



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

ESISELVITYS KUITUSAVEN KUIVIKEOMINAISUUKSISTA

Kuitusaven nesteensitomiskyky ja muut ominaisuudet

TEKIJÄ: Heli Tikkanen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma	
Työn tekijä Heli Tikkanen	
Työn nimi Esiselvitys kuitusaven kuivikeominaisuuksista. Kuitusaven nesteensitomiskyky ja muut ominaisuudet	
Päiväys	20.04.2021
Sivumäärä/Liitteet	47
Ohjaajat Salla Ruuska, Heli Wahlroos	
Toimeksiantaja Stora Enso Varkaus	
Tiivistelmä	
<p>Kuivitus ja siinä käytettävä kuivikemateriaali vaikuttavat oleellisesti lehmien hyvinvointiin, viettäväthän lehmät suurimman osan päivästä maaten. Käytettävän kuivikkeen täytyy olla mukava maata, jotta lehmä haluaa asettua makuulle. Makuulle asettumisen tulee onnistua myös ilman riskiä saada ihovaurioita. Kuivikkeen tulisi kyetä sitomaan nestettä hyvin, jotta se pitää eläimen puhtaana ja suojelisi sitä utaretulehduksilta.</p> <p>Suomessa kuivituksessa käytetään eniten turvetta ja kutteria, sekä niiden sekoitusta. Tulevaisuudessa vaihtoehtoiset kuivikemateriaalit tulevat kuitenkin lisääntymään, kun turvetuotanto hiipuu ja ympäristökeskustelu kiihtyy. Tällaisia vaihtoehtoisia materiaaleja ovat esimerkiksi lannasta separoitu kuivajae ja erilaiset pelletit.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin Stora Enson jäteveden puhdistuksessa syntyvän kuitusaven kuivikeominaisuuksia. Kuitusavi on pääosin puukuitua, ja se syntyy paperiteollisuuden jäteveden puhdistuksen yhteydessä. Kuitusaven soveltuvuutta kuivikkeeksi selvitettiin opinnäytetyössä vertailemalla kuitusavea kutterin ja turpeen ominaisuuksiin sekä toteuttamalla kuitusavelle ammoniakki- ja nesteensitomiskyvyn kokeet. Työn toimeksiantajana oli Stora Enson Varkauden tehdas.</p> <p>Kokeet kuitusavelle toteutettiin syyskuussa 2020. Ammoniakinsidontaa tutkittiin Savonian Kuopion kampuksella ympäristötekniikan laboratoriossa, mutta valitettavasti nollatuloksia. Nesteensitomiskyvyn testi valmisteltiin laboratoriossa, mutta se toteutettiin seuraavana päivänä tilalla. Koeasetelmana nesteensitomiskyvyn testauksessa toimi <i>Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta</i> -tutkimushankkeen vastaavanlainen koe. Kokeen aikana punnittuja kuitusavinäytteitä liotettiin lehmän virtsassa. Liotuksen jälkeen näytteitä ensin riiputettiin, minkä jälkeen niitä valutettiin rutilän päällä. Valutuksen jälkeen näytteet punnittiin. Liotus, riiputus, valutus ja punnitus toistettiin yhteensä kuusi kertaa. Saman koeasetelman käyttö mahdollisti kuitusaven tulosten vertailun tutkimushankkeessa tutkittuihin kuivikemateriaaleihin.</p> <p>Opinnäytetyössä tehdyn nesteensitomiskyvyn testin tulokset viittaavat siihen, että kuitusavella on muiden kuivikemateriaalien vertainen nesteensitomiskyky. Opinnäytetyön tulosten perusteella kuitusaven kuivikeominaisuuksien selvitystä kannattaa jatkaa, sillä se on pehmeää ja imukykyistä, mikä vastaa niin lehmän kuin lypsykarjajärittäjän tarpeisiin. Jatkon kannalta on oleellista tutkia kuitusaven vaikutusta eläinten ja ihmisten terveyteen. Eläinterveyden asiantuntijan olisi syytä todeta kuitusavi turvalliseksi käyttää, minkä lisäksi kuitusavea olisi hyvä tutkia kontrolloidusti navettaolosuhteissa kuivituskokeen avulla. Myös kuitusaven soveltuvuutta peltoviljelyyn olisi syytä tutkia laajemmin, koska karjatiloilta kuivike sekoittuu lantaan ja virtsaan ja sitä kautta sen loppusijoituskohte on pelto.</p>	
Avainsanat kuivike, hyvinvointi, lypsykarja	

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Author Heli Tikkanen			
Title of Thesis Preliminary study of the litter properties of fibrous clay.			
Date	20.04.2021	Pages/Appendices	47
Supervisors Salla Ruuska, Heli Wahlroos			
Client Organisation Stora Enso Varkaus			
<p>Abstract</p> <p>Bedding and the material used in it have a significant effect on the welfare of the cows, since the cows spend most of their day specifically laying down. Bedding material must be comfortable on the ground so that the cow wants to lie down without the risk of skin damage. The material should also be able to bind fluid well to keep the animal clean and protect them from mastitis.</p> <p>In Finland, peat and cutter shavings are most used materials in bedding, as well as their mixtures. In the future, however, alternative bedding materials will increase their value as peat production decreases and the environmental debate intensifies. Such alternative materials include, for example, separated manure solids and different kind of pellets.</p> <p>The aim of my thesis was to find out whether fiber clay from Stora Enso wastewater treatment would be suitable for dairy cattle bedding. Fiber clay is mostly wood fiber and is generated in connection with the treatment of wastewater from the paper industry. The suitability of fiber clay as bedding was investigated in the thesis by comparing it to cutter shavings and peat, and by performing ammonia and liquid-binding capacity tests. The work was commissioned by Stora Enso Varkaus.</p> <p>The experiments on the fiber clay were carried out in September 2020. Ammonia binding was studied at the Savonia Kuopio campus in the Environmental Engineering Laboratory, but unfortunately with zero results. The fluid uptake test was prepared the same day in the laboratory but was performed the next day on the farm. The set-up for testing the liquid-binding capacity was from <i>Bedding into profitable dairy farming</i> -research project. Fiber clay samples were weighed and soaked in cow urine during the test. After soaking, the samples were first hung and finally drained on a grate. After draining, the samples were weighed, and the formula was repeated total of six times. The use of the same experimental set-up made it possible to compare the results of fibrous clay with the bedding materials studied in the research project.</p> <p>The results of the liquid-binding capacity test performed suggest that fibrous clay has a liquid-binding capacity comparable to other bedding materials. Based on the results of the thesis, it is worthwhile to continue the study of the litter properties of fiber clay, as it is soft and absorbent, which meets the needs of both the cow and the dairy entrepreneur. It is essential for the future to study the impact of fibrous clay on animal and human health. The animal health expert should ensure that the clay is safe to use, in addition to which the clay should be examined in a controlled manner under barn conditions by means of a drying test. The suitability of fibrous clay for arable farming should also be studied more widely, because on livestock farms, the litter mixes with manure and urine and thus its final disposal target is the field.</p>			
Keywords bedding materials, welfare, dairy cattle			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	LYPSYKARJAN KUIVITUS	6
2.1	Kuivituksen perusta	6
2.2	Lypsylehmän kuivitus.....	7
2.3	Kuivituksen merkitys yrittäjälle ja työntekijälle	10
2.4	Kuivituksen merkitys kuluttajalle	12
3	LYPSYKARJAN KUIVIKKEET	14
3.1	Yleisimmät kuivikemateriaalit.....	14
3.2	Kuivikkeen ominaisuudet.....	15
3.3	Kuivikkeen käyttö.....	17
4	KUITUSAVI	19
5	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	21
5.1	Kuitusaven sisältö.....	21
5.2	Kokeet kuitusavesta.....	22
5.2.1	Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus	22
5.2.2	Kuitusaven ammoniakinsitomiskyky.....	24
5.2.3	Kuitusaven nesteensitomiskyky.....	26
6	TULOKSET	29
6.1	Kuitusaven sisältö.....	29
6.2	Kuitusaven aistinvaraiset ominaisuudet	30
6.3	Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus	31
6.4	Kuitusaven ammoniakinsitomiskyky	32
6.5	Kuitusaven nesteensitomiskyky	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
8	PÄÄTÄNTÖ.....	40
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	44

1 JOHDANTO

Kuivike on lypsykarjatiloilta pakollinen mutta hyödyllinen menoerä. Sitä tarvitaan eläinten hyvinvointiin, puhtauden ja terveyden sekä elintarvikehygienian ylläpitämiseen. Kuivikkeen rooli navetassa on myös tuotantotilojen puhtaana pito. Oikeanlainen kuivike palvelee eläimen lisäksi karjan parissa työskentelevää ihmistä: kuivitustyö on helppoa, eikä se altista työntekijöitä liialliselle pölylle. (Alasuutari ja Palva 2014, 1.) Yrittäjille on eduksi löytää pakollisille kustannuserille kannattavuutta joko halvemmallalla hinnalla tai paremmalla laadulla. Kuivikkeen hyvä laatu ylläpitää eläinten hyvinvointia, mikä näkyy tuotannossa muun muassa utaretulehdusten ja ihovaurioiden vähenemisenä. Uuden kuivikemateriaalin olisi hyvä pystyä vähintään samaan kuin muiden jo markkinoilla olevien kuivikkeiden, jotta sillä olisi mahdollisuuksia kuivikkeiden välisessä kilpailussa.

Suomessa kuivituksessa käytetään eniten turvetta ja kutteria sekä niiden sekoitusta (Alasuutari 2013, 3). Kummallakin niistä on hyviä ominaisuuksia, kuten voimakas imukyky, helppo käytettävyys ja edullisuus (Alasuutari ja Palva 2014, 4). Uusia kuivikemateriaaleja etsitään perinteisten kuivikkeiden tilalle hintojen nousun sekä saatavuuden heikkenemisen myötä. Tulevaisuudessa varsinkin kuiviketurpeen hinta voi poliittisten päätösten myötä nousta ja tuotanto vähentyä. Uusia kuivikevaihtoehtoja innovoidaan jatkuvasti ja sivuvirtojen hyödyntämistä kuivikekäyttöön tutkitaan aktiivisesti. Viime aikoina esimerkiksi naudan lietelannasta separoitua kuivajaetta on tutkittu paljon, ja se on löytänyt tiensä myös käytäntöön (Niiranen 2019). Lietteen separoidun kuivajakeen lailla Stora Enson jätevesipuhdistuksen sivuvirtana syntyvä kuitusavi voisi olla mahdollinen uusi kuivikemateriaali. Kuitusavi on pääosin puukuidusta koostuvaa biomassaa, joka muistuttaa ulkonäöltään paljon turvetta.

Kuivitus ja siinä käytettävä kuivikemateriaali vaikuttavat oleellisesti lehmien hyvinvointiin, käyttävähän lehmät suuren osan päivästäan maaten. Käytettävän kuivikkeen täytyy olla mukava maata, jotta lehmä haluaa asettua makuulle. Hyvä kuivike mahdollistaa makuulle asettumisen ilman vaaraa saada ihovaurioita. Kuivikkeen tulisi myös kyetä sitomaan nestettä hyvin ja pitkäaikaisesti, jotta se pitäisi eläimen puhtaana ja olisi kannattavaa käyttää.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, sopiiko kuitusavi lypsykarjan kuivikkeeksi. Kuitusaven soveltuvuutta kuivikkeeksi selvitetään toteuttamalla kuitusavelle ammoniakki- ja nesteensitomiskykyä mittaavat kokeet sekä vertailemalla kuitusavea kutterin ja turpeen ominaisuuksiin. Työn toimeksiantaja on Stora Enson Varkauden tehdas. Opinnäytetyössä tehdään yhteistyötä Biosfääri-hankkeen kanssa.

2 LYPSYKARJAN KUIVITUS

Lypsykarjan makuualueita kuivutetaan lehmien puhtauden, parren hygieenisyyden ja makuumukavuuden ylläpitämiseksi. Kuivituksen vähimmäisvaatimukset asettaa eläinsuojelulaki asetuksineen, mutta se yksin ei takaa lypsylehmien hyvinvointia. (ETU 2006, 2.) Lypsykarjayrittäjälle kuivitus on kustannus hankintana ja käytettynä työaikana, mutta toisaalta kuivitus maksaa itseään takaisin karjan parempana hyvinvointina (Alasuutari 2011, 1). Hyvinvointi lisääntyy esimerkiksi vähentyneinä utaretulehduksina ja ihovaurioina. Kuivikkeella on oma roolinsa myös viihtyisän ja turvallisen työympäristön luomisessa sekä elintarvikehygienian ylläpidossa.

