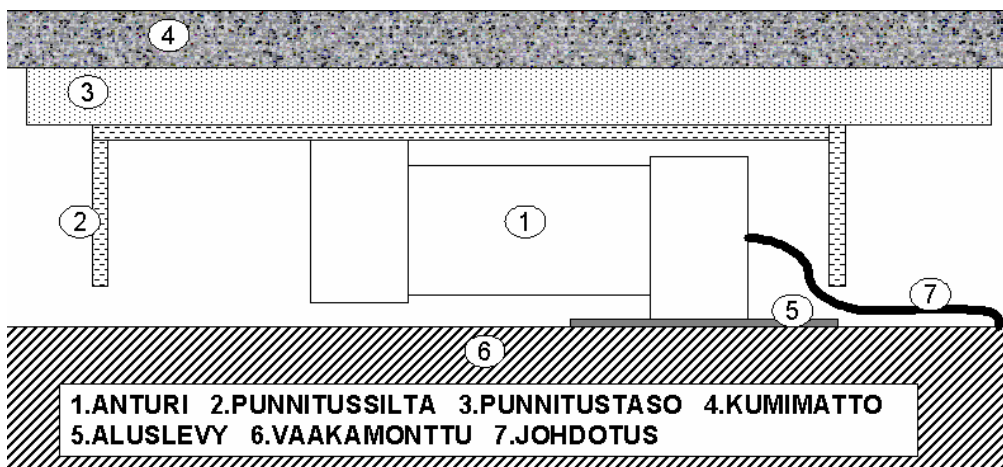
Nelivaakajärjestelmä on rakennettu Suitian toiselle lypsyrobotille. Sen toimintaa on selvitetty Takon (2004) Pro gradu-työssä. Se koostuu neljästä vaakaelementistä, vaakaelektronikasta ja mittaustietokoneesta. Järjestelmään on asennettu kolme kameraa, joiden kuvaa voi seurata myös verkon välityksellä. (Kuvio 7). Järjestelmän avulla voidaan mitata jokaisen lehmän jalan paino erikseen. (Takko 2004)

Vaakaelementit koostuvat neljästä Tedean 1510 leikkausvoima-anturista, joihin on kiinnitetty kuumasinkitystä teräksestä rakennetut vaakasillat ja siltoihin on kiinnitetty filmivanerilevyt. Vaakajärjestelmä on rakennettu robotin lattiaan valettuun kuoppaan. Koko järjestelmä on peitetty kumimatolla, jonka tehtävänä on estää lian ja kosteuden pääsy vaakakuoppaan. (Kuvio 8). Vaakaelementtien koko vaihtelee eri sijoituspaikoissa (Kuvio 8). Syövyttävän ammoniakkipitoisen ilman puhdistamiseksi vaakakuoppaan on tehty ylipainepuhallus ja se on viemäroity maton alta tulevan veden poistamiseksi. (Takko 2004)



Kuvio 7. Suitian nelivaakajärjestelmän vaakojen ja kameroiden sijoitus. (Takko 2004)

Vaaka-antureilta kulkee 40 metriä pitkä häiriösuojattu johdotus Spider8:n kantoaalto-vahvistimelle, joka on kytketty mittaustietokoneeseen RS232- väylän kautta. Mittauksen hallinta ja datan keruu tapahtuu TestPointilla tehdyllä mittausohjelmalla. (Takko 2004)



Kuvio 8. Vaakaelementin periaatepiirros. (Takko 2004)

Jalkapainojen mittaamisessa käytetty ohjelma oli tutkimuksen alkaessa rakennettu siten, että mittaus alkaa kun vaakoihin kohdistuva paino ylittää säädetyn painoarvon. Aloitusarvo oli vapaasti säädettävissä ja se oli säädetty sellaiselle tasolle, että esimerkiksi ihmisen kulkeminen robotin lävitse ei aloittanut punnitusta. Mittaus loppui, kun vaa'alla oleva kokonaispaino alitti määritellyn rajan. Aloituksen ja lopetuksen painoraja pystyttiin määrittelemään erikseen. Mittauksen päätyttyä mittausajan ja jalkapainot

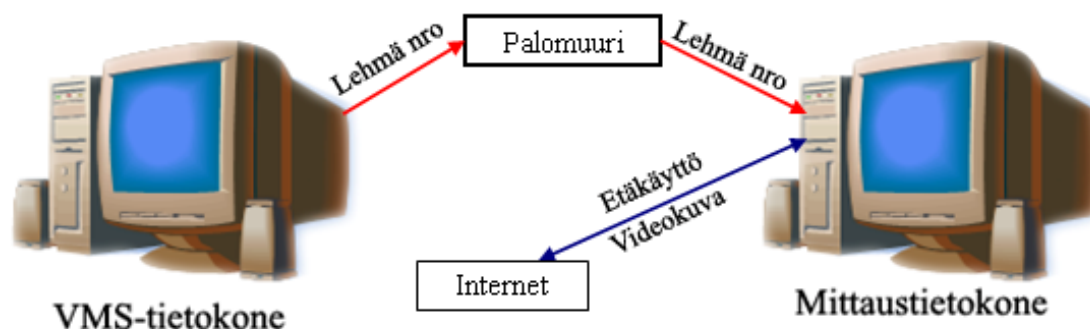
sisältävä punnitustiedosto tallentui mittauskoneen kovalevylle. Punnitustiedot analysoitiin TestPointilla tehdyllä käsittelyohjelmalla, joka laski jalkapainojen keskiarvot, keskihajonnat ja jalkakohtaiset potkut. Analysoinnin yhteydessä punnitustiedosto yhdistettiin lehmänumeroon robotin tapahtumalistan perusteella. (Takko 2004)

Vaakojen taaraus suoritettiin manuaalisesti vaakojen ollessa tyhjiään. Taaraus pystyttiin suorittamaan myös verkon välityksellä etäkäytön ja kameroiden avulla. Takon (2004) toukokuussa 2004 suorittaman seurannan mukaan yksittäisen anturin tyhjänä näyttämä arvo vaihtelee välillä -12 - 15 kg ja nelivaakajärjestelmän näyttämä kokonaispaino välillä -47 – 58 kg. Ryömintä aiheuttaa suurimmillaan 27 kg:n vaihtelun yksittäisen sorkan painossa ja peräti 105 kg:n vaihtelun kokonaispainossa eri punnituskertojen välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman riittävän usein tapahtuvaa automaattitaarausta järjestelmä on liian epätarkka lehmän painontarkkailuun. Ryömintä on kuitenkin samansuuruista kaikilla neljällä anturilla, joten jalkapainojen suhteelliseen suuruuteen se ei vaikuta. Takko toteaa ryöminnän johtuvan lämpötilan vaihtelusta.

3.2 Mittausohjelmaan tutkimuksessa tehdyt muutokset

3.2.1 Lehmän tunnistetiedon ja robotin toimintatilan luku

Lehmän tunnistetieto saatiin mittausohjelmaan (Kuvio 10) DeLaval Oy:n toimittaman apuohjelman avulla. Robottia ohjaavalla VMS-tietokoneella toimiva apuohjelma kirjoitti tekstitiedostoon robotilla olevan lehmän tunnistetiedon ja tiedon robotin toimintatilasta. Tämän tiedon saamiseksi mittausohjelmaan VMS-tietokoneen ja mittaustietokoneen välille rakennettiin palomuurilla suojattu lähiverkko. (Kuvio 9) Seuraavaksi apuohjelman käynnistysparametrit määritettiin siten, että se tallentaa tiedot verkon välityksellä mittauskoneen kovalevyille. Palomuurin asetuksia muutettiin siten, että apuohjelman lähettämä tiedosto on ainoa koneiden välisessä verkossa sallittu liikenne. Palomuuuri asennettiin koneiden välille tietoturvasyistä ja DeLavalin pyynnöstä. Mittaustietokoneeseen asennettiin lähiverkkoa varten toinen verkkokortti, koska se oli jo yhden verkkokortin kautta yhteydessä internetiin.



Kuvio 9. VMS-tietokoneen ja mittauskoneen välinen verkko.

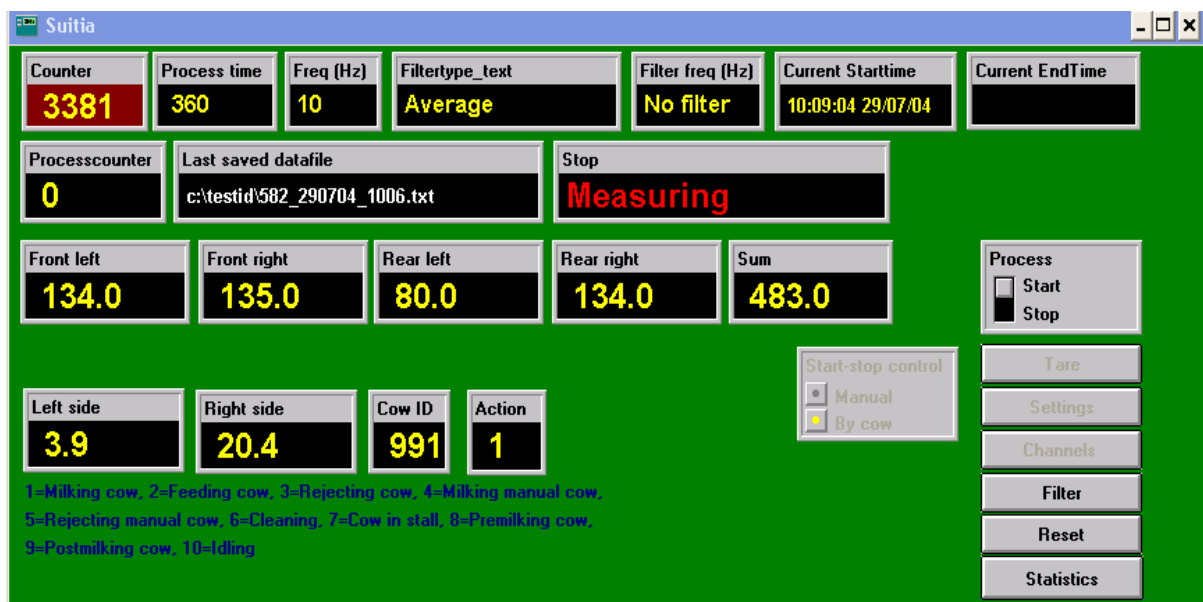
Mittausohjelma (Kuvio 10) ohjelmoitiin lukemaan apuohjelman kovalevyille kirjoittama tieto 5 sekunnin välein. Apuohjelman tallentama tekstitiedosto päivittyi robotin toimintatilan tai robotilla olevan lehmän vaihtuessa. Apuohjelman avulla saatava lehmän tunnistetieto oli lehmän korvanumero. Apuohjelman ilmoittamat robotin toimintatilat ja niiden käytännössä sisältämät toiminnot näkyvät taulukossa 2.

Taulukko 2. Apuohjelman ilmoittamat robotin toimintatilat ja niiden sisältämät toiminnot käytännössä.

Apuohjelman ilmoittama toimintatila	Toiminta käytännössä
Lypsää lehmää	Utareiden puhdistus, nännikuppien kiinnitys, alkusuihkeet, lypsy, nännikuppien irrotus ja vedinkastoaineen suihkutus.
Hylkää lehmän	Robotilla on lehmä, jolla ei ole lypsylupaa.
Lehmä parressa	Robotin parressa on lehmä, mutta sitä ei lypsetä.
Pesu käynnissä	Järjestelmän pesu tai huuhtelu käynnissä.
Odottaa lehmää	Robotti on tyhjä ja odottaa seuraavaa lehmää.