2.1 Kuivituksen perusta

Eläinsuojelulaki ei anna suoria vaatimuksia nautojen pitopaikan kuivitukseen liittyen. Laissa kuitenkin todetaan, että eläimen pitopaikan on oltava riittävän puhdas (eläinsuojelulaki 1996, §4). Valtioneuvoston antaman nautojen suojeluasetuksen mukaan nautojen eläintiloissa on huolehdittava neste-mäisten eritteiden asianmukaisesta poistosta tai kuivikkeisiin imeyttämisestä. Asetuksen mukaan nautojen makuualue on kuivitettava tarvittaessa. (Valtioneuvoston asetus nautojen suojelusta 2010, 3§ ja 4§.) Määritelmiä "riittävästi" ja "tarvittaessa" ei ole laissa selitetty, joten pitopaikan puhtauden ja kuivituksen tarpeen arviointi jää karjanhoitajan vastuulle.

Eläinsuojelulainsäädännön ylittävillä, hyvinvointia edistävillä toimilla voidaan maksaa eläinten hyvinvointikorvausta. Hyvinvointikorvauksen ehtojen kohdassa 1.3 a vaaditaan makuualueen hyvää kuivitusta ja pehmeyttä. (Ruokavirasto 2020.) "Hyvää kuivitusta" ja "pehmeyttä" ei ole määritelty hyvinvointikorvauksessa tarkemmin kriteerein. Kovilla parsimatoilla pehmeys saadaan käytännössä aikaan vain runsaalla kuivituksella. Myös nykyaikaiset parsipedit tarvitsevat kuiviketta kuivuuden ja pehmeiden luomiseen (kuva 1). (Sarjokari 2019, 43.)



KUVA 1. Kuivituksella ylläpidetään lehmien puhtautta ja makuumukavuutta (Tikkanen 2020-04-02).

Myös lypsykarjatilan yhteistyökumppanit, kuten meijeri tai lihakunta, voivat vaatia tiloilta hyvinvointia edistäviä käytäntöjä kuivitukseen liittyen. Esimerkiksi Osuuskunta Maitomaa ja Juustoportti ovat hankkineet Welfare Quality -sertifikaatin, jonka myötä myös niiden tuottajatilojen on täytynyt läpäistä sertifikaatin mukaiset vaatimukset (Linnainmaa 2018). Welfare Quality -sertifikaatissa kuivitukseen liittyvät vaatimukset käsittelevät nautojen puhtautta ja ihovaurioiden määrää karjassa (Welfare Quality Network s. a.). Myös esimerkiksi Evira on laatinut ohjeistuksen teurastamoille nautojen puhtauden seurantaan liittyen. Ohjeessa mainitaan lakiin nojaavat alkutuotannon toimijan velvollisuudet nautojen puhtaudesta huolehtimisesta (Ruokavirasto s. a.).

Edellä mainittujen tahojen asettamien vaatimusten tavoitteena on naudan hyvinvoinnin ylläpito ja parantaminen. Kansallinen eläinten terveydenhuoltojärjestö ETU tiivistää nautojen hyvinvoinnin vaatimukset ohjeeseen, jossa muun muassa todetaan, että nautoilla tulee olla mahdollisuus maata pehmeällä ja puhtaalla alustalla. Lisäksi ohjeessa mainitaan, että eri eläinryhmien likaantumista tulee ehkäistä niiden puhtaustarpeet huomioiden. (ETU 2006, 1.) Käytännössä kumpikin vaatimuksista toteutuu kuivituksen avulla. Järjestön sivuilla mainitaan myös naudan viisi vapautta, joista kuivitukseen liittyvät vapaus toteuttaa luontaista käyttäytymistä, vapaus epämukavuudesta ja vapaus kivusta, loukkaantumisista ja sairauksista.

2.2 Lypsylehmän kuivitus

Nauta on painava eläin, joka viettää suurimman osan päivästäan maaten. Mukavalla alustalla makaaminen on yksi naudan sisään rakentuneista tarpeista, joita ilman nauta kokee stressiä ja sen terveys ja tuotos heikkenee. (ETU 2006, 2–6.) Nauta myös työskentelee monin tavoin nimenomaan

maatessaan. Makuuasennossa utareen verenkierto lisääntyy, mikä tehostaa maidontuotantoa. Maatessa myös märehminen lisääntyy, mikä vaikuttaa edelleen positiivisesti maidontuotantoon. (Lehmälääkärit.com 2019.) Maatessaan viimeisillään tiineen emän kohdun verenkierto on kiivaampaa kuin seistessä (ETU 2006, 4). Tärkeän työskentelyn ohessa nauta saa lepuuttaa jalkojaan ja sorkkiaan suurelta paino- ja likarasitukselta, mikä vähentää sorkkaongelmia. Turhaan seistessä nämä tärkeät toiminnot häiriintyvät. Turhaa seisomista on, kun nauta ei seistessään syö, juo, lypsä tai seurustelee. (Lehmälääkärit.com 2019.)

Kuivikkeen rooli makuualueella on alustan kuivitus, pehmentäminen ja pitävyyden luominen. Mikäli alusta on liian kova, lehmä välttää siinä makaamista, koska kovalla makaaminen rasittaa sen etupolvia. (ETU 2006, 4.) Liian kova ja karhea makuualusta aiheuttaa myös ihovaurioita ja siten kipua. Jos alusta taas on liian liukas, nauta välttää makuulle asetuumista ja ylös nousemista, jotta sen ei tarvitisi altistaa itseään liukastumisille niin usein. Kaikki tämä vähentää lehmälle luonnollista käyttäytymistä, jossa se makaa vähintään 14 tuntia päivässä, vaihtaa asentoaan noin puolentoistatunnin välein sekä käy välillä syömässä, juomassa ja lypsällä (Lehmälääkärit.com 2019). Makuukäyttäytymiseen vaikuttaa kuivituksen lisäksi olennaisesti myös makuualueen tilavuus ja parsirakenteet sekä esimerkiksi ilmanvaihto (kuva 2).



KUVA 2. Hyvin kuivitettuun ja muuten mukavaan parteen on hyvä asettua maaten, minkä ansiosta lehmät eivät seisoskele turhaan (Tikkanen 2020-04-02).

Maitoa tuottavan lypsylehmän tärkein ominaisuus on luonnollisesti terve utare. Kuitenkin ensikoiden kolmanneksi yleisin ja useamman kerran poikineiden lehmien yleisin poistosyy on nimenomaan uta-

retulehdukset (Nokka 2020). Huonon kuivikkeen tai kuivitusrutiinien myötä utare altistuu hyvin todennäköisesti makuualustan kautta ympäristöperäisille taudinaiheuttajille (kuva 3). Utaretulehdukset heikentävät maidon laatua sekä aiheuttavat kustannuksia vähentyneenä maitomääränä sekä lisääntyneinä lääkityksinä ja työnä. Esimerkiksi *Escherichia coli* ja *Streptococcus uberis* ovat yleisiä navetta-ympäristössä eläviä ympäristöperäisiä utaretulehduksen aiheuttajia. Jotta näiden määrää navetassa voitaisiin hallita, navetassa on pidettävä hyvää huolta kuivikkeiden laadusta ja parsien kuivuudesta. Hyvät kuivikkeen ominaisuudet ja erityisesti kuivikkeen oikeaoppinen käyttö voivat ennaltaehkäistä utaretulehdusten syntyä. (Hulsen ja Lam 2008, 1–10.)



KUVA 3. Riittämätön kuivitus tai laadultaan huono kuivike ei kykene sitomaan lantaa, virtsaa tai valunutta maitoa parresta. Vapaat taudinaiheuttajat parressa altistavat utareen ja kintereet tulehduksille. (Tikkanen 2020-04-02.)

Vääränlainen kuivike ja kuivitus voivat aiheuttaa naudalle ihovaurioita sen alaraajoihin (kuvat 3 ja 4). Lievässä tilanteessa naudan kintereestä kuluvat karvat pois, mutta iho voi mennä myös rikki. Riittämätön kuivitus tai liian karkea kuivike aiheuttavat karvattomuutta ja ihovaurioita lehmien jalkoihin. Ihovauriot voivat myös pahentua, jos makuualustan kuivikkeet ovat jatkuvasti märät. Patit taas muodostuvat makuulle käydessä ja ylös noustessa, mikäli kuiviketta on liian vähän luomaan pehmeyttä. (Hulsen 2007, 50.) Esimerkiksi sahanpuru voi ohuena kerroksena olla varsin karkea nivelien ihoa vasten, kun taas hyvälaatuinen turve on todetusti kinnerterveyden kannalta paras. Ihovauriot aiheuttavat naudalle kipua, varsinkin jos vauriota seuraa tulehdus nivelessä. Ihovaurioissa pesii myös utaretulehduksia aiheuttavia bakteereja. (Alasuutari ja Palva 2014, 5–6.)



KUVA 4. Huonolaatuinen kuivike liian ohuena kerroksena aiheuttaa lehmille ihovaurioita kintereisiin. Ihovauriot heikentävät eläinten hyvinvointia. (Tikkanen 2020-04-02.)

Puhtaus on tärkeää useille eläinlajeille eikä nauta ole poikkeus. Naudalla on sisäsyntyinen tarve oman kehonsa hoidolle ja puhtaudelle. Jos nauta ei saa pidettyä itseään puhtaana, se stressaantuu. (ETU 2006, 2–7.) Tiukkaan puristunut lika ja isot lantapaakut venyttävät eläimen ihoa ja voivat ihon pintaa vaurioittaessa myös tulehduttaa sen (Evara 2016, 2). Utareiden ja takapäin likaisuus kertoo liian likaisesta makuualustasta (Hulsen ja Lam 2008, 14–15). Likainen lypsylehmä heikentää myös muiden lehmien utareterveyttä, koska lika tarttuu ja siirtyy herkästi lypsäjän tai lypsimen välityksellä toisiin lehtiin (Palva ja Puumala 2012, 2–3). Riittäväällä ja oikein toteutetulla kuivituksella nautojen likaantumista voidaan vähentää. Nautojen puhtauteen vaikuttavat kuivikkeiden lisäksi myös käytävien tilavuus, ilmanvaihto, ruokinta (ja sitä kautta lannan koostumus), karvojen ajelu sekä eläinryhmien tasaisuus ja rauhallisuus. (ETU 2014.)

2.3 Kuivituksen merkitys yrittäjälle ja työntekijälle

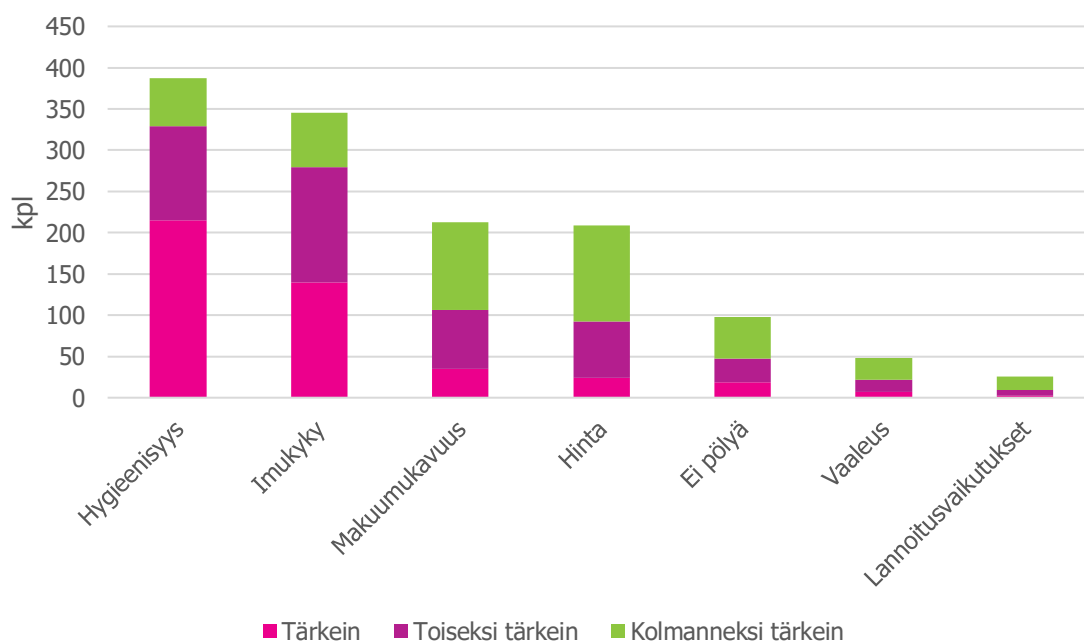
Lypsykarjayrittäjän kannalta kuivikkeen on oltava kustannustehokas ja samalla palveltava yrittäjän arvomaailmaa. Arvoja voivat olla esimerkiksi kuivikkeen edullinen hintataso, kuivikkeen vaalea väri, jotta se tuo navettaan valoisuutta, kuivikkeen helppokäyttöisyys tai se, ettei kuivike pölyä. Kuivikkeen on myös tuettava tulonlähteen, eli lehmän hyvinvointia, jolloin kuivikkeen hygieenisuus ja pehmeys korostuvat.

Agrologiopinnoissa toteutetussa lypsykarjatilallisille suunnatussa kuivikekyselyssä kartoitettiin lypsykarjatilallisten mielipiteitä kuivikkeen tärkeimmistä ominaisuuksista. Kyselyssä lypsykarjatilallinen sai valita mielestään kuivikkeen kolme tärkeintä ominaisuutta. Kuivikekyselyyn vastasi yhteensä 442

henkilöä, joista suurimmalla osalla, 60 prosentilla, oli pihattonavetta. Lopuilla 38 prosentilla oli parsi-
navetta sekä yhdellä prosentilla kombinavetta. Käytetyimpiä kuivikkeita olivat selkeästi turve ja sa-
hanpuru, minkä lisäksi niitä käytettiin myös sekoituksena. (Blomberg, Colliander, Raatikainen ja Tik-
kanen 2020.)

Tilalliset pitivät kuivikkeen tärkeimpinä ominaisuuksina kuivikkeen hygieenisyyttä, imukykyä ja ma-
kuumukavuutta. Lähes puolet kyselyyn vastanneista (n=215) piti hygieenisyyttä kuivikkeen tärkeim-
pänä ominaisuutena. Toiseksi, kolmanneksi ja neljänneksi tärkeimpinä pidettyjen ominaisuuksien
välillä erot olivat huomattavasti pienemmät. (kuvio 1) (Blomberg ym. 2020.)

Lypsykarjatilallisten valinnat tärkeimmästä vähiten tärkeimpään ominaisuuteen esitellään kuviossa 1.
Hygieenisuus ja imukyky ovat selkeästi tärkeimpinä pidettyjä ominaisuuksia, mutta makuumukavuus-
den ja hinnan välinen ero oli vähäisempi: hinta sai vain neljä yhteispistettä vähemmän kuin makuu-
mukavuus. Vähiten tärkeimpänä kyselyyn vastanneet lypsykarjatilalliset pitivät kuivikkeen pölyämät-
tömyyttä, vaaleutta ja lannoitusvaikutuksia. (Blomberg ym. 2020.)



KUVIO 1. Lypsykarjatilallisten valinnat kolmesta tärkeimmästä kuivikkeen ominaisuudesta (Blomberg ym. 2020.)

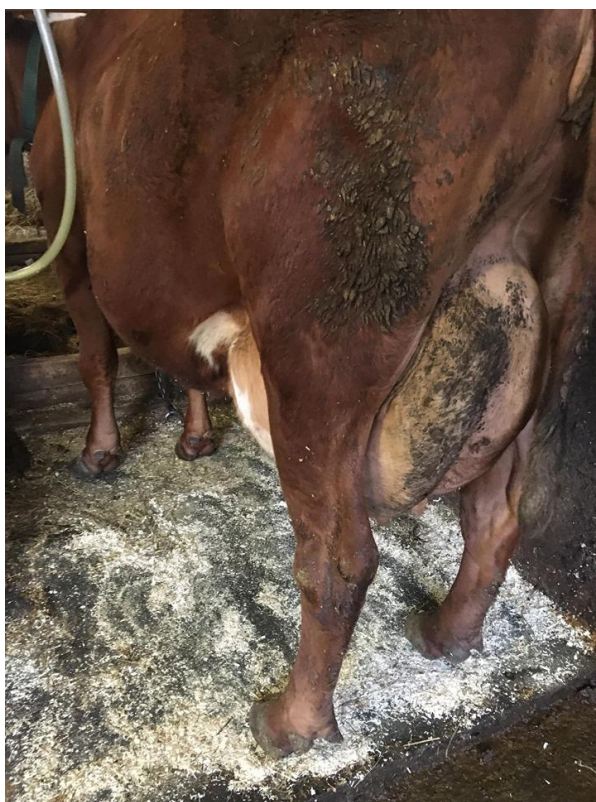
Lypsykarjatilan työntekijän kannalta kuivikkeen rooli korostuu työtehtävissä. Useilla tiloilla kuivitus
vaatii yhä ihmistyötä. Kuivituksen on oltava helppoa ja kevyttä, jotta se olisi työntekijälle mielekästä.
Koneellisesti levitettävä kuivike vähentää kuivitukseen käytettävää työaika ja sitä kautta palkkakus-
tannuksia, minkä lisäksi koneellisesti mahdollinen kuivitus keventää fyysistä työtä ja sitä kautta pa-
rantaa työterveyttä. Koneellisen kuivituksen etuna on myös käsin kuivitusta reilumpi kerros kuivi-
kettä. (Alasuutari ja Palva 2014, 2.)

Kunnossa oleva kuivitus helpottaa työntekijöiden työtä myös lypsillä. Puhtaat utareet on helpompi ja nopeampi puhdistaa kuin likaiset. Utareiden puhtaus on erityisen tärkeää ennen kaikkea automaattilypsytiloilla, koska ihminen ei ole seuraamassa utareen puhdistumista ja lypsyn onnistumista. (Palva ja Puumala 2012, 3.)

2.4 Kuivituksen merkitys kuluttajalle

Kuluttajan kannalta lypsykarjatilän lopputuotteen, eli maidon ja lihan, on oltava riittävän puhtas elintarvikkeeksi. Utaretulehduksessa maidon somaattisten solujen määrä kasvaa. Huonoa kuiviketta käytettäessä maidon laatu voi heikentyä, koska huono kuivikemateriaali voi altistaa lehmän utareen tulehduksille niin suorasti kuin epäsuorasti.

Jos eläimien makuualustaa kuivitetaan huonosti tai huonolla kuivikkeella, eläimet likaantuvat (kuva 5). Lypsykarjassa voi esiintyä suolistosta erittyviä taudinaiheuttajia, jotka ovat haitaksi myös ihmisille. Näitä ovat esimerkiksi *Escherichia coli* ja salmonella. Tartunnan saaneista eläimistä taudinaiheuttajia erittyy eläimen ulosteeseen ja sitä kautta eläimen iholle. (Evira 2016, 2.) Likainen lypsy-lehmä altistaa maidon saastumiselle, jos lantaa pääsee lypsijien kautta maitoon. Likaantuneet eläimet aiheuttavat kontaminaatoriskin myös teurastamolla, koska pahasti likaantuneesta eläimestä voi teurastamolla räiskyä ulostetta lihaan tai lihankäsittelylinjalle (Evira 2016, 2).



KUVA 5. Likaantunut iho stressaa eläimiä, lisää infektioriskiä, tekee lypsityöstä raskasta ja vaarantaa elintarvikehygienian (Tikkanen 2020-04-02).

Kuluttajat ovat koko ajan valveutuneempia eläinten hyvinvoinnin suhteen. Moni ihminen on herännyt ajattelemaan esimerkiksi eläinten onnellisuutta ja mahdollisuutta lajinmukaisen käyttäytymisen toteuttamiseen. Runsas kerros laadukasta kuiviketta tukee nautan luontaista tarvetta maata pehmeällä makuualustalla, ja samalla se ehkäisee eläinten likaantumista ja utare- ja sorkkasairauksia (ETU 2006, 3–7). Hyvin toteutettu kuivitus on siis myös osa lypsykarjatilojen hyvän imagon luontia ja kuluttajien toiveisiin vastaamista (kuva 6).



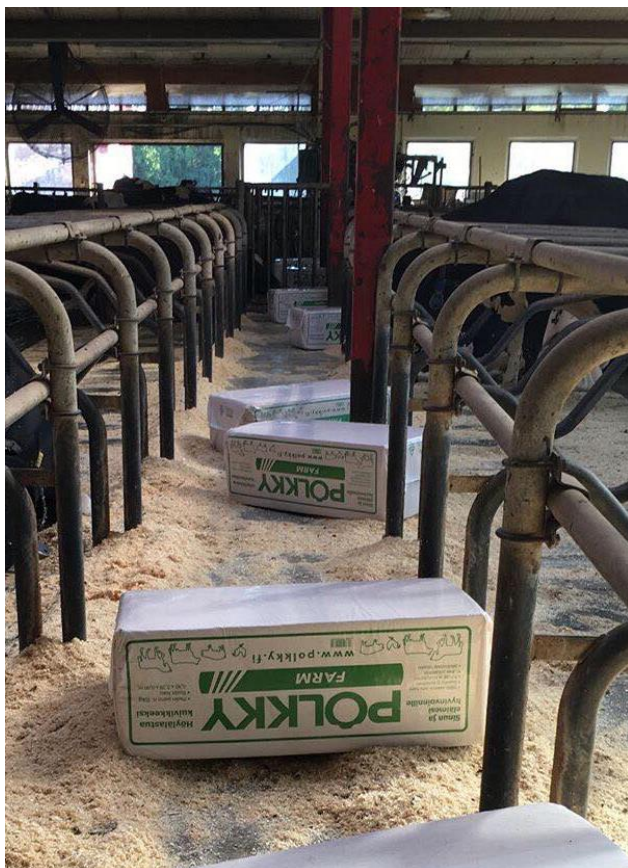
KUVA 6. Hyvin kuivitettu makuualusta, ehjä iho ja puhtaat eläimet viestivät kuluttajille, että eläimistä pidetään huolta (Tikkanen 2020-04-02).

3 LYPSYKARJAN KUIVIKKEET

Lypsykarjan kuivituksessa käytetään Suomessa eniten kutteria ja turvetta sekä näiden sekoitusta (Alasuutari 2013, 3). Muita käytössä olevia kuivikemateriaaleja ovat muun muassa olki, lietteestä separoitu kuivajae ja hiekka. Oljen, hiekan ja lannan separoidun kuivajakeen käytössä on erikoispiirteitä lannankäsittelyssä ja varastoinnissa, minkä takia niiden käyttö ei ole yhtä yleistä kuin kutterin ja turpeen.

3.1 Yleisimmät kuivikemateriaalit

Kutterilla on korkea kuiva-ainepitoisuus, se on valoisaa ja helposti käsiteltävää sen keveyden vuoksi (kuva 7). Se on irtotavarana varsin halpaa, 12–15 euroa kuutiolta. Kutterin kuivuus saa kuivikkeen kuitenkin pölyämään runsaasti, jopa enemmän kuin turve. Kutteripöly on myös muiden kuivikkeiden pölyä hienojakoisempaa. Kutteri voi ohuena kerroksena olla myös lehmälle epämiellyttävää, sillä se voi laadusta riippuen olla terävää ja tikkuista. Tuoreessa tai kostuneessa kutterissa piilee myös *Klebsiella* utaretulehdusbakteerin riski. (Alasuutari ja Palva 2014, 4–9.) Ilmaston muuttuessa metsäteollisuuden olosuhteet voivat vaikeutua, minkä myötä sahanpurun saatavuus voi muuttua nykyistä hankalammaksi.



KUVA 7. Kutteria on helppo käsitellä sen keveyden ja kätevän pakettikoon ansiosta, minkä lisäksi se tuo myös valoisuutta navettaan (Tikkanen 2018-06-28.)

Turve taas on eloperäistä maa-ainesta, jota syntyy suokasvien epätäydellisen hajoamisen myötä (Turveinfo s.a.). Turpeella on erittäin hyvä nesteen- ja ammoniakinsitomiskyky. Kutterin lailla turve

on irtotavarana halpaa, 12–15 euroa kuutiolta. Turve on hyvälaatuisena erittäin miellyttävä kuivike-materiaali lehmän kintereille sen pehmeiden takia. Ongelmana turpeessa on erityisesti sen laatu-vaihtelut, jolloin kuivikkeessa voi olla mukana esimerkiksi puunpaloja (kuva 8). (Alasuutari ja Palva 2014, 4.) Myöskään turpeen tumma väri ei miellytä kaikkia, koska navetta voi jonkun mielestä näyttää likaiselta turvepölyn tarttuessa rakenteisiin tai eläimiin.



KUVA 8. Turve on pehmeää, mutta sen laatuvariaatio, kuten puunpalaset, aiheuttavat ongelmia esimerkiksi lannanpoistossa (Tikkanen 2021-02-02).

Turpeen tuottajat ja tutkijat uskovat, että kuiviketurpeen tuotanto tulee tulevaisuudessa vähene-mään Suomessa. Tuotannon vähenemiseen johtavat tiukentuva ympäristölainsäädäntö ja lupame-nettely. Tiukemman lupamenettelyn myötä ympäristöluvan saaminen uusille turpeentuotantoalueille vaikeutuu. Lainsäädännön tiukkeneminen juontaa juurensa turpeen nostamisen ympäristövaikutuk-seen. (Niiniskoski 2017, 14–16.) Turvetta ei lainsäädännössä mielletä uusiutuvaksi luonnonvaraksi, koska sen syntymisprosessi on niin hidas. Turpeentuotannon vähenemisen myötä turvetta käyttä-vien karjatilojen tulee löytää tilalle vaihtoehtoisia kuivikkeita.

3.2 Kuivikkeen ominaisuudet

Kuivikkeiden kuiva-ainepitoisuudet vaihtelevat 25 prosentista 99 prosenttiin. Matalin kuiva-ainepitoi-suus on lietteestä separoidulla kuivajakeella, 25–35 prosenttia. Korkeimmat kuiva-ainepitoisuudet ovat kutterilla (85–95 %) ja paperisilpulla (95 %). (Alasuutari ja Palva 2014, 4.)