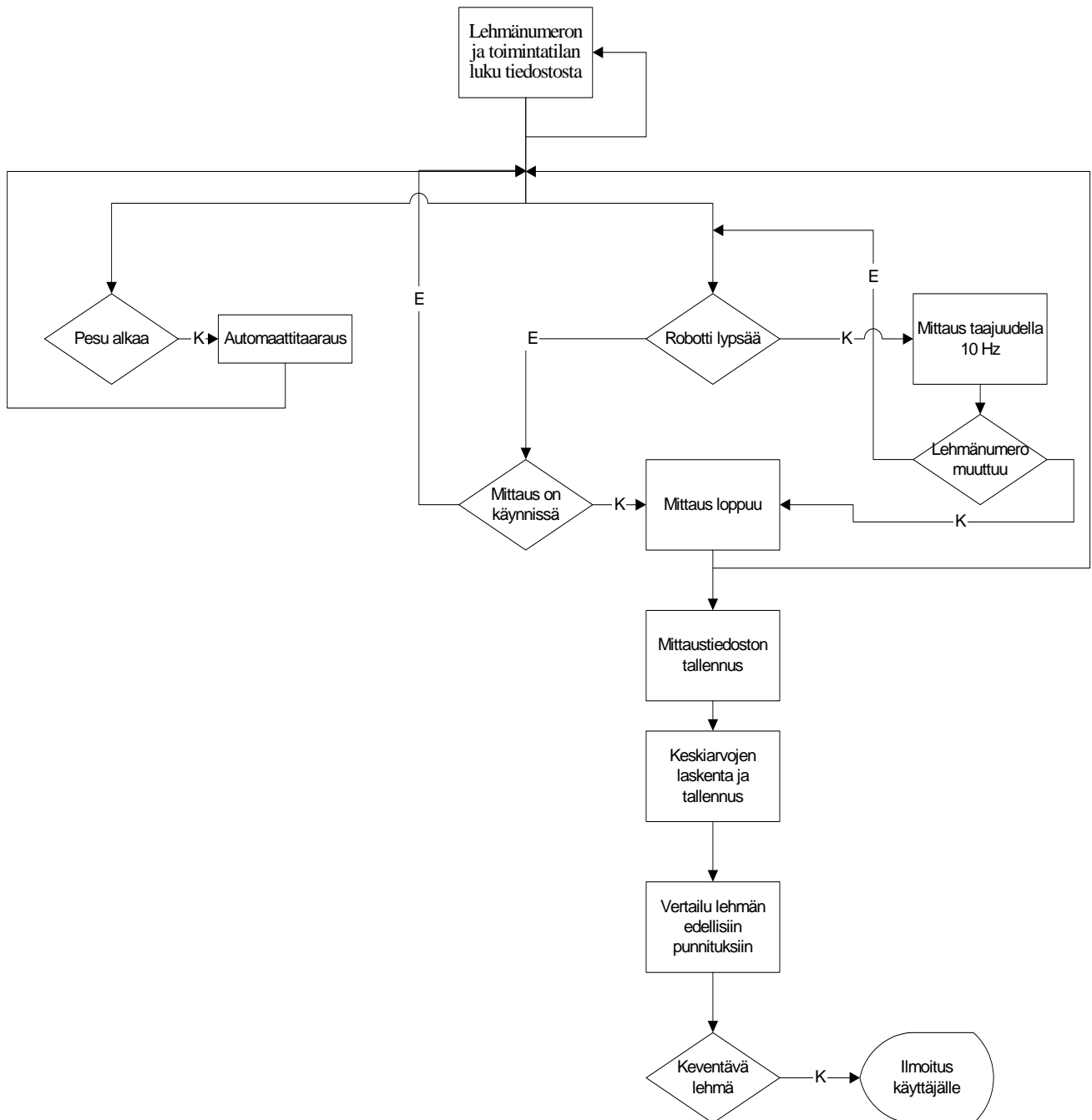
3.2.2 Mittauksen kulku

Lehmän tunnistetiedon lisäämisen jälkeen mittauksen aloitus ja lopetus saatiin kytkettyä robotilla olevan lehmän ja robotin toimintatilan vaihtumiseen entisen painorajoihin perustuvan menetelmän sijaan. Mittausohjelmaa muutettiin siten, että mittaus aloitettiin kun robotti ilmoitti lypsävänsä lehmää ja lopetettiin kun robotin ilmoittama toimintatila tai lehmän tunniste muuttui. Mittauksen loputtua kellonaika, jalkapainot, kokonaispaino ja lehmän tunniste tallennettiin tekstitiedostoon. Jokaisesta punnituksesta tallennettiin oma tiedostonsa. (Kuvio 11.)



Kuvio 10. Mittausohjelman pääpaneeli.

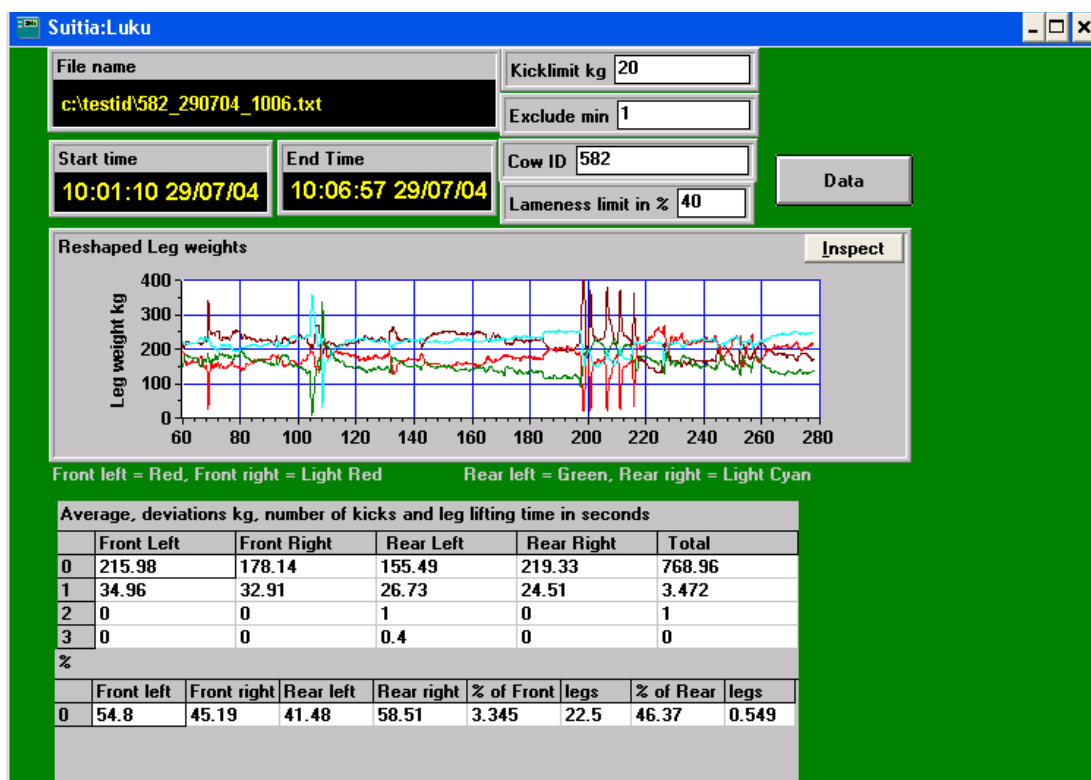
Ryöminnän minimoimiseksi ohjelmaan lisättiin myös automaattinen taaraus. Taaraus päätettiin suorittaa apuohjelman ilmoittaessa pesun alkaneen ja kun millään anturilla ei ole yli 10 kg:n lukemaa. Painoraja asetettiin sillä, vaikka robotin oman pesun aikana karsinassa ei ole lehmää saattaa joku työntekijöistä olla karsinassa. Ryöminnän seuraamiseksi jokaisen anturin ennen taarausta näyttämä arvo ja kellonaika tallennettiin tiedostoon.



Kuvio 11. Mittausohjelma toimintaperiaate. (K=Kyllä, E=Ei)

3.2.3 Keskiarvotietojen laskenta

Mittausohjelmaa kehitettiin siten, että jokaisesta vähintään viisi minuuttia kestäneestä punnituksesta laskettiin keskimääräiset jalkapainot ja kokonaispaino, jalkapainojen ja keskipainon kokonaishajonta ja jalkakohtaiset potkut automaattisesti punnituksen päätyttyä. Ennen keskiarvotietojen laskua mittaustuloksista poistettiin minuutti alusta ja lopusta lypsyn alku- ja lopputoimenpiteiden aiheuttaman heilunnan ja levottomuuden aiheuttaman häiriön poistamiseksi. Lasketut keskiarvot sekä lypsyn aloitusaika, lopetusaika ja päivämäärä tallennettiin lehmäkohtaisesti tekstitiedostoon. Lehmien käyttäytymistä ja vaakatietoja tarkkailemalla todettiin, että kaikkien lehmien jalat eivät osu vaakalevyille jokaisella punnituskerralla joten ohjelmaan lisättiin ehtoja tallennettavista tiedoista. Keskiarvotietojen laskenta suoritettiin erillisessä piilossa olevassa paneelissa (Kuvio 12), jonka sai näkyviin painamalla mittausohjelmassa (Kuvio 10) olevaa ”Statistics”-nappia.



Kuvio 12. Keskiarvotietojen laskennassa käytetyn osan paneeli.

Punnitusten onnistumisen arvioinnissa käytettiin lehmän kokonaispainon vaihtelua ja punnituksen kokonaispainon keskihajontaa. Lehmän kokonaispainoa verrattiin kuuden edellisen onnistuneen punnituksen keskiarvoon. Jos lehmän kokonaispaino poikkesi

kuuden edellisen kerran keskiarvosta yli 30 kg tai 2 kertaa kuuden edellisen punnituksen keskiarvojen keskihajonnan verran niin se hylättiin. Vähemmän poikkeavien punnitusten keskiarvotiedot ja potkujen määrä tallennettiin. Jos lehmästä ei ollut kuutta aikaisempaa punnitusta niin keskiarvotiedot tallennettiin, jos sen kokonaispaino oli yli 450 kg. Punnituksen keskiarvojen tallentamisessa käytetty ehto:

$$(x \leq y + 2 * z \wedge x \geq y + 2 * z) \vee (x \leq y + 30 \wedge x \geq y - 30 \wedge z < 30)$$

x = lehmän keskipaino uudessa punnituksessa, y = kuuden edellisen punnituksen keskiarvo, z = kuuden edellisen punnituksen keskiarvojen keskihajonta

Tutkimuksen edetessä todettiin, että jalkapainoja olisi hyödyllistä tarkastella prosentiosuuksina ja etu- ja takajalkoja erikseen. Tämän vuoksi mittaustuloksista laskettiin myös kummankin takajalan suhteellinen osuus takajalkojen yhteispainosta ja kummankin etujalan suhteellinen osuus etujalkojen yhteispainosta.

3.2.4 Ontumisen etsintä

Ontuvien lehmien etsintään sopivia kriteerejä lisättiin ohjelmaan tutkimuksen kestäessä, kun saatiin uutta tietoa lehmien sorkkaterveydestä ja verrattiin sitä aikaisempiin ehtoihin ja etsittiin mittaustiedoista uusia ehtoja. Ontumista etsittiin ainoastaan sellaisista tiedostoista, jotka täyttivät keskiarvotietojen tallentamiselle asetetut ehdot.

Satunnaisten kevennysten ja oikean ontumisen erottamiseksi päätettiin tarkastella usean peräkkäisen punnituksen keskiarvoja. Koska kirjallisuuden mukaan lehmän painosta 60 % kohdistuu etujaloille ja 40 % takajaloille (Vermunt 2004, Riihikoski 1991) päätettiin vertailla takajalkoja keskenään ja etujalkoja keskenään. Robotilla lypsettiin hyvin erikokoisia lemiä, joten jalkapainoja tarkasteltiin ontumisen etsinnässä suhteellisina osuuksina. Ohjelmassa olevan ehdon mukaan se näytti ilmoituksen ruudulla ja tallensi lehmän numeron, keventävän jalan ja kellonajan tekstitiedostoon, jos jonkin jalan punnituksen aikainen keskipaino oli viimeisen viiden päivän tallentuneista punnituksista vähintään 75 prosentissa alle 40 % vierekkäisten jalkojen yhteispainosta.