Kuivikkeen tehtävä on nimensä mukaisesti kuivittaa, minkä takia nesteensitomiskyky on kuivikkeen eräs tärkein ominaisuus. Nesteensitomiskyky vaihtelee runsaasti käytössä olevilla kuivikkeilla. Esimerkiksi turpeen nesteenpidätys on jopa 470-640 grammaa per litra kuiviketta, kun taas sahanpurulla nesteenpidätys on 330 grammaa per litra kuiviketta. (Alasuutari ja Palva 2014, 3-4.) Kuivikkeista pelletöidyllä kuivikkeella on suurin nesteenpidätyskyky. Myös turpeella ja turve-kutteri-seoksella on hyvä nesteenpidätyskyky. (Alasuutari ym. 2014, 51.)

Kuivikemateriaalit ovat nesteensitomisnopeudelta vielä enemmän erilaisia kuin nesteenpidätyskyvyiltään. Nesteensitomisnopeudella tarkoitetaan sitä, että toiset kuivikkeet kastuvat nopeasti ja toiset voivat imeä nestettä itseensä pidemmän aikaa. (Alasuutari ym. 2014, 27.) Kuivikkeelta odotetaan hidasta nesteensitomisnopeutta, jotta sitä ei tarvitsisi olla vaihtamassa jatkuvasti uusiin imeviin kuivikkeisiin. Toisaalta myös nopeaa nesteensitomisnopeutta kaivataan, jotta alustasta tulee kuiva mahdollisimman nopeasti kostumisen jäljiltä. Käytössä olevista kuivikkeista oljen ja turpeen nesteensitomisnopeus on hitaampi kuin kutterilla ja sahanpurulla, jotka imevät itsensä täyteen melko nopeasti (Alasuutari ym. 2014, 27). Tämän takia erilaiset kuivikeseokset voivat toimia hyvin yhdessä, täydentäen toistensa ominaisuuksia.

Työtehoseuran, MTT:n ja Työterveyslaitoksen hankkeen toteuttaman kuivikkeen parressa pysyvyytestestin perusteella voidaan sanoa, että kuivikemateriaalilla ei ole merkittävää yhteyttä sen parressa pysyvyyteen. Testissä turpeella oli vuorokauden aikana suurin kuivikehävikki, 12 litraa, kun taas kutterilla määrä oli 11 litraa. Turve-kutterin hävikki oli turpeen ja kutterin määrien välistä 11,8 litraa. Kuivikkeen parressa pysyvyyteen vaikuttaa kuitenkin vahvasti lehmien liikkuminen parressa. Eri kuivikemateriaaleilla ei ole vaikutusta parressakäyntikertojen liikkeessä poistuvaan kuivikemäärään. Ylimääräistä liikkumista parressa voi aiheuttaa epämukava tai huonosti mitoitettu parsi. (Alasuutari ym. 2014, 19-20.)

Kuivikkeen pölyävyys vaikuttaa eläinten ja rakennusten puhtauteen sekä ihmisten työterveyteen. Kaikki kuivikkeet pölyävät, mutta sen runsaus riippuu kuivikkeen hienojakoisuudesta, eli partikkelikoosta, ja kosteudesta. Mitä kuivempi ja hienojakoisempi kuivike on, sitä helpommin se myös pölyää. Varsinkin koneellinen kuivitus saa kuivikkeet pölyämään. Pölyävä kuivike leviää kuivitustyössä ympäröivään navetta-ilmaan, josta se sotkeutuu eläinten turkkiin ja navettarakenteisiin. Rakenteisiin laskeutuessaan pöly voi aiheuttaa paloriskin. Kuivikkeen pölyssä voi olla hengitykselle haitallisten pienhiukkasten lisäksi mikrobeja tai sieniä. (Alasuutari ja Palva 2014, 9.) Tutkimuksessa on todettu, että kutteri ja paperisilppu pölyävät kuivikemateriaaleista eniten ja niitä käyttäessä kuivittaja altistuu pölylle pahiten. Turpeen vähäisempi pölyäminen on sidoksissa sen korkeampaan kosteuspitoisuuteen. (Alasuutari ym. 2014, 51.)

Kuivikkeiden hygienisyys on myös yksi kuivikkeen oleellisimmista ominaisuuksista. Muun muassa materiaalin pH voi vaikuttaa sen alttiuteen olla mikrobeille joko otollinen, tai huono alusta kasvaa. Esimerkiksi turve on pH:ltaan hapanta ja sen takia bakteereille epäedullinen alusta kasvaa. Luonnonmateriaalit ovat pääsääntöisesti turvallisempia materiaaleja, kuin esimerkiksi muovi. Kuivikkeen

hygienenisyyteen vaikuttaa kuitenkin erittäin voimakkaasti myös parsien puhdistus ja kuivikkeen asianmukainen varastointi. Kosketus kosteuteen ja likaan aikaansaa mikrobien määrän kasvamisen missä tahansa materiaalissa.

Kuivikkeen hinta on yksi kuivikkeen merkittävimmistä ominaisuuksista lypsykarjayrittäjän näkökulmasta. Kuivikemateriaalin hintaan vaikuttaa kuivikkeen oman arvon lisäksi sen pakkaaminen, sillä pakattu kuivike voi maksaa jopa kaksi kertaa irtotavaraa enemmän: esimerkiksi turve ja kutterilastu maksavat irtotavarana 12–15 euroa kuutiometriltä, mutta pienpaaleina turpeen hinta on 35–38 ja kutterilastun 35–50 euroa kuutiometriltä (Alasuutari ja Palva 2014, 4, 16). Jos sadan lehmän karjassa käytetään parren kuivittamiseen kymmenen litraa kuiviketta päivittäin, tulee vuoden kuivikemenekiksi 365 kuutiometriä. Tällöin tilan kuivikekustannus on irtotavarana 4 380 euroa, kun taas pakattua turvetta käytävällä tilalla kuivikekustannus on 13 870 euroa ja kutterilastua käytävällä tilalla jopa 18 250 euroa. Myös kausittainen vaihtelu kuivikkeen saatavuudessa voi muuttaa hintata- soa vuoden aikana. Lisäksi rahtikustannus vaikuttaa kuivikkeen lopullisiin kustannuksiin.

Kuivikkeen lopullisiin kustannuksiin vaikuttavat tilalla kuivitukseseen käytettävä koneistus, kuivitukseseen käytetty työaika sekä varastot. Varaston rakentaminen irtokuivikkeelle kannattaa, kun kuivikkeen käyttö on kymmenen litraa päivässä partta kohden. Kuivituksen koneellistaminen on useimmiten kannattavaa isommissa yksiköissä, koska se säästää työaikaa ja siten palkkakustannuksia. (Alasuutari ja Palva 2014, 4, 16.) Kuivikkeen olisi siis hyvä soveltua myös koneelliseen kuivitukseseen. Kutteria ja turvetta voidaan kumpaakin levittää koneellisesti, mutta se ei ole täysin ongelmaton: kuten todettua, kutteri pölyää koneellisesti levitettyä runsaasti, kun taas turpeen koneellista levittämistä hankaloittavat sen laadun vaihtelut.

3.3 Kuivikkeen käyttö

Käytettävän kuivikkeen hyvä laatu yksin ei takaa kuivituksen onnistumista. Jotta kuivikkeella päästään haluttuihin tuloksiin, eli makuualueen puhtauteen, pehmeuteen ja kuivuuteen, kuiviketta tulee käyttää ja hallita oikein. Kuivituksen onnistumista voi seurata tarkkailemalla lehmien puhtautta ja hiertymiä jaloissa.

Jotta kuivike voi toimia halutulla tavalla, sitä tulee myös käyttää riittävästi. Valion terveydenhuoltoeläinlääkäri Kristiina Sarjokari (2019, 43) määrittelee riittävän kuivituksen tilanteeksi, jossa eläimet ja makuupaikat pysyvät puhtaina ja kuivina, eikä eläimille ole makuupaikan aiheuttamia ihovaurioita. Riittävää kuivitusta voi itse koittaa arvioida heittäytymällä polvilleen makuualustalle: mikäli polville pudottautuminen sattuu tai polvet kostuvat ollessaan kosketuksissa makuualustaan, kuivitus on liian vähäistä.

Kuiviketta tulisi käyttää parsipedeillä ja matoilla reilusti, vähintään kolme senttiä paksuna kerroksena, jotta se luo lehmälle pehmeän makuualustan. Kolmen sentin kerros tarkoittaa jopa noin kuutakymmentä litraa kuiviketta partta kohti. Kansainvälinen suositus kuivikekerrokselle on jopa kym-

menen senttiä. Noudatettavasta suosituksesta riippumatta olisi tärkeää huolehtia etenkin parren ta-
kaosan, eli lehmän utarealueen, kuivituksesta. Reilu kuivitus lisää parren hygieniaa ja vähentää sitä
kautta utaretulehduksia, koska paksu kerros kuiviketta estää lannan, virtsan ja muiden eritteiden
tarttumista parren pintaan ja utareisiin. (Alasuutari ja Palva 2014, 1-5.)

Parsien puhdistus on tärkein kuivikkeen hygieniaan vaikuttava tekijä. Hyvän hygienian ylläpitä-
miseksi parret tulisi puhdistaa tarpeen mukaan, mutta ainakin kolme kertaa päivässä niin, että uta-
reen alla oleva kuivike vaihtuu päivässä kokonaan uusiin (kuva 8). Lisäksi olisi hyvä pyrkiä säilyttä-
mään kuiviketta parren etuosassa korkeintaan viikon ajan, jotta navettailma, lehmien sylki ja lanta-
kolasta ja lehmien jaloista tuleva lanta eivät pääsisi altistamaan kuiviketta mikrobien liialliselle kas-
vulle. (Alasuutari ja Palva 2014, 1-7.)



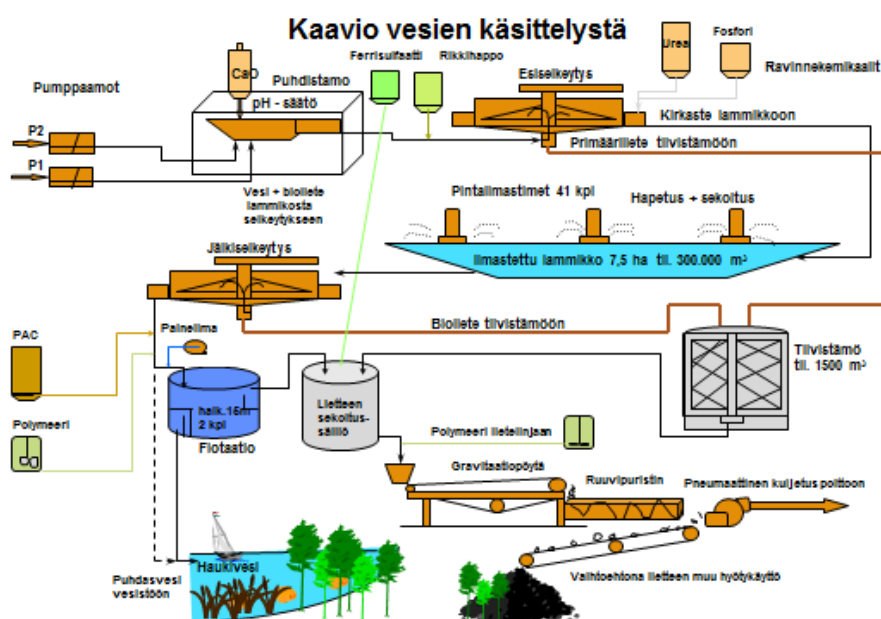
KUVA 8. Paraskaan kuivike ei pärjää ilman säännöllistä parsien puhdistustyötä (Tikkanen 2020-04-02).

4 KUITUSAVI

Stora Enson toimialoja ovat pakkausmateriaalit, pakkausratkaisut, biomateriaalit, puutuotteet, metsä ja paperi. Stora Enson Varkauden tehtaalla valmistetaan havusellua, kartonkia, viilupuuta ja kuusi-sahatavaraa. Vuodessa tehdas tuottaa 390 000 tonnia aaltopahvin raaka-ainetta ja 310 000 tonnia sellua. (Stora Enso s. a.) Prosessista syntyy jätevettä, joka käsitellään tehtaalla omalla jätevesipuhdistamolla. Stora Enson Varkauden jätevedenpuhdistamo käsittelee vuorokaudessa noin 45 000 kuutiota jätevettä, joka on peräisin kartonkitehtaalta, sellutehtaalta ja RCF- eli kierrätyskuitulaitokselta (Revolving Credit Facility). Jätevedet johdetaan tehtailta pumppaamojen kautta puhdistamoon, jossa vesi käsitellään mekaanisbiologisesti ja kemiallisen tetriäärivaiheen kautta. (Pakarinen 2020-04-01.)

Jäteveden puhdistuksessa syntyy kuitusavea eli sen tuotantoprosessi on sama kuin jäteveden puhdistusprosessi. Koko prosessi kestää noin viidestä kuuteen vuorokautta. Prosessin lopuksi syntynyt, kuiva-aineeltaan noin 40 prosenttinen kuitusavi hyödynnetään tällä hetkellä maanrakennuksessa ja energiantuotannossa. Kuitusavi on pääasiassa puukuitua, minkä lisäksi se sisältää pieniä määriä meesaa ja täyteaineita. Meesa ja täyteaineet ovat kalsiumkarbonaattia ja peräisin sellun tuotannosta. Kalsiumkarbonaatti on maataloudessa tuttu aine peltojen kalkituksesta.

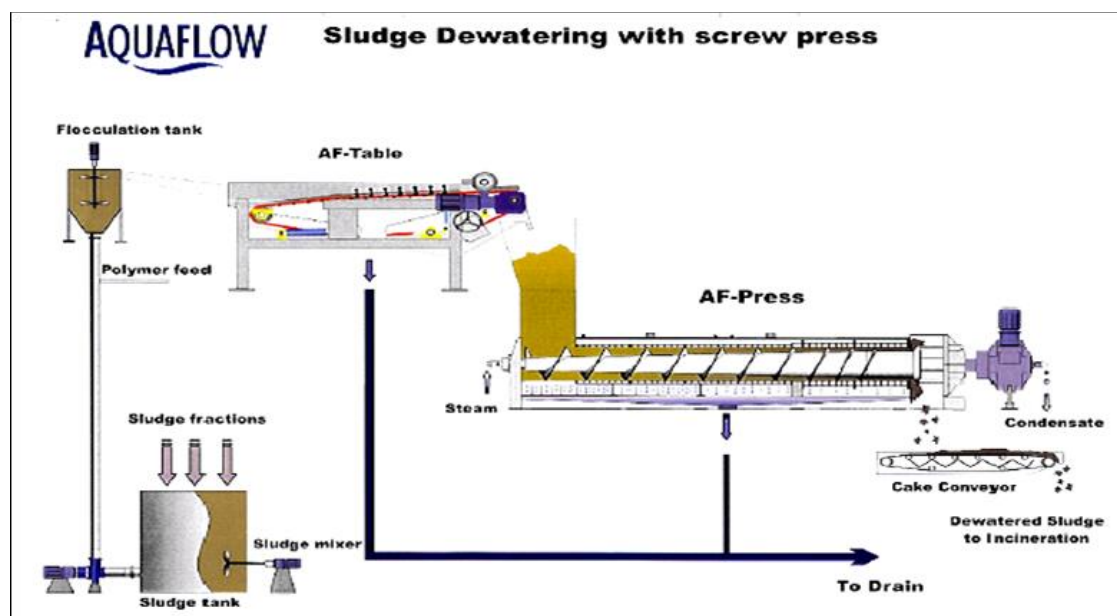
Tehtaan jätevedenpuhdistuksen prosessi käy ilmi kuvasta 9. Prosessin aluksi kaikki tehtaiden jätevedet neutraloidaan neutralointialtaassa pH-tasoon 6,5–7,5 lisäämällä jätevetteen kalkkia tai 93 prosenttista rikkihappoa. Neutraloinnin jälkeen vedet käsitellään esiselkeyttimessä, jossa veden kiintoaineksen annetaan laskeutua erilleen vedestä mekaanisesti, ilman kemikalointia. Tämä kiintoaines, eli primääriliete, johdetaan lietetiivistämöön. Esiselkeytyksen jälkeen vesi lasketaan ilmastettuun lammiin, jossa syntyy biolietettä kuolleesta bakteeriaineksesta. Bioliete erotellaan puhdistettavasta vedestä jälkiselkeytyksessä. (Pakarinen 2020-04-01.)



KUVA 9. Jäteveden puhdistuksen prosessi Varkauden puhdistamolla (Pakarinen s.a.).

Esi- ja jälkiselkeytyksestä lietemäinen kiintoaines pumpataan lietetiivistämöön, jonka tarkoituksena on lisätä massan kuiva-ainepitoisuutta. Lietetiivistämössä kuiva-aineesta erottunut vesi johdetaan takaisin esiselkeytysvaiheeseen. Tertiäriveriivissä jätevedeen lisätään pieni määrä polyalumiinikloridia, mikä saa orgaaniset aineet ja ravinteet saostumaan. Esiselkeytysvaiheen primääriliete, ilmastetun lammikon bioliete, tertiäriveriivien kemiallinen liete ja pieni määrä Finnforelin kalalaitoksen lietettä pumpataan lietetiivistämön jälkeen lietteen sekoitussäiliöön, jossa ainekset sekoitetaan yhteen. Kalalaitoksen liete on pääasiassa kalan lantaa ja ruokaa. Yhteen sekoitetussa lietteessä on primäärilietettä 60–70 %, kemiallista lietettä 10–20 %, biolietettä 5–10 % ja kalalaitoksen lietettä vain noin prosentti. (Pakarinen 2020-04-01.)

Sekoituksen jälkeen kuitusavi esikuivataan viirapöydällä ja lopullisesti ruuvipuristimella (kuva 10). Esikäsitellyssä kuitusaven kuiva-aineprosentti nousee 5-10 %:iin. Ruuvipuristin puristaa ainesta sihtiä vasten tiiviyden kasvaessa kohti loppua. Ruuvipuristimen jälkeen kuitusavi on kuiva-ainepitoisuudeltaan 40 %. Jos puhdistamolla tapahtuu jonkinlainen epätavallinen seisahdus, lietteen kuivaukseen voidaan käyttää varalaitteena kahta suotonauhapuristinta. Suotonauhapuristimen jälkeen kuitusaven kuiva-aine on ruuvipuristinta alhaisempi, 30-35 %. Kuitusavea on myös testattu jatkokuivata, jolloin sen kuiva-ainepitoisuus voidaan nostaa jopa 60-80 %:iin. Varkauden Stora Ensolla on meneillään investointisuunnitelmat ilmakeivauksesta. (Pakarinen 2020-04-01.)



KUVA 10. Kuitusaven kuivaus viirapöydällä ja ruuvipuristimella (Pakarinen s.a.)

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Opinnäytetyössä oli käytettävissä monipuolista aineistoa kuitusavesta, jonka avulla opinnäytetyössä johdettiin tietoa kuitusaven soveltuvuudesta lypsykarjan kuivikkeeksi. Aineistona toimi Stora Enson teettämä analyysi kuitusavesta. Aineiston lisäksi käytössä oli kuitusavinäytteitä, joiden avulla pystyttiin havainnoimaan kuitusaven ominaisuuksia ja tekemään kuitusavelle nesteen ja ammoniakinsitomiskyvyn testit. Aistinvaraiset ominaisuudet ovat subjektiiviset kokemukset kuitusaven ulkonäöstä, hajusta ja tuntumasta.

5.1 Kuitusaven sisältö

Stora Enso teettää kuitusavesta Eurofins-laboratoriossa ajoittain *raskasmetallit maasta (PFVT2)* - ja *orgaaninen maanparannusaine (PFVT4)* -nimiset analyysit. Opinnäytetyössä tarkasteltiin 14.1.2021 otetun näytteen analyysia. Analyysistä käy ilmi kuitusavieran raskasmetalliarvot, maanparannusainneiden määrät, pH, kuiva-ainepitoisuus ja tilavuuspaino.

Raskasmetallit ovat metalleja ja puolimetalleja, joita vapautuu luontoon luonnollisesti sekä ihmisen takia. Raskasmetalleja vapautuu luontoon esimerkiksi liikenteestä ja teollisuuden päästöistä. Raskasmetalleja ovat arseeni, sinkki, kadium, elohopea, kupari, nikkeli, kromi, lyijy, hopea, palladium ja platina. Raskasmetallien ominaisuudet ovat vaarallisia elämälle, koska ne eivät hajoa biologisesti, mutta ne kertyvät eläviin. (Yadav, Gupta ja Sharma 2019.) Raskasmetalleista kadmium (Cd) on seuratuin (Kierrätyslannoitteet ja -maanparannusaineet s.a.).

Kadmiumin (Cd) kertymistä peltoon tulee seurata. Viiden vuoden ajanjaksolla kadmiumkertymä lohkolla saisi olla maksimissaan 7,5 g/ha. Ravinnerenki-hankkeessa on kehitetty aiheen tutkimista varten kadmiumkertymän laskuri, jonka avulla voidaan selvittää, ylittyykö peltolohkon kadmiumkertymän raja käytetyllä lannoitteella viiden vuoden ajanjaksolla. Laskuriin tarvitaan tiedoksi lannoitteen kadmiumpitoisuus, kuiva-ainepitoisuus sekä kilomäärä, kuinka paljon lannoitetta hehtaarille tullaan levittämään vuodessa. (Kierrätyslannoitteet ja -maanparannusaineet s.a.)

Opinnäytetyössä keskityttiin kuitusaven kuivikeominaisuuksiin, eli siihen, mitä kuitusavelta toivotaan navetan sisäpuolella. Kadmiumin kertyminen lannan ja kuivikkeen mukana peltoon on kuitenkin olennainen osa kuitusaven kuivikekäyttöä, minkä takia se koettiin tärkeäksi ottaa mukaan opinnäytetyöhön pienenä osana. Opinnäytetyössä hyödynnettiin Ravinnerenki-hankkeen kadmiumkertymän laskuria ja tehtiin luonnos kuitusaven kuivikekäytöstä hehtaarille kertyvän kadmiumin määrästä. Laskuriin tuli syöttää kuitusaven kadmiumpitoisuus (mg/kg ka), kuitusaven kuiva-ainepitoisuus sekä levitysmäärä (kg/ha).

Jos sadan lehmän karjassa parren kuivittamiseen käytettäisiin kymmenen litraa kuiviketta päivittäin, tulee vuoden kuivikelisäykseksi 365 kuutiometriä. Stora Enson Eurofinsillä teettämän analyysin mukaan kuitusaven tilavuuspaino on 470 kg/m³. Tällöin vuoden kuitusavikertymä sadan lehmän karjassa olisi noin 171 550 kiloa. Sadan lehmän karjassa peltoa tulisi olla noin sata hehtaaria, jolloin

hehtaarille levitettävä määrä olisi noin 1716 kiloa. Kuitusaven analyysistä käy ilmi, että kuitusaven kadmiumpitoisuus on 1,1 mg/kg kuiva-ainetta ja kuiva-ainepitoisuus 34,2 %. Arvot syötettiin kieratyslannoitteet.wordpress.com-verkkosivulta löytyvään kadmiumlaskuriin kuitusaven kadmiumkertymän määrän selvittämiseksi. Laskuri on kehitetty Savonia-ammattikorkeakoulun Ravinnerenki-hankkeessa.

Kuitusavesta kertyy arviossa käytettyjen arvojen mukaan viiden vuoden aikana noin 3,23 grammaa hehtaarille. Opinnäytetyössä arvioidun kuitusaven kulutuksen kadmiumkertymä ei siis ylitä hehtaarilla 7,5 gramman raja-arvoa viiden vuoden ajanjaksolla. Käytännössä toteutuvaan tulokseen vaikuttaa kuitusaven todellinen käyttömäärä, tilan peltopinta-ala ja käytössä olevan kuitusavierän arvot. Tilallisen vastuulla on seurata omien peltojen kadmiumkertymän kehittymistä. Kuitusaven lopulliseen kadmiumkertymään voidaan vaikuttaa käyttämällä kuitusavea toisen kuivikkeen kanssa seoksena.

5.2 Kokeet kuitusavesta

Opinnäytetyössä testattiin kuitusaven kuiva-ainepitoisuutta, ammoniakinsitomiskykyä sekä nesteensitomiskykyä ja -nopeutta. Testit toteutettiin yhteistyössä Biosfääri-hankkeen kanssa. Biosfäärihanke on Savonia-ammattikorkeakoulun, Itä-Suomen yliopiston ja Luonnonvarakeskus Luken yhteishanke, jonka tavoitteena on muun muassa selvittää Pohjois-Savon alueella syntyvien sivuvirtojen jatkojalostamista. Hanke toteutetaan yhteistyössä alueen keskeisimpien sivuvirtojen tuottajien kanssa, joihin myös Stora Enso lukeutuu.

Ennen kuitusaven kuiva-ainepitoisuuden määrittämistä ja ammoniakki- ja nesteensitomiskyvyn testausta kuivatettiin noin viidentoista litran suuruinen erä kuitusavea laboratorion uunissa, jotta kuitusavesta saataisiin tuloksia myös suuremmalla kuiva-ainepitoisuudella. Kuivatuksen tavoitteena oli kasvattaa kuitusavinäytteen kuiva-ainepitoisuutta kuuteenkymmeneen prosenttiin. Kuivaus kesti kaiken kaikkiaan kaksikymmentä tuntia ja näytteen kuiva-ainepitoisuutta mitattiin kuivauksen välissä pikakuiva-analysointilaitteella kuiva-ainepitoisuuden kehittymisen seuraamiseksi. Kuitusavinäytteen kuivaus kesti yhteensä 20 tuntia, joista ensimmäiset kuusi tuntia 70 asteessa ja loput neljätoista tuntia 50 asteessa.