Ontumisen etsintäehto:

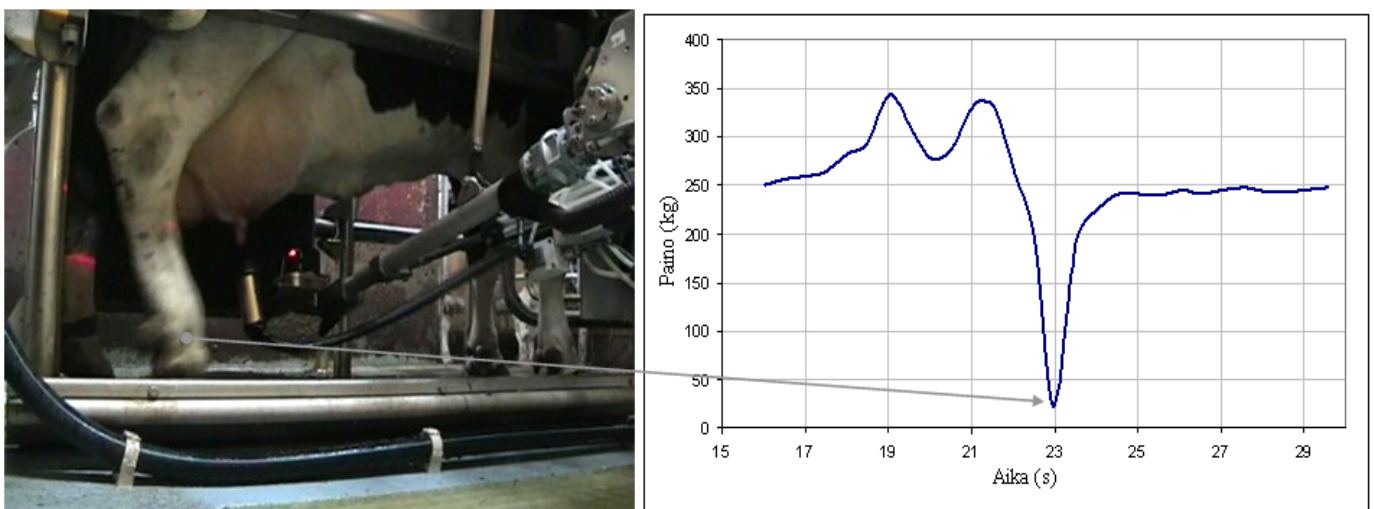
$$x \leq 40\% \wedge y \geq 75\%$$

x = yhden jalan paino-osuus vierekkäisten jalkojen kokonaispainosta, y = niiden tallentuneiden punnituskertojen osuus prosentteina viimeisen viiden päivän punnituksista jolloin samaa jalkaa on kevennetty.

3.3 Vaakatietojen analysointi

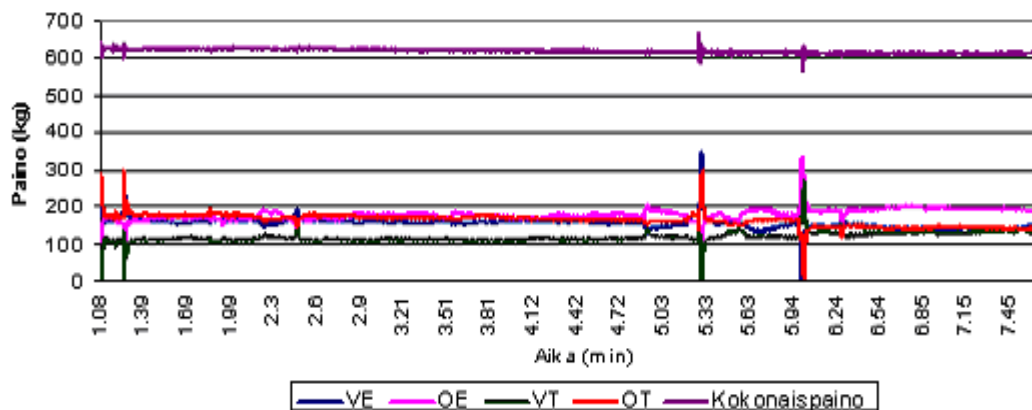
Jalkapainojen mittaaminen ja keskiarvotietojen lasku sekä tallennus automatisoitiin tutkimuksessa. Vaaka- ja terveystietojen analysoimiseksi käytettiin Microsoft Excel ja MATLAB ohjelmistoja tutkittiin miten jalkaviat ilmenevät. Analyysin perusteella muutettiin mittausohjelmassa olleita ontumisen hakuehtoja. Ontuvia lemmiä haettaessa verrattiin punnitustulosta lemmän aikaisempiin punnitustietoihin. Tieto jatkuvasti keventävästä lemmästä näkyi mittausohjelmassa keskiarvotietojen laskun jälkeen ja se myös tallennettiin lemmäkohtaiseen tekstitiedostoon mittauskoneen kovalevylle.

Punnitustuloksista laskettiin myös lypsykohtaiset potkut eli jalannostot. Potkun laskettiin tapahtuneen, kun yksittäisen jalan paino kävi alle 20 kg:n. (Kuvio 13) Nyquist kriteerin mukaan mittausaajuuden on oltava vähintään kaksinkertainen mitattavan ilmiön taajuuteen nähden. Yhden potkun taajuus on nopeimmillaan 2 Hz, joten tutkimuksessa käytettiin aluksi 5 Hz:n mittausaajuutta joka myöhemmin nostettiin 10 Hz:n kun järjestelmään lisättiin lemmän hengitysaajuuden mittaus.



Kuvio 13. Oikean takajalan painon muutos potkun aikana.

Lehmiä tarkkailemalla havaittiin, että osa lehmistä seisoo välillä osittain vaakalevyjen ulkopuolella. Lehmän painojakauman tutkimisessa voidaan käyttää ainoastaan sellaisia punnitustuloksia, joissa lehmän kaikki jalat on saatu punnittua. Sellaiset mittausravot, joissa lehmä on pitänyt vähintään yhtä jalkaa vaa’an ulkopuolella ovat siten tutkimuksen kannalta hyödyttömiä. Hyödyttömien arvojen poistamiseksi kaikki punnitustiedot käsiteltiin MATLABilla.

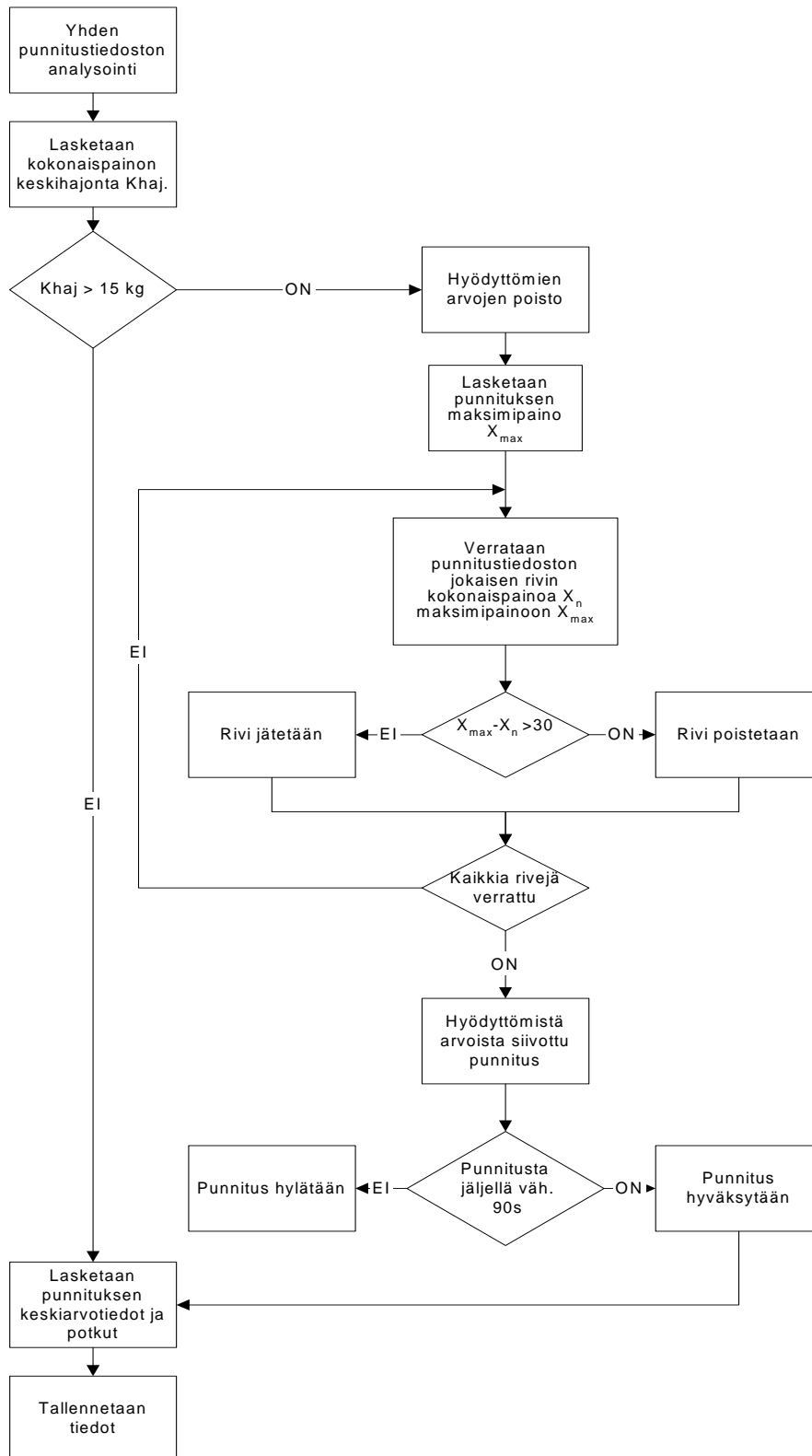


Kuvio 14. Onnistunut punnitus.

Jos lehmän kokonaispainon keskihajonta on punnituksen aikana suurempi kuin maidon vähenemisen ja ulostamisen aiheuttama muutos niin silloin voidaan päätellä että lehmä on seissyt osan punnitusajasta vaa’an ulkopuolella. Lypsyrobotin lehmistä tallentamien tietojen perusteella todettiin, että Suitian eniten tuottavat lehmätkään eivät lypsä yli 30 kg yhdellä lypsykerralla. Jos tämä keveneminen tapahtuu lineaarisesti 10 minuutin lypsyn aikana, niin sen aiheuttama lehmän kokonaispainon keskihajonta punnituksen aikana on 8,7 kg. Tämän vuoksi päätettiin poistaa hyödyttömät arvot sellaisista punnituksista joiden kokonaispainon keskihajonta oli 15 kg. Tällä rajalla kokonaispainossa voi olla myös pientä lehmän askeltamisesta ja signaalin häiriöistä johtuvaa heiluntaa joka ei kuitenkaan vielä edellytä hyödyttömien arvojen poistamista.

Kuviossa 15 on esitetty yhden punnituksen käsittely. Jokaisesta tiedostosta laskettiin ensin kokonaispainon keskihajonta. Jos se oli yli 15 kg punnituksesta poistettiin hyödyttömät arvot. Jos keskihajonta oli alle 15 kg punnituksesta laskettiin keskiarvotiedot ja potkujen määrä. Punnitustuloksista todettiin, että jokainen lehmä seisoo ainakin josain vaiheessa lypsyä kokonaan vaa’alla. Tällöin vaa’an ulkopuolella seisominen nä-

kyy kokonaispainon pienenemisenä. Päätettiin, että punnituksen aikaisesta maksimipainosta yli 30 kg poikkeavat punnitusarvot ovat hyödyttömiä.



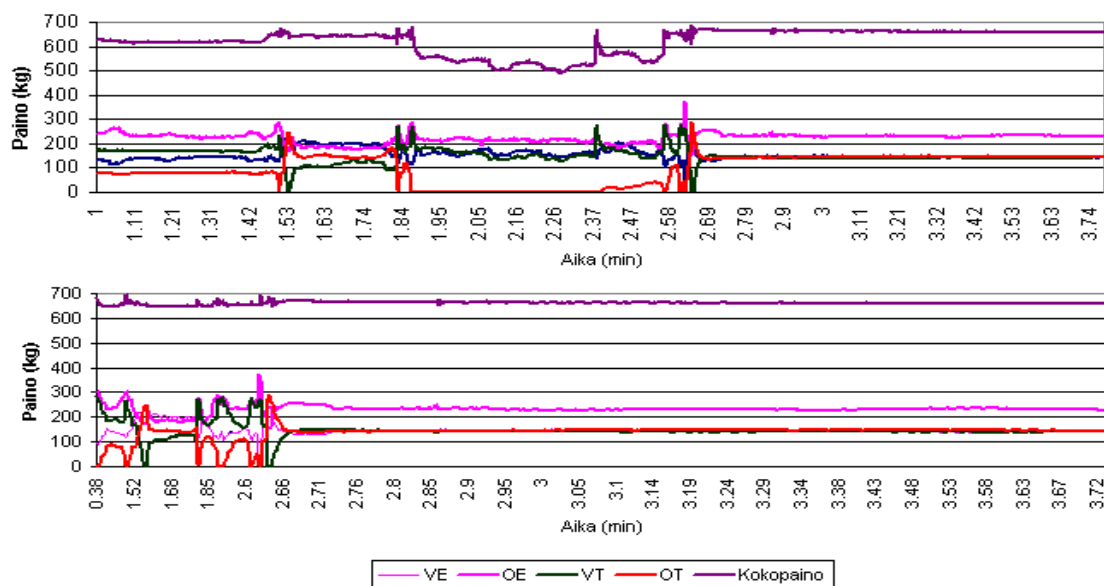
Kuvio 15. Punnitustulosten analysointi MATLABilla

Punnitustiedostossa oli tallennettuna punnituksen kaikki mitatut arvot ja mittausaika omalle rivilleen. (Taulukko 3) Hyödyttömien arvojen poistossa (Kuvio 15) verrattiin jokaisen rivin kokonaispainoa punnituksen maksimipainoon. Jos kokonaispainon ja verratun rivin kokonaispainon erotus oli yli 30 kg, niin rivi poistettiin punnitustuloksesta. Hyödyttömien arvojen poistamisen jälkeen tiedostosta laskettiin keskiarvotiedot ja potkut.

Taulukko 3. 0,5 sekunnin aikana punnituksessa tallennetut lehmän jalkapainot ja kokonaispaino. (VE= vasen etujalka, OE= oikea etujalka, VT= vasen takajalka, OT= oikea takajalka)

Aika(s)	VE (kg)	OE (kg)	VT (kg)	OT (kg)	Kok. paino (kg)
10.00	192.00	157.00	184.00	158.00	691.00
10.10	192.00	157.00	184.00	158.00	691.00
10.20	193.00	156.00	183.00	158.00	690.00
10.30	194.00	156.00	183.00	157.00	690.00
10.40	194.00	157.00	184.00	157.00	692.00
10.50	194.00	157.00	184.00	157.00	692.00

Kuviossa 14 nähdään onnistunut punnitus, jossa lehmä on seissyt koko lypsytyn ajan vaa'alla. Kuvion 16 punnituksessa lehmä on seissyt lypsytyn alussa ja keskivaiheessa oikea takajalka vaakalevyn ulkopuolella. Lehmän oikean takajalan kevennys on samansuuruinen, kuin kokonaispainon väheneminen.



Kuvio 16. Yhden lypsykerran punnitustulos ennen hyödyttömien arvojen poistoa ja sen jälkeen.

Taulukossa 4 nähdään hyödyttömien arvojen poistamisen vaikutus yhteen punnitukseen. Se (Kuvio 16) on muuttanut selvästi vaa'an ulkopuolella olleen oikean takajalan keskipainoa ja hajontaa. Myös keskimääräinen kokonaispaino on noussut 39,2 kiloa ja kokonaispainon keskihajonta on vähentynyt 50,3 kiloa vain 5,7 kiloon. Hyödyttömien arvojen poistamisen vaikutus koko punnituksen ajan vaa'alla olleisiin jalkoihin on vähäinen. Hyödyttömät arvot poistamalla saadaan todellinen kuva lehmän painon jakautumisesta lypsyn aikana. Tulokset otettiin huomioon ainoastaan, jos hyödyttömien arvojen poiston jälkeen alkuperäisestä punnituksesta oli jäljellä vähintään 90 sekuntia.

Taulukko 4. Yhden punnituksen jalkakohtaiset keskipainot, kokonaispaino ja keskihajonta kiloissa ennen hyödyttömien arvojen poistoa ja sen jälkeen.

Alkuperäinen	Vasen etujalka	Oikea Etujalka	Vasen takajalka	Oikea takajalka	Kokonaispaino
Keskiarvo	153,1	223,2	149,2	96,2	621,8
Keskihajonta	21,9	20,1	28,7	60,8	51,0
Käsitelty					
Keskiarvo	146,7	231,4	144,9	138,0	661,0
Keskihajonta	19,2	18,3	30,4	31,7	5,7

4. Tulokset

4.1 Jalkavikojen ilmeneminen

Tuloksissa esitetyt punnitukset on kaikki laskettu MATLABilla analysoiduista punnitustuloksista. Mittausohjelman tallentamia keskiarvoja on käytetty ainoastaan ohjelmaan liitettyssä ontumisen etsinnässä.

Sorkkasairaudet ja muut jalkaviat näkyivät punnitustuloksissa kipeän jalan keventämisenä ja potkujen määrän kasvuna. Taulukossa 5 ja Kuviossa 17 on verrattu sorkkasairaiden lehmien keskimääräisiä jalkapainoja ja potkuja yhdellä lypsykerralla terveisiin lehmiin. Terveiden lehmien keskiarvot on laskettu kaikilta Elokuussa 2004 vähintään 10 kertaa vaa'alla käyneistä terveiksi todetuista lehmistä. Sairaiden lehmien keskiarvot on laskettu 7 jalkavian toteamista edeltävältä päivältä. Taulukossa on verrattu etujalkojen painoa osuutena etujalkojen yhteenlasketusta painosta ja takajalkojen painoa takajalkojen yhteenlasketusta painosta.

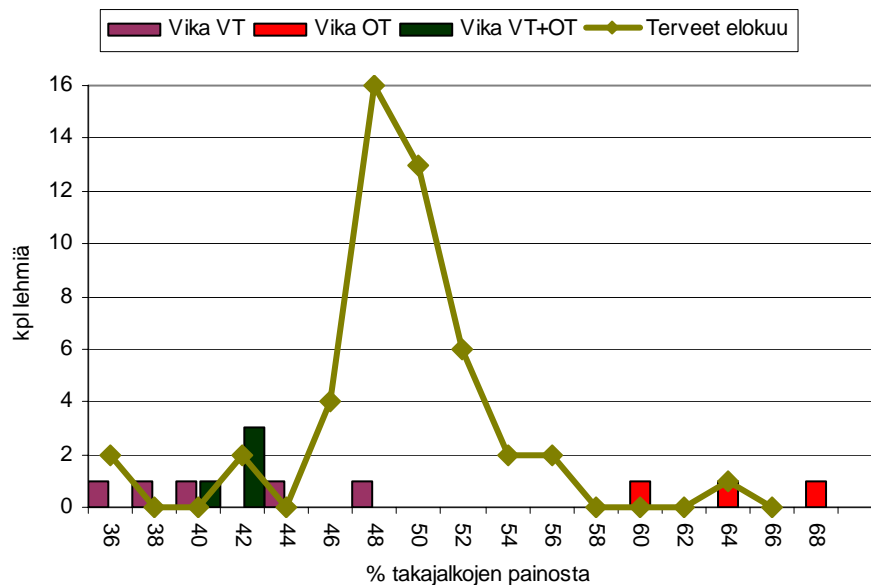
Taulukko 5. Terveiden ja sairaiden lehmien etujalkojen osuus etujalkojen yhteispainosta, takajalkojen osuus takajalkojen yhteispainosta ja potkut. Virheraja on \pm keskiarvon keskivirhe. (VE= vasen etujalka, OE= oikea etujalka, VT= Vasen takajalka, OT= oikea takajalka)

	Kpl	Paino VE (%)	Paino OE (%)	Paino VT (%)	Paino OT (%)	Potkut VE	Potkut OE	Potkut VT	Potkut OT	Koko potkut
Terveet elokuu	48	50,6 \pm 0,4	49,4 \pm 0,4	48,1 \pm 0,6	51,9 \pm 0,6	2,2 \pm 0,3	2,6 \pm 0,4	7,1 \pm 1,1	4,6 \pm 0,5	16,5 \pm 1,8
Vika VT	5	55,5 \pm 2,6	44,5 \pm 2,6	40,3 \pm 2,4	59,7 \pm 2,4	1,0 \pm 0,4	3,5 \pm 1,4	21,3 \pm 11,1	2,5 \pm 1,5	28,3 \pm 12,0
Vika OT	3	49,7 \pm 2,7	50,3 \pm 2,7	63,1 \pm 2,6	36,9 \pm 2,6	4,8 \pm 1,8	5,0 \pm 1,8	4,2 \pm 3,5	17,5 \pm 11,3	31,5 \pm 10,5
Vika VT+OT	4	52,3 \pm 2,5	47,7 \pm 2,5	40,6 \pm 0,6	59,4 \pm 0,6	2,4 \pm 1,2	2,3 \pm 1,3	9,3 \pm 2,8	1,6 \pm 0,7	15,7 \pm 5,1

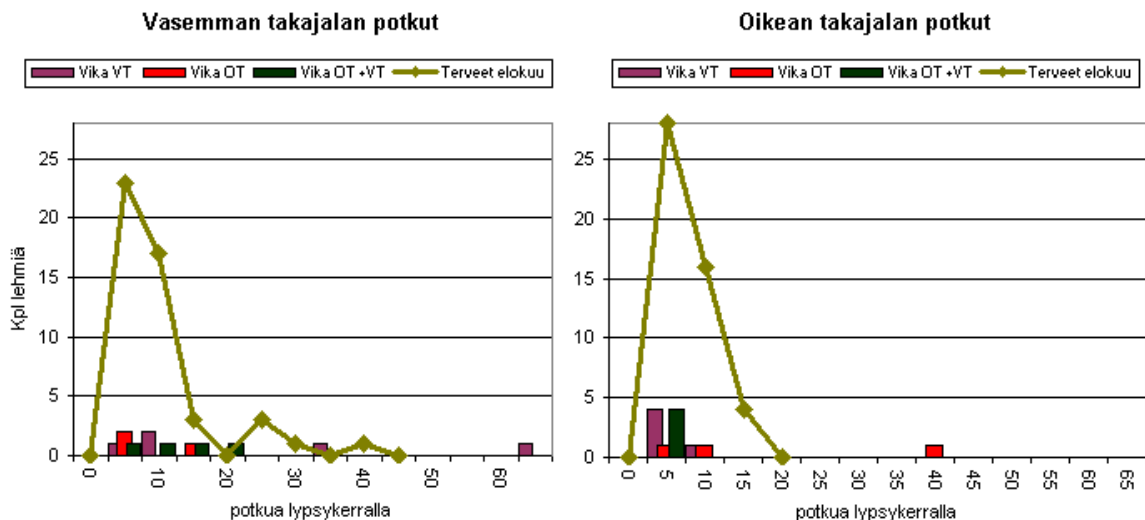
Terveet lehmät ovat seisseet keskimäärin paino melko tasaisesti oikealla ja vasemmalla jalalla, mutta toisen takajaloistaan satuttaneet lehmät ovat laskeneet kipeälle jalalle huomattavasti tervettä jalkaa vähemmän painoa. Ne lehmät joilla on ollut sorkkasairaus molemmissa takajaloissa ovat keventäneet vasenta takajalkaansa huomattavasti. (Taulukko 5, Kuvio 17) Tämä voi johtua siitä, että molemmat jalat satuttaneiden lehmien vasen takajalka on ollut oikeaa kipeämpi. Jalkavika on lisännyt osalla lehmistä kipeän jalan nostelua eli potkuja. Takajalkojen potkujen jakautumisesta terveillä ja

sairailla lehmillä nähdään, että suuri potkujen määrä on melko varma merkki jalkaviasta. Kaikki jalkaviat eivät kuitenkaan aiheuta potkujen lisääntymistä. (Kuvio 18)

Myös osa elokuussa terveiksi todetuista lehmistä laski toiselle takasorkalle selvästi vastakkaista sorkkaa vähemmän painoa. Terveiden ja sairaiden lehmien vasemman jalan painon keskimääräisestä jakaumasta (Kuvio 17) nähdään, että 4 tervettä on luokissa 36–42 % ja yksi luokassa 64 %:a. Toisaalta yksi vasemmasta takasorkastaan sairas lehmä on terveiden yleisimmässä luokassa 48 %.



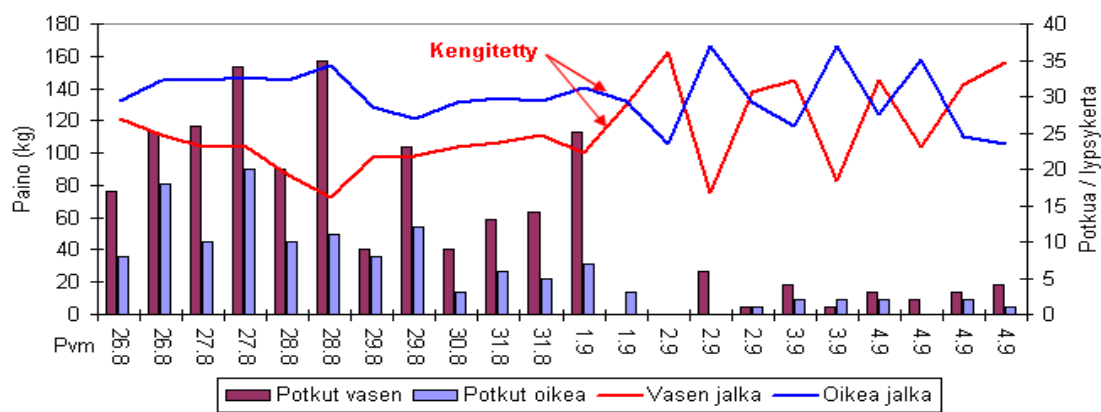
Kuvio 17. Terveiden ja jalkasairaiden lehmien vasemman takajalan paino-osuuden jakauma.