5.2.1 Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus

Kuiva-aineella tarkoitetaan aineen massaa, joka jää jäljelle näytteen kuivatuksesta. Tuoreesta ja kuivatusta kuitusavinäytteestä määritettiin kuiva-ainepitoisuus SFS 3008 -standardin mukaan. Standardin mukaan näytteen kuiva-ainepitoisuus saadaan selville haihduttamalla ja kuivaamalla tunnettu määrä näytettä 105 asteen lämpötilassa ja punnitsemalla jäännös. Määrittäessä käytettävä upokas kuivataan ensin 105 asteen lämpötilassa tunnin ajan, jotta upokkaan huokosiini tiivistynyt ilman kosteus haihtuu pois. Tämän jälkeen astia jäähdytetään eksikaattorissa ja punnitaan. Näytteitä kuivatettiin 15 tuntia 105 asteen lämpötilassa, minkä jälkeen ne jäähdytettiin eksikaattorissa (kuva 11). Jäähtynyt näyte punnittiin 0,1 mg:n tarkkuudella.



KUVA 11. Eksikaattorin pohjalla oleva kuivausmassa pitää kuvun sisäisen ilmankosteuden stabiilina (Tikkanen 2020-10-22).

Tuoreen kuitusaven kuiva-aineen määrittämisessä oli neljä kerrannetta ja kuivatun kuitusaven kuiva-aineen määrittämisessä kerranteita oli kolme. Näytteen kuiva-ainepitoisuus lasketaan vähentämällä määrittämisessä käytetyn upokkaan paino upokkaan ja kuivatun näytteen yhteenlasketusta massasta. Jäljelle jäänyt erotus, eli kuivatun näytteen paino, jaetaan määrittämisessä käytetyn näytteen tuorepainolla. Kuiva-ainepitoisuuden määrittämisessä käytetty koeeasetelma käy ilmi taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Kuiva-ainepitoisuuden määrittämisessä punnittujen upokkaiden (U), kuivaamattomien näytteiden (w) ja kuivatun näytteen (k) painot (g).

Näyte	Upokas (U)	Näyte(w)+U	Näyte(w)	Näyte(k)+U	Näyte (k)
Tuore 1.	29,7414	53,3779	23,6365	38,2347	8,49330
Tuore 2.	30,5326	46,6031	16,0705	36,2695	5,73690
Tuore 3.	29,8116	47,787	17,9754	36,3358	6,52420
Tuore 4.	29,9502	47,6221	17,6719	36,3202	6,37000
Kuiva 1.	44,9513	70,4422	25,4909	56,4229	11,47160
Kuiva 2.	46,5433	73,2812	26,7379	58,5968	12,05350
Kuiva 3.	51,6738	76,0641	24,3903	62,6405	10,96670

Kuiva-ainepitoisuutta määriteltessä selvitetään myös kuitusaven orgaanisen ja epäorgaanisen aineen määrä. Orgaaninen, eli eloperäinen aine tarkoittaa kaikkea hiiltä sisältävää ainetta, kun taas epäorgaaninen, eli eloton aine ei sisällä hiiltä. Epäorgaanisia aineita ovat esimerkiksi raskasmetallit. Epäorgaanisen aineen määrä näytteessä saadaan selville hehkuttamalla kuiva-ainepitoisuusmäärittäyksessä ollutta näytettä 550 asteen lämpötilassa kahden tunnin ajan. Tämän jälkeen hehkutusjäännös jäädytetään eksikaattorissa ja punnitaan. Näytteen hehkutusjäännös, eli epäorgaanisen aineen määrä saadaan, kun sen paino vähennetään kuiva-aineen painosta.

5.2.2 Kuitusaven ammoniakinsitomiskyky

Navetassa ilmaan erittyvä eläinten virtsasta ammoniakki. Ammoniakki on pistävän hajuinen kaasu, joka muun muassa syövyttää limakalvoja. (Heimonen ym. 2009, 29.) Hyvän ilmanvaihdon lisäksi navetan ilman laatuun vaikuttaa myös navetassa käytettävä kuivike (Mäittälä s. a.). Opinnäytetyössäni halusimme testata kuitusaven kykyä sitoa ammoniakki virtsasta.

Ammoniakinsitomiskyvyn testauksessa käytettiin lehmän virtsaa aidon tilanteen luomiseksi (kuva 12). Virtsaa kerättiin testiä edeltävänä päivänä neljältä lehmältä ensin sankoon, josta se siirrettiin mahdollisimman nopeasti virtsalla esipestyyn tuplakorkilliseen 0,5 litran muovipulloon. Pullot täytettiin mahdollisimman täyteen. Virtsaa säilytettiin pimeässä ja viileässä huoneessa yön yli.



KUVA 12. Kuitusaven nesteensitomiskyvyn testauksessa käytettiin aitoa lehmän virtsaa todennukaisen tilanteen luomiseksi (Tikkanen 2020-10-21).

Ammoniakinsitomistesti toteutettiin Savonian Kuopion kampuksella ympäristötekniikan laboratoriossa Biosfääri-hankkeen työntekijöiden kanssa. Testi toteutettiin sekä tuoreelle että kuivatulle kuitusavalle. Kumpaakin näytettä testattiin neljällä eri virtsan määrällä (kuva 13).



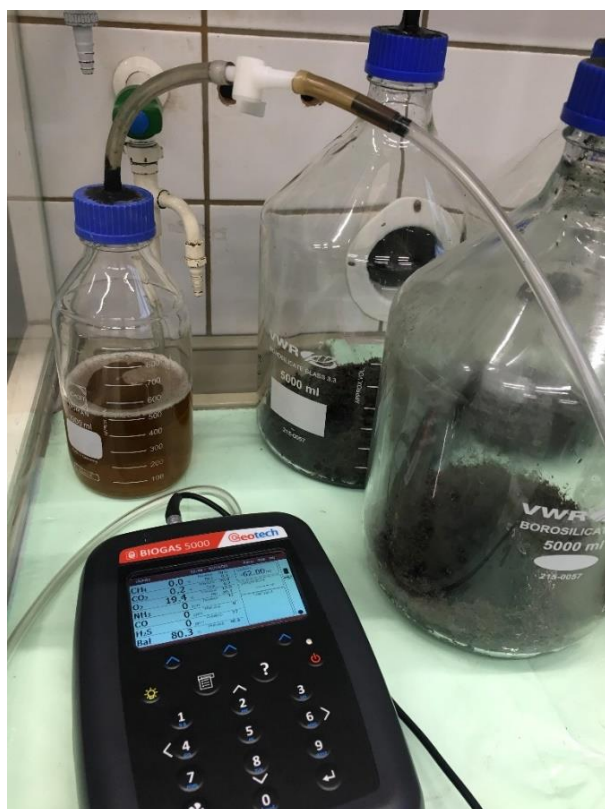
KUVA 13. Ammoniakinsitomiskykyä testatessa lasipulloihin laitettiin 500 millilitraa kuitusavea ja 100-400 millilitraa edellisenä päivänä kerättyä lehmän virtsaa (Antikainen 2020-10-22).

Ammoniakinsitomiskyvyn testissä noin 500 ml punnittua kuitusavea laitettiin neljään viiden litran lasipulloon, joihin sitten lisättiin lehmän virtsaa. Lehmän virtsaa lisättiin lasipulloihin 100, 200, 300 ja 400 millilitraa. Koeasetelma käy selville taulukosta 2. Tarkoituksena oli tutkia, miten virtsan määrän lisääminen vaikuttaisi ammoniakin kuitusaveen sitoutumiseen. Ammoniakin haihtumista näytteissä mitattiin tunnin, neljän tunnin, vuorokauden ja 96 tunnin kuluttua testin aloittamisesta. Verrokkina ammoniakin haihtumisen määrälle oli lasipullo, joka sisälsi 500 millilitraa pelkkää virtsaa. Sen tarkoitus oli kertoa, kuinka paljon ammoniakkia haihtuisi ilmaan, jos kuitusavi ei sitoisi ollenkaan ammoniakkia.

TAULUKKO 2. Ammoniakinsitomiskyvyn koeasetelma

Pullo	Kuitusavi ml	Kuitusavi g	Virtsa ml	Virtsa g
1.kuiva	500	117,4	100	552,4
2.kuiva	500	122,2	200	657,2
3.kuiva	500	125,2	300	758,5
4.kuiva	500	118,1	400	863,5
5.tuore	500	126,3	100	552,5
6.tuore	500	130,0	200	658,1
7.tuore	500	136,7	300	758,2
8.tuore	500	137,0	400	865,7
Virtsa	-	-	500	968,3

Koeasetelma suunniteltiin pitäen mielessä navettaolosuhteet. Navetassa tehtiin havainto, että yhdeltä lehmältä saatiin kerättyä virtsaa suunnilleen kaksi ja puoli pulloa. Pullojen tilavuus oli 0,5 litraa. Lehmät virtsasivat kerralla siis noin puolitosta litraa. Tästä kaikki ei suinkaan osu parteen, varsinkin jos parret ovat oikein mitoitettuja karjan eläimille. Parret ovat usein suunniteltu myös kaartumaan niin, että enin virtsa valuu sieltä pois. Testissä päädyttiin tämän pohdinnan seurauksena testaamaan kuitusaven ammoniakinsitomiskykyä sadasta neljäänsataan millilitralla. Ammoniakin määrää pulloissa mitattiin BIOGAS 5000 -laitteella (kuva 14).



KUVA 14. Ammoniakin määrää lasipullon ilmasta mitattiin BIOGAS 5000 -laitteella (Tikkanen 2020-10-22).

5.2.3 Kuitusaven nesteensitomiskyky

Kuivikkeen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on sen nesteensitomiskyky. Koska opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuitusaven soveltuvuutta lypsykarjan kuivitukseen, opinnäytetyössä testattiin kuitusaven nesteensitomiskykyä. Koeasetelmana toimi *Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjaloutta* -tutkimushankkeessa esitetty nesteensitomiskyvyn testi. Käyttämällä hankkeessa käytettyä koeasetelmaa kuitusaven tuloksista saadaan vertailukelpoisia hankkeessa tutkituille kuivikemateriaaleille, kutterille ja turpeelle.

Testissä tutkittiin sekä tuoretta että kuivattua kuitusavinäytettä. Testin valmistelu aloitettiin Savonian Kuopion kampuksella ympäristötekniikan laboratoriossa ammoniakintestauksen ohessa. Kampuksella punnittiin ja merkattiin testauksessa apuvälineinä toimivat sukkahousut. Tämän jälkeen

mittalaseihin otettiin 250 ml kuitusavea ja pussitettiin ne sukkahousuihin (kuva 14.). Kuitusavinäytteet säilöttiin minigrip pusseihin seuraavana päivänä toteutettavaa testausta varten. Varsinainen nesteensitomiskyvyn testaus suoritettiin kotiolosuhteissa.



KUVA 15. Nesteensitomiskykyä testatessa kuitusavea laitettiin sukkahousujen sisään liotusta varten (Tikkanen 2020-10-22).

Nesteensitomiskyvyn määrittämisessä käytettiin lehmän virtsaa todennäköisen tilanteen luomiseksi. Virtsa kerättiin testejä edeltävinä päivinä ja samana päivänä lehmillä. Kokeessa näytteitä liotettiin virtsassa kuusi eripituista kertaa valuttaen näytteitä välissä. Liotuksen jälkeen näytteistä valutettiin ensin virtsa riiputtamalla näytteitä ensin kymmenen minuuttia, minkä jälkeen ne asetettiin ritilän päälle valumaan toiseksi kymmeneksi minuutiksi (kuva 16). Liotus- ja valutusajat vaihtelivat taulukon 3 mukaan. Testissä oli kolme kerrannetta. Kuitusaven virtsanimeiskyky saadaan, kun vähennetään näytteen alkupaino näytteen loppupainosta ja jakamalla erotus 0,25 litralla.

Taulukko 3. Liotus- ja valutusaikataulu

- Kuitusaven 1. punnitus kuivana
- 1 min liotus → 10 min riiputus + 10 min valutus → 2. punnitus
- 5 min liotus → 10 min riiputus + 10 min valutus → 3. punnitus
- 30 min liotus → 10 min riiputus + 10 min valutus → 4. punnitus
- 30 min liotus → 10 min riiputus + 10 min valutus → 5. punnitus
- 30 min liotus → 10 min riiputus + 10 min valutus → 6. punnitus
- 30 min liotus → 10 min riiputus + 30 min valutus → 7. punnitus



KUVA 16. Näytteitä liotettiin virtsassa, riiputettiin ilmassa ja asetettiin ritilän päälle valumaan, minkä jälkeen näytteet punnittiin ennen uutta liotusta (Tikkanen 2020-10-23).