Kuvio 18. Terveiden ja jalkasairaiden lehmien vasemman ja oikean takajalan potkujen jakauma.

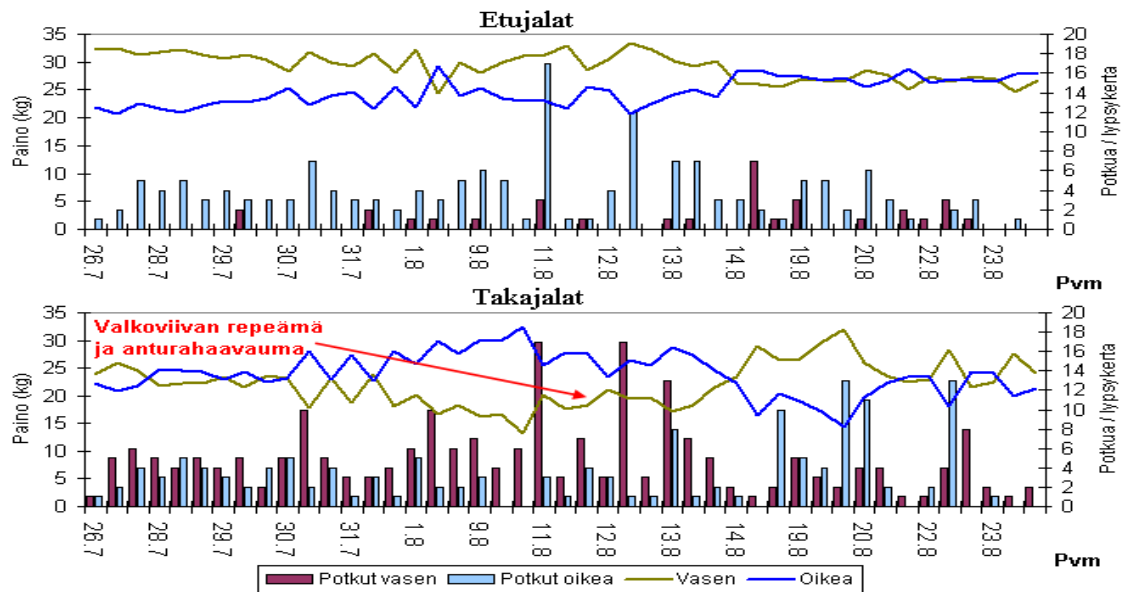
4.1.1 Sorkkasairaudet

Lehmä numero 604 punnittiin nelivaakajärjestelmällä ensimmäistä kertaa 26.8 ja sillä havaittiin valkoviivan repeämä molemmissa takajaloissa 1.9. Lehmä aristi sorkkahoitotelineeseen tullessaan selvästi molempia takajalkoja ja molemmat takajalat kengitettiin. Kengityksen jälkeen lehmä aristi takajalkojaan huomattavasti vähemmän. Kengityksen jälkeen lehmä potki lypsyn aikana huomattavasti vähemmän kuin aikaisemmin. Varsinkin vasemman takajalan jatkuva nostelu loppui lähes kokonaan kengityksen seurauksena. (Kuvio 19)



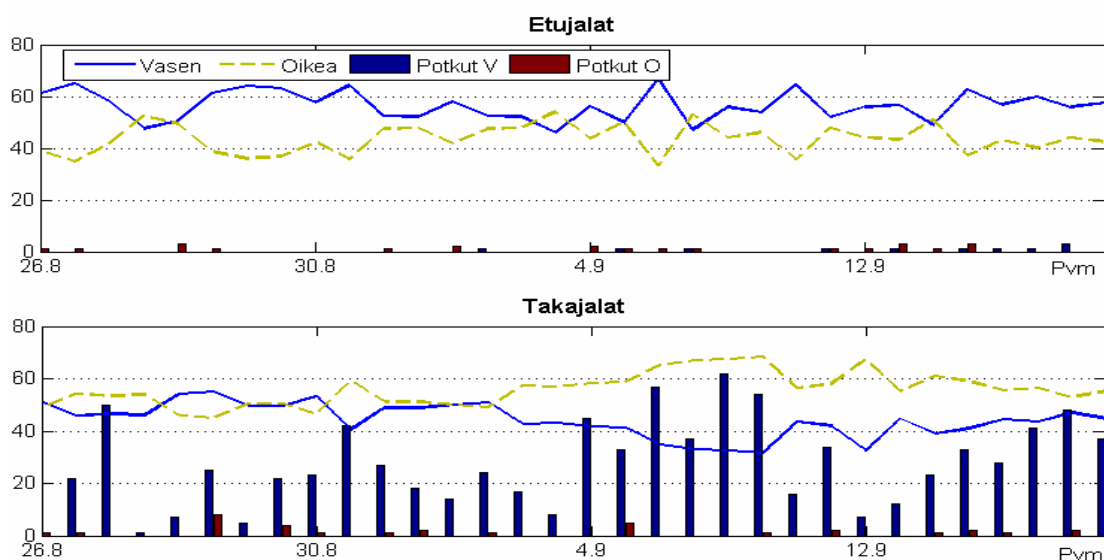
Kuvio 19. Lehmän 604 takajalkojen keskipaino ja potkut eri lypsykerroilla.

Lehmällä 637 havaittiin valkoviivan repeämä ja anturahaavauma vasemmassa takasorkassa eläinlääkäriin tarkastuksessa 12.8. Hoitona suoritettiin toiminnallinen sorkkahoido ja seuraavan tarkastuksen yhteydessä 1.9 sorkka oli jo selvästi terveempi. Lehmän suhteellisista jalkapainoista (Kuvio 20) voidaan nähdä, että lehmä on keventänyt vasenta takasorkkaansa selvästi ennen sairauden havaitsemista, mutta kevennys on lakannut pian sorkkahoidon jälkeen ja lehmä on laskenut kahtena päivänä sairaalle jalalle jopa enemmän painoa kuin terveelle. Noin viikon kuluttua sorkkahoidosta lehmän seisominen on tasoittunut ja sen paino jakautuu tasaisesti kaikille neljälle jalalle. Potkujen määrä on myös hieman suurempi jalan ollessa kipeimmillään.



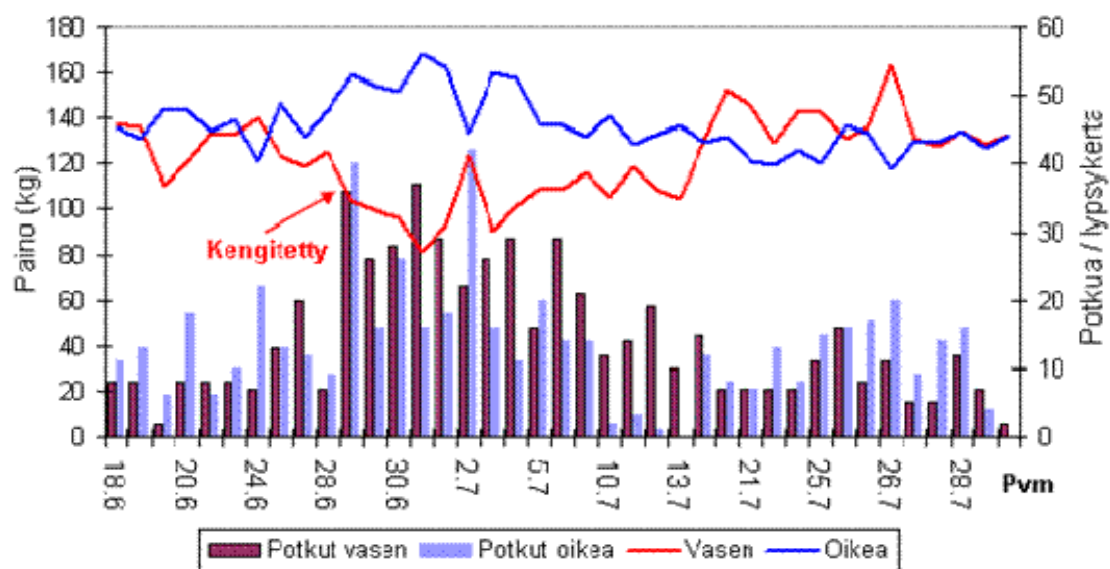
Kuvio 20. Lehmän 637 jalkapainojen osuus kokonaispainosta ja potkut 26.7.–24.8

Lehmä 279 on alkanut keventää vasenta takajalkaa syyskuun alussa ja samalla myös jalan potkujen määrä on lisääntynyt huomattavasti ollen suurimmillaan yli 50 potkua lypsykerralla (Kuvio 21). Lehmällä havaittiin valkoviivan repeämä vasemmassa takajalassa 14.9 ja se myös ontui selvästi. Jalkaa ei kuitenkaan kengitetty. Sorkkahoidon jälkeen lehmä on ruvennut taas laskemaan jalalle enemmän painoa. Lehmää ei ole voitu seurata pidemmälle, koska taka-antureiden johdotukset hajosivat 17.9 ja vaaka saatiin takaisin toimintaan vasta 19.10 jolloin lehmä oli siirretty pois robotilta.



Kuvio 21. Lehmän 279 etujalkojen osuus etujalkojen yhteispainosta, takajalkojen osuus takajalkojen yhteispainosta ja potkut.

Lehmällä 596 havaittiin 27.6 tehdyn sorkkatarkastuksen yhteydessä vertymä vaseman takajalan ulkosorkassa (Kuva 1) ja sisäsorkkaan laitettiin kenkä.. Lehmä ei ontunut telineeseen tullessaan ja seiso i robotillakin tasaisesti. Kuviosta 22 voidaan kuitenkin nähdä, että lehmä on alkanut keventää kengitettyä jalkaa selvästi ja myös kasvanut rauhattomuus ja painon siirtely näkyy molempien takajalkojen lisääntyneinä potkuina.

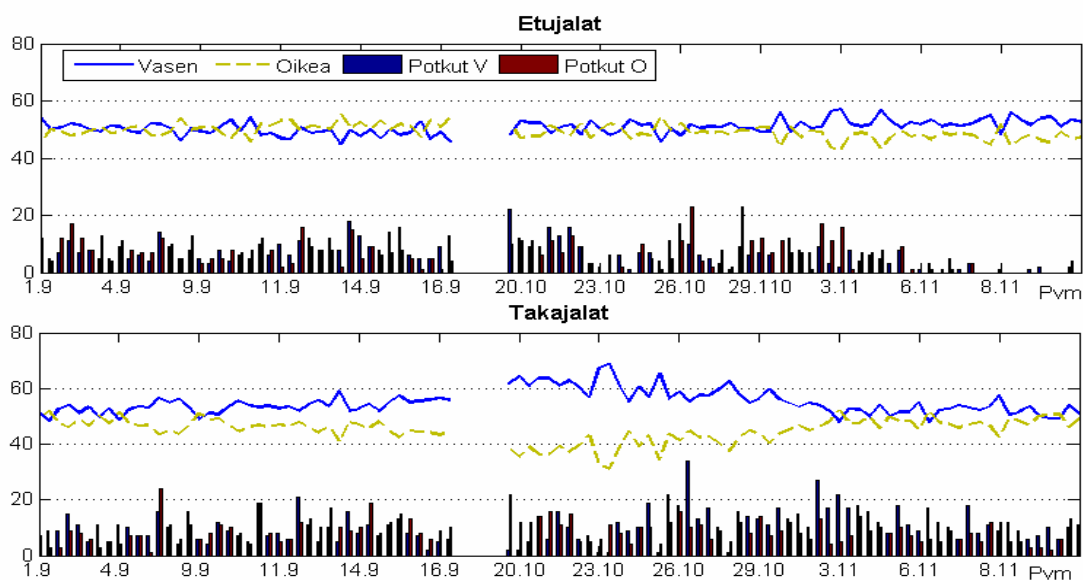


Kuvio 22. Lehmän 596 takajalkojen keskipaino ja potkut eri lypsykerroilla.



Kuva 1. Lehmän 596 vasen takasorkka ennen ja jälkeen kengittämisen.

Lehmä 289 oli terve ja paino jakautui jaloille tasaisesti aikavälillä 18.6–17.9. Vaaka hajosi 17.9 ja kun se saatiin takaisin toimintaan 19.10 lehmä kevensi selvästi oikeaa takajalkaansa. (Kuvio 23) Lehmän jalkaterveys tarkastettiin 3.11 sorkkahoidon yhteydessä, jolloin havaittiin valkoviivan repeämä ja oikean takajalan ulkosorkassa. Samasta sorkasta oli myös antura irti (Kuva 2). Sorkkahoidon jälkeen lehmän paino on jakautunut tasaisesti molemmille jaloille.



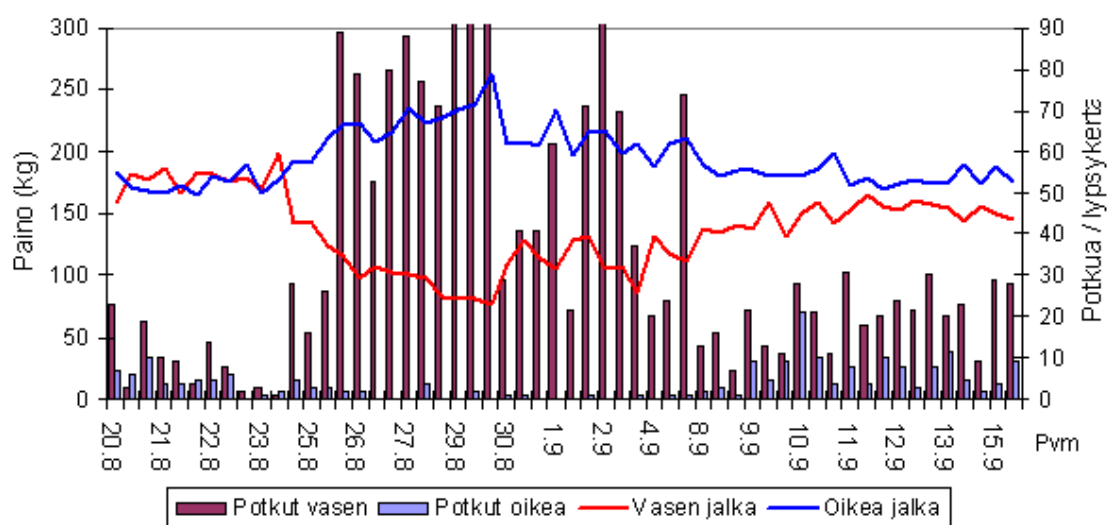
Kuvio 23. Lehmän 289 etujalkojen osuus etujalkojen yhteispainosta, takajalkojen osuus takajalkojen yhteispainosta ja potkut.



Kuva 2. Valkoviivan repeämä ja antura irti 3.11.2004 lehmän 289 oikeassa takasorkassa.

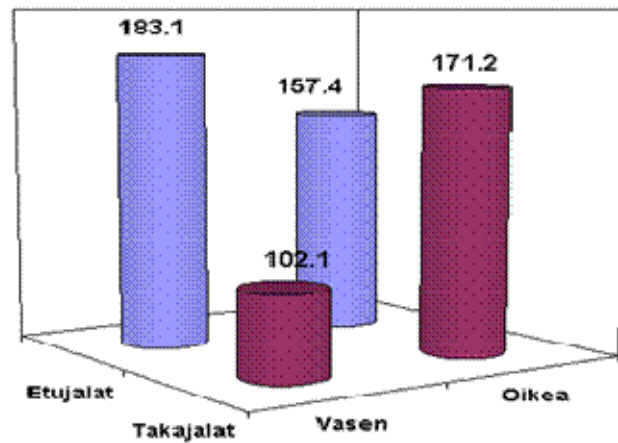
4.1.2 Muusta kuin sorkkavioista johtuvat ontumiset

Lehmän numero 570 takajalkojen paino oli jatkuvasti lähes samansuuruinen 25.8 asti, jolloin vasen jalka muuttui huomattavasti oikeaa kevyemmäksi ja vasemmalla jalalla potkiminen lypsyn aikana lisääntyi huomattavasti. (Kuvio 24) Lehmä otettiin 1.9 tehtyyn tarkastukseen mukaan keventämisen vuoksi ja havaittiin, että se ontuu vasenta takajalkaansa selvästi. Eläinlääkäriin mukaan ontumisen aiheuttajana oli todennäköisesti jalan venähtäminen tai revähtäminen. Jalka parani itsestään ja lehmä laski 15.9 sen päälle painoa jo lähes yhtä paljon, kuin ennen satuttamista. Myös potkujen määrä laski lähes entiselle tasolle.



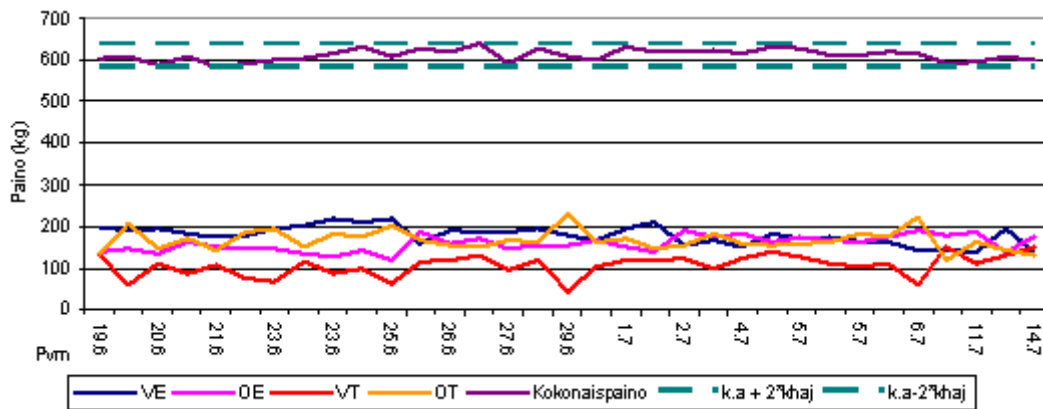
Kuvio 24. Lehmän 570 takajalkojen keskipaino ja potkut eri lypsyykerroilla.

Lehmän 181 huomattiin loukanneen selkensä ja jalkansa jo 4.5, mutta lehmä ontui selvästi vielä kesäkuussakin. Lehmän punnitusten keskiarvoista havaitaan selvästi, että lehmä on laskenut vasemmalle takasorkalle jatkuvasti huomattavasti vähemmän painoa, kuin oikealle takasorkalle. (Kuvio 25) Ontuminen on parantunut vasta heinäkuun alussa ja se näkyy jalkapainojen tasaantumisenä. Lehmä laski ajalla 19.6–6.7 vasemmalle takajalalle keskimäärin ainoastaan 16,6 % painostaan, kun oikealle takasorkalle kohdistui 27,9 % painosta. Kun lehmä laskee enemmän painoa oikealle takajalalle, niin samalle se joutuu nojaamaan enemmän myös vasemman etujalan varaan tasapainon säilyttämiseksi (Kuvio 25).



Kuvio 25. Lehmän 181 jalkapainojen keskiarvot 29:lla punnituskerralla 19.6–6.7.

Lehmästä 181 on saatu 25 päivän aikana 33 onnistunutta punnitustulosta, eli keskimäärin 1,3 tulosta päivässä. Lehmän kokonaispainon hajonta punnituskertojen välillä oli 14,2 kg johtuen antureiden ryöminnästä sekä normaalista lehmän painonvaihtelusta. (Kuvio 26)

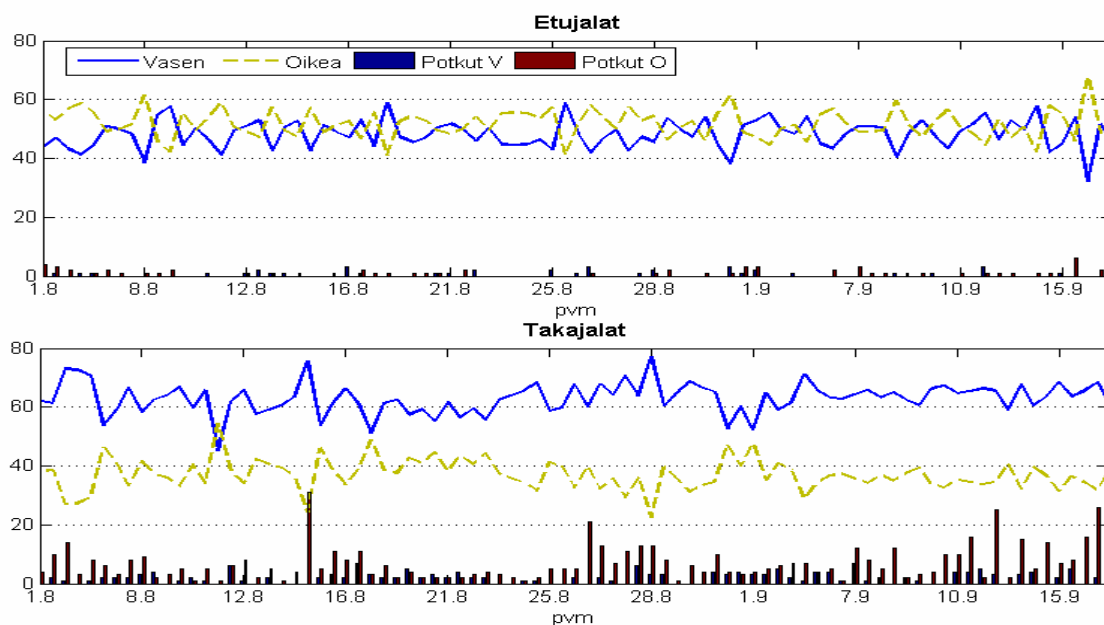


Kuvio 26. Lehmän 181 Jalkapainojen ja kokonaispainon keskiarvot 19.6–14.7.

4.1.3 Keventävät terveet lehmät

Tutkimuksen aikana havaittiin, että myös osa terveistä lehmistä keventää jotain jalkaa ilman kliinistä syytä. Keventämisen syitä olivat lehmän nojaaminen robotin kehykseen, molemmat jalat samalla vaakalevyllä seisominen tai se että lehmä seiso muuten robotilla vinosti. Jatkuvasti keventävän terveen lehmän ja sairaan lehmän punnitustuloksissa ei ole eroa, mutta jatkuvasti keventävät terveet lehmät opittiin tunnistamaan tutkimuksen kestäessä.

Kuviossa 27 nähdään koko tutkimuksen ajan oikeaa takajalkaansa keventäneen lehmän 625 suhteelliset jalkapainot ja potkut. Lehmän jalkaterveys tarkastettiin tutkimuksen kestäessä 4 kertaa ja jalat olivat joka kerralla terveet.



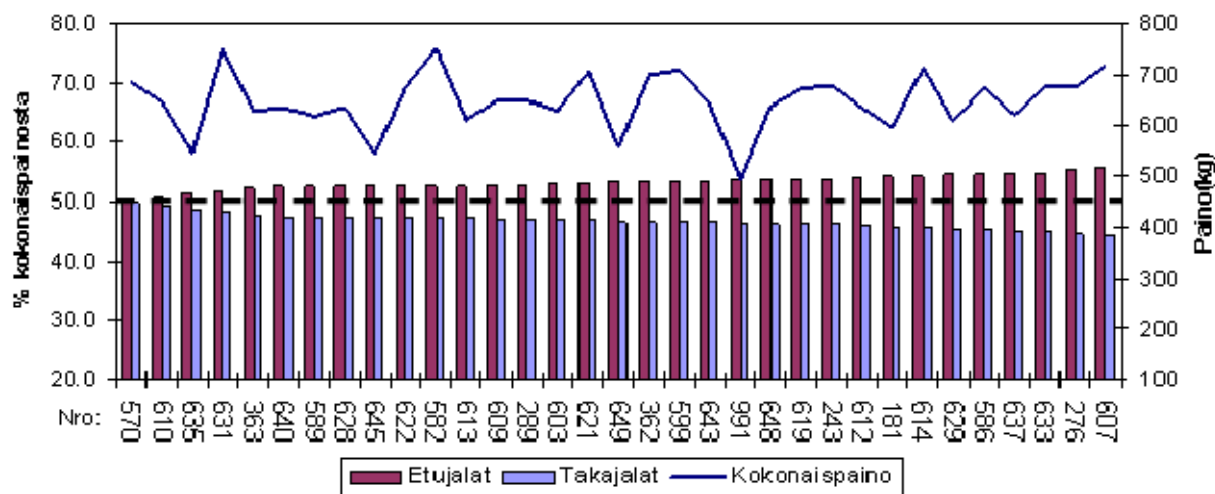
Kuvio 27. Lehmän 625 etujalkojen osuus etujalkojen yhteispainosta, takajalkojen osuus takajalkojen yhteispainosta ja potkut.