6 TULOKSET

Tuloksissa esitellään kuitusaven sisältö, joka perustuu kuitusavesta teetettyyn analyysiin. Tuloksissa käydään läpi kuitusaven aistinvaraisia ominaisuuksia, kuitusaven kuiva-ainepitoisuutta sekä ammoniakin- ja nesteensitomiskyvyn testien tuloksia.

6.1 Kuitusaven sisältö

Stora Enson Eurofins-laboratoriossa teettämän analyysin mukaan kuitusavi sisältää typpeä, fosforia, kaliumia, arseenia, kadmiumia, kromia, kuparia, elohopeaa, nikkeliä, lyijyä ja sinkkiä. Niiden määrät kuitusavessa on esitelty taulukossa 4. Kuitusaven muut ominaisuudet, kuten pH, kuiva-ainepitoisuus ja tilavuuspaino on esitelty taulukossa 5. Analyysissa on todettu myös kuitusaven mikrobiologiset esiintyvyydet *E.colista* ja salmonellasta.

TAULUKKO 4. Kuitusaven maanparannusaineet ja raskasmetallit analyysi (21.1.2021).

Maanparannusaine	mg/kgka	g/tonni	g/m ³
Kokonaistyyppi	23	7,9	3,7
Vesiliukoinen typpi (N)	1,14	0,389	0,18
Vesiliukoinen fosfori (P)	11	3,8	1,8
Fosfori (P)	2,6	0,89	0,42
Kalium (K)	<1	0,34	<0,16
Arseeni (As)	<5,1	1,7	<0,8
Kadmium (Cd)	1,1	0,38	0,18
Kromi (Cr)	16	5,5	2,6
Kupari (Cu)	56	19	9,0
Elohopea (Hg)	0,08	0,03	0,01
Nikkeli (Ni)	16	5,5	2,6
Lyijy (Pb)	31	11	5,0
Sinkki (Zn)	150	51	24

TAULUKKO 5. Kuitusaven analyysissä (21.1.2021) todettuja ominaisuuksia.

Ominaisuus	Tulos
pH	5,9
Johtokyky	90,9 mS/m
Kuiva-aine	34,2 %
Kosteus	65,8 %
Tilavuuspaino	470 kg/m ³
<i>Escherichia coli</i>	3800 pmy/g
Salmonella, toteaminen	Ei todettu

6.2 Kuitusaven aistinvaraiset ominaisuudet

Tuore kuitusavi on ulkonäöltään tummaa ja huokoista, minkä lisäksi sillä on vahva pistävä haju. Sen ulkonäkö muistuttaa paljon turvetta, mutta siinä erottuu selkeästi pitempiä, pehmeitä puusäikeitä, toisinkuin turpeessa (kuva 17). Kuitusavi tuntuu kädessä todella pehmeältä, mutta hieman kokkareiselta. Kokkareisuutta aiheuttavat toisiinsa kiinni jääneet kuitusäikeet. Kokkareet kuitenkin hajoavat, kun niitä painaa ja hankaa.



KUVA 17. Vasemmassa laidassa oleva kuitusavi on ulkonäöltään oikeassa reunassa olevan turpeen kaltaista. Kutterinpuru (keskellä) on huomattavasti kuitusavea ja turvetta vaaleampaa. (Tikkanen 2020-10-22.)

Kuivattu kuitusavi (45,02 %) on edelleen hyvin pehmeää, mutta ei kokkareista, kuten tuore kuitusavi (35,98 %) (kuva 18). Kuivattu kuitusavi myös luonnollisesti tuntuu kuivemmalta ja muistuttaa rakenteeltaan turvetta vielä enemmän kuin tuore kuitusavi. Kuivattuna kuitusavi on myös miedomman hajuista, kuin tuore.



KUVA 18. Vasemmassa laidassa oleva kuivattu kuitusavi on hienojakoisempaa ja miedomman hajuisia kuin oikeassa laidassa oleva tuore kuitusavi (Tikkanen 2020-10-22).

6.3 Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus

Kuitusavinäytteiden SFS 3008 -standardin mukaisesti määritellyt kuiva-ainepitoisuudet esitellään taulukossa 6. Tuoreen kuitusavinäytteen kuiva-ainepitoisuus oli 35,98 %. Kuivauksen aikana näytteen kuiva-ainepitoisuus nousi 9,04 %, jolloin kuivatun kuitusaven kuiva-ainepitoisuus oli 45,02 %.

TAULUKKO 6. SFS 3008 -standardin mukaisesti määritellyt kuiva-ainepitoisuudet (Ka %) ja orgaanisen ja epäorgaanisen aineen määrä (%) tuoreesta kuitusavesta (n=4) ja kuivatetusta kuitusavesta (n=3).

	Kuiva-aine	Orgaaninen aine	Epäorgaaninen aine	Pikakuiva-analysointori
Tuore 1.	35,9	31,5	4,4	
Tuore 2.	35,7	31,9	3,8	
Tuore 3.	36,3	31,9	4,4	
Tuore 4.	36,0	32,1	3,9	
Ka %	35,98	31,76	4,13	39,28
Kuiva 1.	45,0	38,0	7,0	
Kuiva 2.	45,1	37,7	7,4	
Kuiva 3.	45,0	37,7	7,3	
Ka %	45,02	37,83	7,23	50,89

Taulukossa 6 esitetään kuitusavinäytteen kuiva-ainepitoisuuden lisäksi orgaanisen ja epäorgaanisen aineen prosentuaaliset määrät. Tuloksista voidaan huomata, että kuivatun kuitusaven epäorgaanisen aineen määrä on suurempi kuin tuoreen kuitusaven.

Taulukossa 6 on esillä myös näytteistä otettujen pikakuiva-analysien tulokset. Kuivattu kuitusavinäyte oli tarkoitus ennen kokeita kuivattaa 60 kuiva-aineprosenttiin ja tulos pyrittiin varmistamaan pikakuiva-analysaattorin avulla. Verrattaessa virallista kuiva-ainepitoisuutta ja pikakuiva-analysaattorin tulosta huomataan kuitenkin, että pikakuiva-analysaattorin tulos kummastakin näytteestä on noin viisi prosenttia suurempi.

6.4 Kuitusaven ammoniakinsitomiskyky

Ammoniakinsitomiskyvyn testauksessa näytteitä pidettiin koeasetelmassa yhteensä 96 tuntia. Ammoniakinsitomiskyvyn testaus päättyi kuitenkin ilman tuloksia, sillä kaikilla mittauskerroilla ammoniakin määrä oli jokaisessa näytteessä nolla. Ammoniakin määrä myös pelkkää virtsaa sisältävässä näytteessä oli nolla (kuva 21).



KUVA 21. Ammoniakin (NH₃) pitoisuus pelkkää virtsaa sisältävässä pullossa oli vielä 96 tunnin kuluttua kokeen aloituksesta edelleen nolla (Tikkanen 2020-10-22).

6.5 Kuitusaven nesteensitomiskyky

Ensimmäisessä punnituksessa tuoreen kuitusaven alkupainot vaihtelivat 76-78,5 gramman välillä. Kuivatun kuitusaven alkupainot vaihtelivat 71-75 gramman välillä. Kuivattu kuitusavi oli siis muutamia grammoja tuoretta kuitusavea kevyempää. Ensimmäisen, eli minuutin pituisen liotuksen ja yh-

teensä kahdenkymmenen minuutin valutuksen jälkeen, kaikkien näytteiden paino oli lähes tuplaantunut. Toisen, eli viiden minuutin pituisen liotuksen ja kahdenkymmenen minuutin valutuksen jälkeen, kaikkien näytteiden paino oli edelleen kohonnut, 10,5-38 grammaa. Ensimmäisen kolmenkymmenen minuutin liotuksen ja kahdenkymmenen minuutin valutuksen jälkeen, paino oli yhä kaikissa näytteissä kohonnut, mutta toisen samanlaisen toiston jälkeen näytteessä "1. tuore", paino oli laskenut puolitoista grammaa tuntemattomasta syystä.

Kolmannessa kolmenkymmenen minuutin liotuksessa ja kahdenkymmenen minuutin valutuksessa paino laski edelleen näytteessä "1. tuore", mutta lisäksi myös näytteessä "6.kuiva". Näytteessä "5.kuiva" paino pysyi samana. Muissa näytteissä paino jatkoi lievää nousua. Viimeisen, kolmenkymmenen minuutin liotuksen ja pidennetyt, neljänkymmenen minuutin pituisen valutuksen jälkeen, paino oli kohonnut näytteissä "1.tuore", "3.tuore", "4.kuiva" ja "6.kuiva". Paino oli laskenut näytteissä "2.tuore" ja "5.kuiva". Punnitusten tulokset on esitetty taulukossa 7, painoissa on mukana kokeissa käytettyjen sukkahousujen painot. Sukkahousun painojen vähentäminen näytteiden painoista ei vaikuta tuloksiin.

TAULUKKO 7. Tuoreen (n=3) ja kuivatun (n=3) kuitusavinäytteen painot (g) seitsemällä eri punnituskerralla.

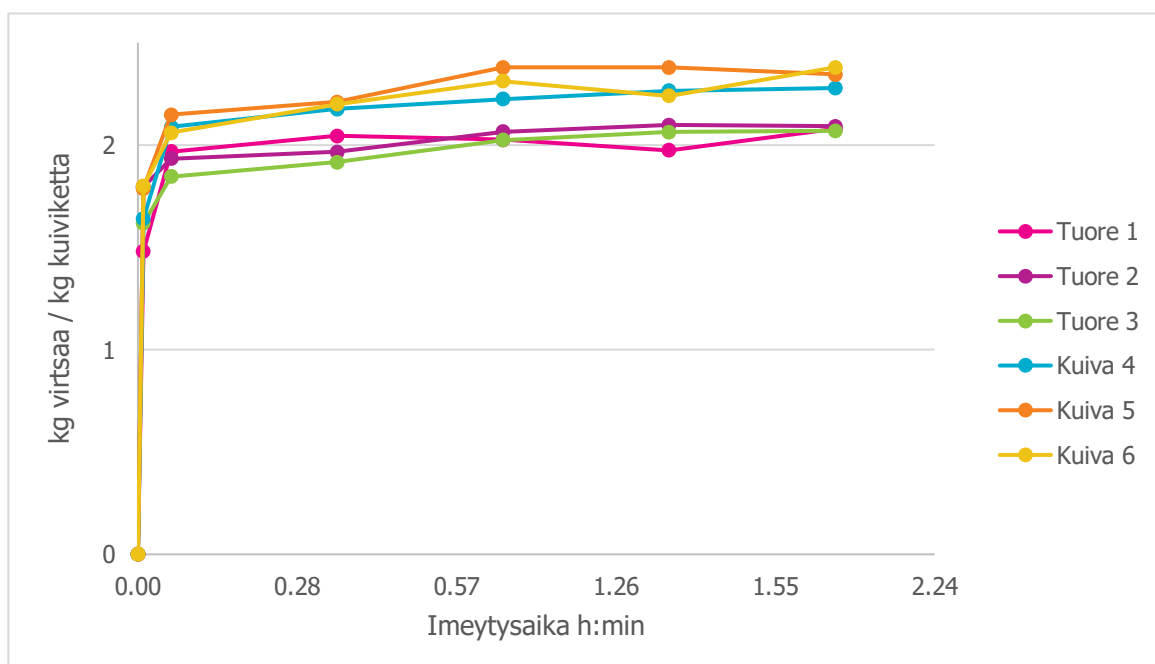
Näyte	Punnituskerta						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.tuore	78,0	115,5	153,5	159,5	158,0	154,0	162,5
2.tuore	76,0	136,5	147,0	149,5	157,0	159,5	159,0
3.tuore	78,5	127,0	145,0	150,5	159,0	162,0	162,5
4.kuiva	73,5	120,5	153,5	160,0	163,5	166,5	167,5
5.kuiva	71,0	127,0	152,5	157,0	169,0	169,0	166,5
6.kuiva	75,0	135,0	154,5	165,0	173,5	168,0	178,5

Nesteensitomiskyvyn testauksen tuloksista pystyttiin johtamaan kuitusavinäytteiden virtsanimemiskyky, eli montako grammaa virtsaa litra kuitusavea pystyy imemään. Litra tuoretta kuitusavea kykenee imemään 335 grammaa virtsaa, kun taas litra kuivattua kuitusavea voi imeä 391 grammaa virtsaa. Taulukosta 8 voidaan huomata, että kuiva-ainepitoisuuden kohotessa imemiskyky kasvaa.