4.2 Utaretulehdukset

Punnitusten keskiarvoja ja potkuja verrattiin Suiesta saatuihin lehmien utaretulehdus tietoihin aikaväliltä 15.6–17.9.2004. Sinä aikana kymmenen vaakarobotilla lypsyssä ollutta lehmää sairasti utaretulehduksen. Punnitustulosten perusteella utaretulehdus ei aiheuttanut muutoksia lehmien painojakaumaan tai potkujen määrään.

4.3 Lehmien painojakauma

Punnitustuloksista laskettiin myös lehmien painon jakautuminen etu- ja takajaloille. Jakauma laskettiin 10 onnistuneen punnituskerran keskiarvona 33 lehmälle. 32 lehmistä on Holstein-Friisiläisiä ja yksi on Suomenkarjan lehmä. Onnistuneen punnituksen kriteerinä pidettiin alle 10 kg:n kokonaispainon keskihajontaa punnituksen aikana. Punnitukset on suoritettu aikavälillä 10.8–20.8.2004.

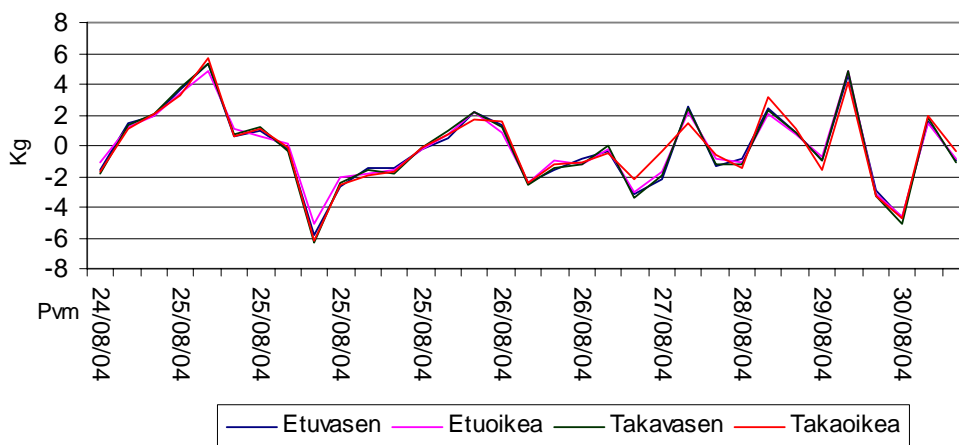


Kuvio 28. Suitan lehmien painon jakautuminen etu- ja takajaloille ja kokonaispainoina.

Lehmien etujaloille kohdistuva paino vaihteli välillä 50,1 – 55,9 % kokonaispainosta ja vastaavasti takajaloilla välillä 44,1–49,9 %. (Kuvio 28) Keskimääräinen painojakauma oli 53,3 % etujaloilla ja 46,7 % takajaloilla, keskihajonta oli 1,26 %. Lehmäkohtainen painojakauman vaihtelu lypsykertojen välillä oli keskimäärin 0,41 %. Lehmien keskipaino oli 647,1 kg ja keskipainon keskihajonta 56,8 kg Kokonaispainon ja painojakauman välinen korrelaation oli 0,08, joten kokonaispainolla ei ollut vaikutusta lehmän painon jakautumiseen.

4.4 Automaattitaaraus

Automaattitaarauksella pyrittiin vähentämään ryöminnän vaikutusta lehmän punnituun kokonaispainoon. Kuviossa 29 on automaattitaarauksen tiedostoon tallentamat arvot viikon ajalta. Taaraus tapahtui automaattisesti järjestelmän pesun yhteydessä. Mittausohjelma suoritti taarauksen viikon aikana 32 kertaa eli n. 4,6 kertaa vuorokaudessa. Anturikohtainen arvo vaihteli välillä - 6,3 – 5,6 kg ja kokonaispaino välillä -23,4 – 21,2. Ryömintä aiheutti suurimmillaan 11,9 kg:n vaihtelun jalkapainoissa ja 44,6 kg:n vaihtelun kokonaispainossa.



Kuvio 29. Nelivaakajärjestelmän antureiden ryömintä 24.8–31.8.

5. Tulosten tarkastelu

5.1 Mittausohjelma

Lehmän tunnistetieto ja tieto robotin toiminnasta saatiin liitettyä mittausohjelmaan heti tutkimuksen alkuvaiheessa. Tämä mahdollisti seurannan reaaliaikaistamisen, koska lehmän tunnistenumero saatiin liitettyä aikaisemmasta poiketen punnitustietoihin välittömästi punnituksen jälkeen. Tieto robotin toiminnasta mahdollisti mittauksen suorittamisen ainoastaan lehmää lypettäessä ja automaattitaarauksen suorittamisen järjestelmän pesun yhteydessä.

Mittausohjelmaan kehitettiin punnitustulosten keskiarvotiedot laskeva osa, joka myös ilmoittaa keventävistä lehmistä. Ohjelman ilmoitusten perusteella löytyi sairaita lehmiä, mutta osa ohjelman löytämistä keventävistä lehmistä oli terveitä.

5.2 Jalkavikojen havaitseminen

Lähes kaikki lehmillä esiintyneet kliinisesti merkittävät sorkkaviat ja loukkaantumisesta johtuva ontuminen pystyttiin havaitsemaan nelivaakajärjestelmällä. Sairaiden lehmien kipeä jalka pystyttiin erottamaan merkittävän keventämisen ja joissain tapauksissa lisääntyneen potkimisen avulla. Myös osa terveistä lehmistä keventää toista takajalkaansa ja niitä ei pystytty erottamaan vaakatiedoista kaikissa tapauksissa sairaita lehmistä. Kaikki tutkimuksen aikana löytyneet jalkaviat olivat takajaloissa, joten etujaloissa olevien vikojen esiintymistä ei voitu tarkastella. Lehmät laskivat keskimäärin vasemmalle takajalalle hieman vähemmän painoa kuin oikealle. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että osa lehmistä nojaa oikealle puolelle robotin runkoon..

Parhaiten vaa'alla erottuivat ne lehmät joilla oli vikaa ainoastaan toisessa takajalassa. Selvästi toista jalkaansa ontuvat lehmät kevensivät kipeää jalkaa selvästi ja usein myös potkujen määrä oli huomattavasti suurempi kuin terveillä lehmillä. Eniten potkuja havaittiin selvimmin ontuvilla lehmillä. Keventämistä ja potkimista voidaankin pitää lähes varmana ontumisen merkinä. Toisaalta kaikki keventävät ja potkivat lehmät ontuivat niin selvästi, että jalkavika oli helppo havaita myös silmämääräisesti.

Jos lehmällä oli vikaa molemmissa jaloissa, niin se ei erottunut kaikissa tapauksissa yhtä selvästi kuin vain yhdessä jalassa olleet viat. Kaikki 4 lehmää joilla löydettiin vikaa molemmista takasorkista kevensivät kuitenkin vasenta takajalkaansa. Tämä saattaa johtua siitä, että vasen takasorkka oli oikeaa kipeämpi. On myös mahdollista, että jos lehmän molemmat takajalat ovat kipeät niin se yrittää helpottaa jalkoihin kohdistuvaa painetta nojaamalla oikealle puolelle esim. robotin runkoon. Osa molemmat takajalat satuttaneista lehmistä myös potki molemmilla takajaloilla enemmän kuin terveenä ollessaan.

5.3 Utaretulehdusten etsintä ja automaattitaaraus

Tutkimuksen aikana esiintyneet utaretulehdukset eivät näkyneet vaakatieoissa käyttäytymisen muutoksena tai painonvaihteluna.

Automaattitaaraus pienentää antureiden ryöminän vaikutusta, mutta ei poista sitä. Tutkimuksessa havaittiin, että ryömintä aiheuttaa suurimmillaan 44,6 kg:n vaihtelun punnitussa kokonaispainossa ja suurimmillaan 23,4 kg:n eron todelliseen kokonaispainoon. Vaakojen ryöminän vaikutus kokonaispainon vaihteluun automaattitaarausta käytettäessä oli 60,4 kg pienempi kuin Takon (2004) seuraamassa noin kerran päivässä tapahtuvassa manuaalisessa taarauksessa. Ryöminän mahdollinen vaikutus kokonaispainoon on edelleen niin suuri, että järjestelmä ei sovellu tarkkaan lehmien painon seurantaan. Takko (2004) toteaa ryöminän johtuvan lämpötilan vaihtelusta. Ryömintä on kaikilla antureilla samansuuruisia, joten se ei vaikuta suhteellisiin jalkapainoihin.

5.4 Lehmien painojakauma

Tutkimuksessa määritetty lehmien painon jakautuminen etu- ja takajalkojen välillä oli 33 lehmällä keskimäärin 53,3 % etujaloilla ja 46,7 % takajaloilla. Lehmien jaloilleen laskema paino vaihteli välillä 50,1–55,9 % etujaloilla ja 44,1–49,9 % takajaloilla. Tämä poikkeaa huomattavasti kirjallisuudesta löydetyistä tiedosta, jonka mukaan lehmien painosta 60 % olisi etujaloilla ja 40 % takajaloilla. (Vermunt 2004, Riihikoski 1991) Lehmän kokonaispainon ja painonjakautumisen välillä ei havaittu yhteyttä.

6. Johtopäätökset

Nelivaakajärjestelmällä pystytään seuraamaan lehmien jalkaterveyttä reaaliaikaisesti. Tutkimuksessa kehitetyllä ohjelmalla lehmän jalkapainot ja potkujen määrä nähdään heti lypsyn päätyttyä ja niitä pystytään vertaamaan lehmän aiempiin tuloksiin. Ohjelma myös ilmoittaa jatkuvasti samaa sorkkaa keventävistä lehmistä. Lehmien seisominen vaakalevyjen ulkopuolella pystytään erottamaan laskennallisesti ja se voidaan myös poistaa tuloksista. Virheitä jalkapainoihin aiheuttaa edelleen se, että osa lehmistä seisoo välillä molemmat jalat samalla vaakalevyllä ja osa nojaa oikealle puolella robotin runkoon.

Sorkkasairaudet ja muut jalkaviat pystytään lähes aina erottamaan vaakatieoista keventämisenä ja lisääntyneinä potkuina, mutta sairaiden ja terveiden lehmien keventämistä ei pystytä aina erottamaan toisistaan. Parhaiten järjestelmällä pystytään erottamaan ne lehmät joilla on vikaa ainoastaan toisessa takajalassa, mutta myös molemmissa takajaloissa olevat ongelmat pystytään lähes aina erottamaan toisen kipeän jalan keventämisenä.

Lehmien erilainen käyttäytyminen vaikeuttaa yhteisten kriteerien löytämistä. Selvimmin jalan kipeytyminen näkyy terveenä jatkuvasti tasaisesti seisovalla lehmällä, mutta levottoman lehmän sorkkasairaus ei erotu yhtä helposti normaalista punnitusten välisestä hajonnasta. Tarkempien sairaan lehmien kriteerien määrittäminen vaatii suuremman määrän sairaiden lehmien punnitustuloksia. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lypsykarjan jalkaviat pystytään erottamaan jatkuvalla jalkapainojen seurannalla.

Tutkimuksessa seurattujen lehmien etu- ja takajalkojen välinen painojakauma on tasaisempi, kuin kirjallisuuden perusteella oletettiin. Pidempiaikainen seuranta nelivaakajärjestelmällä mahdollistaa myös painojakauman vaihtelun seurannan. Esimerkiksi molempien takajalkojen kipeytyminen saattaa näkyä painonsiirtona etujaloille.

IV. Tiivistelmä

Maatalouden rakennekehityksen seurauksena maamme tilakoko on jatkuvassa kasvussa. Suurempi yksikkökoko edellyttää tehokkaampia työmenetelmiä ja lisää automaation tarvetta. Teknologinen kehitys on mahdollistanut korkean automaatiotason myös karjataloudessa ja automaattilypsy on yleistynyt 2000-luvulla. Lypsyroboti tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden lehmien jatkuvaan automaattiseen seurantaan. Mittaamalla voidaan saada eläimen terveydentilasta selville sellaisiakin asioita joita ei voida silmämääräisesti havaita.

Ontuminen on kolmanneksi suurin lypsykarjan terveysongelma maailmassa. Se aiheuttaa tiloille kustannuksia hoidon ja menetetyt tuotokset vuoksi sekä aiheuttaa lehmille kipua. Lypsylehmien ontumisesta 90 % johtuu sorkkasairauksista. Sairauksien aiheuttaman haitan minimoinnissa tärkeintä on sairauden nopea havaitseminen ja välittömästi aloitettu hoito. Teknologisia keinoja ontumisen havaitsemiseen on käytössä vain vähän.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää Suitian opetus- ja tutkimustilan toiselle lypsyrobotille rakennetun nelivaakajärjestelmän avulla tapahtuva lehmien jalkaterveyden seuranta reaaliaikaiseksi. Nelivaakajärjestelmä koostuu neljästä vaakaelementistä, joiden avulla lehmän jokaisen jalan paino pystytään punnitsemaan erikseen. Anturit on yhdistetty kantoaaltovahvistimen kautta tietokoneeseen. Mittauksen hallinta ja tiedonkeruu suoritetaan TestPointilla tehdyllä mittausohjelmalla.

Robotilla olevan lehmän tunnistetieto ja tieto robotin toimintatilasta liitettiin tutkimuksessa käytettävään mittausohjelmaan. Mittauksen aloitus ja lopetus kytkettiin lehmän tunnistetietoon ja ainoastaan lypsyn aikaiset jalkapainot tallennettiin. Jokaisen lypsyn aikaiset jalkapainot tallennettiin erilliseen tiedostoon. Lisäksi ohjelmaan lisättiin punnituksen keskiarvotiedot ja potkut välittömästi punnituksen jälkeen laskeva osa. Keskiarvotiedot tallennettiin lehmäkohtaisesti. Lisäksi ohjelmaan lisättiin robotin pesun aikana tapahtuva automaattitaaraus ryöminnän vaikutuksen minimoimiseksi.

Mittausohjelmaan kehitettiin myös mahdollisista ontuvista lehmistä ilmoittava osa. Se etsi viiden peräkkäisen päivän aikana jatkuvasti samaa jalkaa keventäneitä lehmiä. Ohjelma näytti ilmoituksen mahdollisesta ontuvasta lehmästä ruudulla ja tallensi mer-

kinnän tiedostoon. Lehmiä seurattiin lähes 5 kuukauden ajan ja eläinlääkäri tarkasti niiden jalkaterveyden sorkkahoitotelineessä 6 kertaa. Tutkimuksen aikana tallennettiin 71 lehmän jalkapainot yhteensä yli 9500 lypsykerralta.. Jalkavikoja löytyi 14 kappaletta.

Punnitustuloksia analysoitiin myös MATLABilla, jolloin niistä poistettiin lehmän vaa'an ulkopuolella seisomisen aiheuttamat hyödyttömät arvot. Analysoiduista tuloksista etsittiin jalkavikojen jalkapainoissa ja potkuissa aiheuttaneita muutoksia. Lisäksi tuloksista laskettiin lehmien painojakauma ja tutkittiin näkykö utaretulehdus lisääntyneenä potkimisena.

Tutkimuksen aikana olleet utaretulehdustapaukset eivät näkyneet vaakatieoissa lisääntyneinä potkuina tai muutoksina jalkapainoissa. Tuloksista laskettiin myös 33 lehmän etu- ja takajalkojen välinen painojakauma. Lehmien painosta keskimäärin 53,3 % oli etujaloilla ja 46,7 % takajaloilla. Tämä poikkeaa selvästi kirjallisuudesta löydetystä arvosta 60 % etujaloilla ja 40 % takajaloilla.

Sorkkasairaudet pystytään lähes aina erottamaan vaakatieoista keventämisenä ja lisääntyneinä potkuina, mutta sairaiden ja terveiden lehmien keventämistä ei pystytä aina erottamaan toisistaan. Parhaiten järjestelmällä pystytään erottamaan ne lehmät joilla on vikaa ainoastaan toisessa takajalassa, mutta myös molemmissa takajaloissa olevat ongelmat pystytään lähes aina erottamaan yhden jalan keventämisenä.

Lehmien erilainen käyttäytyminen vaikeuttaa yhteisten kriteerien löytämistä. Selvimmin jalan kipeytyminen näkyy terveenä jatkuvasti tasaisesti seisovalla lehmällä, mutta levottoman lehmän sorkkasairaus ei erotu yhtä helposti normaalista punnitusten välisestä hajonnasta. Tarkempien sairaan lehmien kriteerien määrittäminen vaatii suuremman määrän sairaiden lehmien punnitustuloksia. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lehmien jalkaviat pystytään erottamaan jatkuvalla jalkapainojen seurannalla.

Kirjallisuusluettelo

Bruckmaier, R. 2002. Udder Preparation and Milk Letdown in Robotic Milking Systems. North American Conference on Robotic milking. Wageningen Pers. Wageningen. s II26-II32.

Finlex 1996. Eläinsuojelulaki. [Viitattu 21.7.2004] Saatavissa www-muodossa:
<URL:<http://www.finlex.fi/linkit/sd/19960247>>

Guard, C. 2004. Animal Welfare and Claw Diseases. Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. [Viitattu 20.7.2004] Saatavissa www-muodossa:
<URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>> s. 155-158.

Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus. 2004. Miksi kotieläinten käyttäytymis- ja hyvinvointitutkimusta tarvitaan? Eläinlääketieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. [Viitattu 21.7.2004.] Saatavissa www-muodossa:
<URL: <http://www.vetmed.helsinki.fi/hyvinvointikeskus/tutkimus/miksi.htm>>

Hillerton, J., Dearing, J., Dale, J., Poelarends, J., Neijenhuis, F., Sampimon, O., Miltenburg, J. & Fossing, C. 2004. Impact of Automatic Milking on Animal Health. Automatic Milking. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. s. 125-134.

Hämäläinen, M. 2003. Automaattisen lypsyn työnmenekki ja toimintahäiriöt. Pro Gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. 77 s.

Karttunen, J. & Hämäläinen, M. 2003. Automaattilypsyn työnmenekki ja toiminnallisuus – Työn luonteen muutos lypsyrobotin myötä. Työtehoseuran maataloustiedote 12:1-8.

Kaustell, K. & Norring, M. 2000. Tilatasolla tapahtuvaan kotieläinten hyvinvoinnin seurantaan soveltuva teknologia. Helsingin yliopisto. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Maatalousteknologian julkaisuja 25:1-65.

de Koning, K. & Rodenburg, J. 2004. Automatic Milking: State of Art in Europe and North America. Automatic Milking. A better understanding. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. s 27-41.

de Koning, K. & van der Horst, Y. 2002. Automatic milking: Changes and Challenges. [Viitattu 5.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL:<http://www.automaticmilking.nl/projectresults/Presentations/BMC2002.pdf>>

de Koning, K., van der Horst, Y. & Meijering, A. 2002. Automatic Milking Experience and Development in Europe. The First North American Conference on Robotic milking. Wageningen Pers. Wageningen. s I1-I10

Kujala, M. 2004. Tarttuvat sorkkasairaudet ovat tulevaisuuden navetan koetinkiviä. KMVET 2.

Kujala, M., Schnier, C., Niemi, J. & Soveri, T. 2004. Occurrence of Hoof Diseases in Dairy Cattle in Finland. Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. [Viitattu 21.7.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>>s. 45-47.

Manninen, E. & Nyman, K. 2003. Maidonkäsittelyn teknologiaa. MTT:n selvityksiä 15. 32 s. [Viitattu 7.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL: <http://www.mtt.fi/mtts>>

Manninen-Leivo, E. 2004. Mitä eläinten hyvinvointi on? Tuotantoeläinten hyvinvointi. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu. 116 s.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2004. Eläintaudit ja eläinten hyvinvointi Suomessa vuonna 2003. [Viitattu 21.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL: <http://www.mmm.fi/el/julk/eltaud.html>>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2003a. Eläinten hyvinvointi. [Viitattu 21.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL:http://www.mmm.fi/mittarit/maatalous/elainten_hyvinvointi.html>

Mälkiä, P. 2000. Miksi Eläinten hyvinvointi on tärkeä asia? Tuotantoeläinten hyvinvointi. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu. 116 s.

Meijering, A., van der Vorst, Y. & de Koning, K. 2002. Implications of Automatic milking on Dairy Farms. An Extended EU Project. The First North American Conference on Robotic milking. Wageningen Pers. Wageningen. s. I29-I38.

Nivala, E. 2004. Vertymiä anturassa. Suomen Sorkkahoitajien yhdistys. [Viitattu 23.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL:<http://www.sorkkahoito.com/?pid=tervmsorkkakuume>>

Ordolff, D. 2002. Evaluation of Milking Parameters by Quarter with Modified Milkometers in an Automatic Milking System. The First North American Conference on Robotic milking. Wageningen Pers. Wageningen. s IV86-IV88.

Peterse, D. 1992. Foot Lameness. Bovine Medicine. Diseases and Husbandry of Cattle. Blackwell Scientific Publications. Lontoo. s 353-363.

Rajkondawar, P., Tasch, U., Lefcourt, M., Erz, B., Dyer, R. & Varner, M. 2002. A System for Identifying Lameness in Dairy Cattle. Saatavissa www-muodossa: <URL: <http://asae.frymulti.com/request.asp?JID=3&AID=7707&v=18&i=1&CID=aeaj2002&T=2>> 10 s.

Raussi, S. & Kaihilahti, J. 2004. Lehmän käyttäytymisestä automaattisessa lypsyjärjestelmässä. [Viitattu 13.7.2004] Saatavissa www-muodossa:

<URL: <http://www.helsinki.fi/mm/suitia/satu.html>>

Rautala, H. 1991. Tavoitteena terve karja. Suomen kotieläinjalostusosuuskunta. Gummerus kirjapaino Oy. Vantaa. 151 s.

Riihikoski, U. 1991. Kotieläinten rakenne ja terveydenhuolto. Gummerus kirjapaino Oy. Jyväskylä. 237 s.

Ritterhaus, C., Petermann, M., Wolter, W., & Seufert, H. 2002. Milk Flow Profiles and AMS. The First North American Conference on Robotic milking. Wageningen Pers. Wageningen. s. IV-89-IV92.

Steevens, B. 2004. Dairy Cattle Lameness. University of Missouri. University Outreach and Extension. [Viittu 23.7.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL: <http://agebb.missouri.edu/dairy/footdisease/>>

Suomen meijeriyhdistys 2002. Hyvät toimintatavat automaattilypsyssä. Hygieniaohjeet. [Viitattu: 13.7.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL:<http://www.maitohygienialiitto.fi/meim020902automaattilypsy.pdf>>

Sørensen, J., Hindhede, J., Rousing, T. & Fossing 2002. Assessing Animal Welfare in a Dairy Cattle Herd with an Automatic Milking System. The First American Conference on Robotic Milking. Wageningen Pers. Wageningen. s. VI54-59.

Tasch, U. & Rajkondawar, P. 2004. The Development of a Softseparator™ for dairy Cattle that is Examined for Lameness by an Automatic Lameness Detecting System. Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. [Viitattu 20.7.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf> > s. 195-197.

Terveet sorkat, 2004. Tuloksia vuodelta 2003. [Viitattu 26.10.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL: http://www.farmit.net/page.asp?_item_id=18342>

TIKE. Maa- ja Metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2003. Maatilarekisteri. [Viitattu 25.7.2004] Saatavissa www-muodossa: <URL:<http://matilda.mmm.fi>>

Vermunt, J. 2004. Herd Lameness- A Review, Major Causal Factors, and Guidelines for Prevention and Control. Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. [Viitattu 20.7.2004] Saatavissa [www-muodossa](http://www.muodossa.com): <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf> > s. 3-18.

Vermunt, J. 2002. Herd Lameness- an overview, associated risk factors and new emerging issues. [Viitattu 20.7.2004] Saatavissa [www-muodossa](http://www.muodossa.com): <URL: <http://www.oz.availa4.com/locomotion/pdf/HerdLameness.pdf>> 16 s.

Vosika, B., Lexer, D., Stanek, C., Troxler, J. & Waiblinger, S. 2004. The Influence of an Automatic Milking System on Claw Health and Lameness of Dairy Cows. Automatic milking. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. s. 155-159.