TAULUKKO 8. Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus (%) ja virtsanimemiskyky (g virtsaa/1 litra kuitusavea)

Näyte	Kuiva-aine %	Imemiskyky
Kuitusavi 1	35,98	335,33 g
Kuitusavi 2	45,02	390,66 g

Kuviossa 2. on esitetty kuitusaven nestepainon lisäys imeytyksen aikana. Sekä tuore että kuiva kuitusavi jatkavat pääsääntöisesti nestepainon lisäystä imeytysajan loppuun asti. Kuitusaven nesteensitomisenopeus on melko keskimääräinen.



KUVIO 2. Kuitusaven nestepainon (kg virtsaa/kg kuiviketta) lisäys imeytyksen aikana (h:min)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyö on esiselvitys kuitusaven kuivikeominaisuuksista. Opinnäytetyössä tutkittiin kuitusaven sisältöä, aistinvaraisia ominaisuuksia sekä sen ammoniakki- ja nesteensitomiskykyä. Näiden opinnäytetyössä selvitettyjen kuivikeominaisuuksien lisäksi on oleellista tutkia kuitusaven vaikutusta eläinten terveyteen ennen kuitusaven mahdollista kuivikekäyttöä. Johtopäätöksissä verrataan kuitusavesta saatuja tuloksia Suomessa eniten käytettyihin kuivikemateriaaleihin, kutteriin ja turpeeseen.

Kuitusavi on turpeeseen ja kutteriin verrattuna hyvin painavaa sen matalan kuiva-ainepitoisuuden takia. Kutterin tilavuuspaino on 60-150 kg/m³, sahanpurun 120-210 kg/m³ ja turpeen tilavuuspaino 120-180 kg/m³ (Alasuutari ja Palva 2014, 4). Kuitusaven tilavuuspaino, 470 kg/m³, on kaksinkertainen kaikkiin edellä mainittuihin kuivikemateriaaleihin verrattuna. Kuivikkeen paino on oleellista kuivitustyön rasittavuuden ja laadun kannalta. Suurimmalla osalla tiloista (n=266, 61%) kuivitustyö tehdään yhä käsin (Blomberg ym. 2020), minkä lisäksi myös koneellistettu kuivitus vaatii usein joitakin fyysisiä vaiheita, esimerkiksi kuivikepaalin nostamista koneen kyytiin. Käsin kuivitettaessa kuiviketta levitetään parteen usein myös liian vähän (Alasuutari ja Palva 2014, 2). Jos kuivike on painavaa, tehdään kuivitustyö käsin todennäköisesti vielä huonommin, jotta rasittavan työvaiheen saisi mahdollisimman nopeasti valmiiksi.

Aineiden happamuus ilmaistaan pH-asteikolla 1-14, joista asteikot 1-6 ovat happamia, 7 on neutraali ja 8-14 ovat emäksisiä. Turvetta pidetään hyvänä kuivikemateriaalina sen matalan pH:n ansiosta. Kuiviketurpeen pH on neljä (4) (Vapo 2014). Kuitusaven pH on 5,9, mikä on lievästi happaman puolella. Alustan happamuus vaikuttaa mikrobien kasvuun, sillä vain harva bakteeri pystyy kasvamaan alle neljän pH:ssa. Homeet ja hiivat taas kestävät happamuutta bakteereja paremmin. (Ruokavirasto s.a.) Happamuudeltaan ja siten mikrobialttiudeltaan turve on kuitusavea paremmassa asemassa.

Kuitusavi on aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan hyvin turpeen kaltaista, mitä voi pitää hyvänä asiana, ottaen huomioon turpeen suosion Suomessa. Käytössä olevista kuivikkeista turvetta pidetään parhaimpina materiaalina lehmien kinnerten kannalta, kun taas kutteri voi tunnetusti olla terävää ja tikkuista, varsinkin ohuena kerroksena (Alasuutari ja Palva 2014, 4–5). Kuitusavi on hyvin pehmeää, mikä antaa sille kilpailukykyä niin turvetta kuin kutteria vastaan. Lypsykarjatilalliset pitävät kuivikkeen makuumukavuutta yhtenä kuivikkeen tärkeimmistä ominaisuuksista (Blomberg ym. 2020), minkä vuoksi tilallinen voi olla halukkaampi valitsemaan kuitusaven ennemmin kuin kutterin. Tuoreen kuitusaven haju on kuitenkin yllättävän pistävä ja vahva, mikä voi vaikuttaa tuottajien halukkuuteen käyttää kuiviketta varsinkin navetan sisällä.

Opinnäytetyössä tutkittiin kuitusaven ammoniakinsitomiskykyä. Ammoniakinsitomiskyvyn kokeessa ei kuitenkaan havaittu ammoniakki osalta minkäänlaista vaihtelua kokeen aikana tehdyissä mittauksissa ja koe päättyi 96 tunnin jälkeen nollatuloksiin kaikissa näytteissä, myös pelkässä virtsanäytteessä. Tuloksien ei pitäisi johtua mittarina toimineen BIOGAS 5000 -laitteen kunnosta, sillä se oli ollut huollossa ja kalibroitava juuri ennen kokeiden suorittamista. Lisäksi laite on toiminut moit-

teettomasti muissa kokeissa, joissa sitä on käytetty ammoniakkin mittaukseen. Kaikista todennäköisintä on se, että ammoniakki on päässyt haihtumaan pulloista kokeita edeltäneen yön aikana tuplakorkeista huolimatta. Opinnäytetyössä pohdittiin myös uuden testauksen toteuttamista pienemässä mittakaavassa esimerkiksi navetta-ympäristössä, jotta ammoniakkin haihtumiselta vältyttäisiin. Uusi testaus päätettiin kuitenkin jättää suorittamatta, kun opinnäytetyön laajuus ja luotettavan koeasteleman vaatavuus otettiin huomioon.

Ammoniakin sitomiskyvyn lisäksi kuitusavesta tutkittiin sen nesteensitomiskykyä. Taulukossa 9 on vertailtu tämän opinnäytetyön tuloksia turpeen, kutterin ja sahanpurun nesteensitomiskykyyn (*Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta* -tutkimushanke). Kutterista ja turpeesta on kummastakin kaksi eri näytettä, koska niiden kuiva-ainepitoisuudet ovat erilaiset. Turpeen imemiskyky on vertailussa olevista materiaaleista suurin, kuivemmalla turpeella 474 ja märemmällä turpeella 640 grammaa virtsaa/litra kuiviketta. Toiseksi suurin imukyky on kuitenkin kuitusavella, tuloksilla 335 ja 391 grammaa virtsaa/litra kuiviketta. Tuoreen kuitusavinäytteen tulos eroaa sahanpurun tuloksesta, 332 grammaa virtsaa/litra kuiviketta, vain kolmella grammalla. Ylittäen vähiten imukykyä vertailtavissa materiaaleissa on kutterilla, jonka kuiva-ainepitoisuus on kuitenkin kaikista korkein. Kutterin imukyky on märemmällä näytteellä 142 ja kuivemmalla näytteellä 328 grammaa virtsaa/litra kuiviketta.

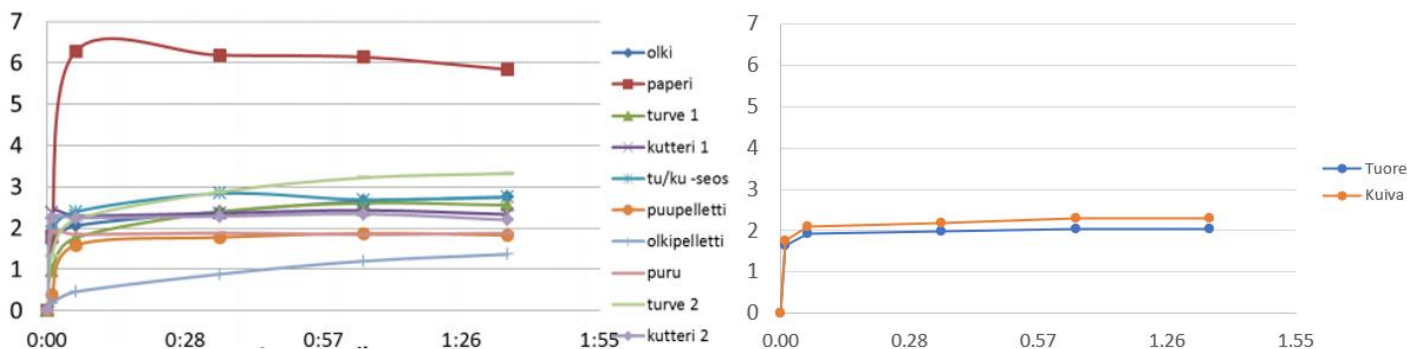
TAULUKKO 9. Kuitusaven, turpeen, kutterin ja sahanpurun kuiva-ainepitoisuus ja virtsanimemiskyky (g virtsaa/1 litra kuiviketta).

Näyte	Kuiva-aine %	Imemiskyky g
Kuitusavi 1	35,98	335
Kuitusavi 2	45,02	391
Turve 1	59,1	474
Turve 2	46,9	640
Kutteri 1	88,2	328
Kutteri 2	87,6	142
Sahanpuru	86,2	332

Tuloksia vertaillessa on hyvä ottaa huomioon näytteiden kuiva-ainepitoisuuksien erot. Kuitusaven kuiva-ainepitoisuus on kummankin näytteen osalta kaikista matalin, mutta ylittää imemiskyvyltään silti toiseksi parhaimmalle sijalle. Lähimpänä kuitusaven kuiva-ainepitoisuuksia on kosteampi turvenäyte, "turve 2". Kutterin ja sahanpurun kuiva-ainepitoisuudet ovat kaksinkertaiset kuitusaveen verrattuna, mutta jäävät silti imukyvyssään kuitusaven alapuolelle. Tämä voisi johtua esimerkiksi materiaalien erilaisesta partikkelikoosta. Kuitusavi ja turve ovat huokoisia ja partikkelikooltaan isoja, minkä ansiosta partikkelien sisään ja väleihin mahtuu myös nestettä sidottavaksi. Vaikka kutterin ja sahanpurun kuiva-ainepitoisuudet ovat muita materiaaleja huomattavasti suurempia, on niiden partikkelikoko myös pienempi, minkä takia vesi ei mahdu imeytymään niihin. Samasta syystä kuivemmalla turpeella voi olla kosteampaa turvetta huonompi imemiskyky.

Kuivatulla kuitusavella on tuoretta kuitusavea parempi imemiskyky (taulukko 3). Kuiva-ainepitoisuuden noustessa yhdeksän prosenttia, nesteensitomiskyky nousi 17 prosenttia. On huomionarvoista pohtia, kuinka paljon kuitusaven nesteensitomiskykyä voitaisiin kasvattaa kuivaamalla kuitusavea entisestään. Jos oletettaisiin imemiskyvyn jatkava kasvuaan 17 prosenttia kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa yhdeksän prosenttia, olisi kuiva-ainepitoisuudeltaan 63 prosenttisen kuitusaven nesteensitomiskyky jo 524 grammaa virtsaa per litra kuitusavea. Kokeita varten kuivatetun kuitusavinäytteen kuivaus vain 9 prosenttia kuivemmaksi kesti kuitenkin yhteensä kaksikymmentä tuntia. Suurien määrien kuivatus, edes muutamia prosentteja kuivemmaksi, tulisi todennäköisesti olemaan siis melko kallista. Kuitusavi on kuiva-ainepitoisuudeltaan tuotantoprosessin jälkeen pääsääntöisesti kuitenkin 35-40 %, eli teoriassa riittävästi kuivikkeelle, kunhan se ei osoittaudu mikrobeille edulliseksi kasvualustaksi.

Eri kuivikemateriaalien nesteensitomisnopeutta tutkittiin *Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta* – tutkimushankkeessa. Hankkeen tutkimuksessa paperi kastui materiaaleista nopeiten ja se alkoi imeytyksen edetessä menettää nestepainoaan. Hitaiten kastuivat olki, turve ja olkipelletti. Niiden nesteensitominen jatkui koko imeytyksen ajan. Kun verrataan tutkimushankkeen tuloksia ja opinnäytetyössä saatuja kuitusaven tuloksia (kuva 22), voidaan huomata, että kuitusaven nesteensitomisnopeus on melko samankaltainen kuin kutterilla.



KUVA 22. *Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta* -tutkimushankkeen ja kuitusaven nesteensitomisnopeuden tulokset rinnakkain.

Painava lehmä viettää suurimman osan päivästäan makuulla, jos sille suodaan siihen sopivat puitteet (ETU 2006, 2-6). Hyvän kuivikkeen avulla lehmän makuualueesta voidaan tehdä pehmeä, kuiva ja pitävä, jotka kaikki edistävät lehmän makaamista ja hyvinvointia. Kuitusavi sopii kuivikkeeksi näiden ominaisuuksien osalta, sillä se on imukykyistä ja pehmeää. Nämä piirteet ovat kuivikkeen tärkeimpiä ominaisuuksista, kun tutkitaan sekä lehmän tarpeita että lypsykarjayrittäjien mielipiteitä.

Lokakuussa 2020 ilmestyneen KVMET (5/2020) -lehden pääkirjoituksessa, *Kuiviketurve on yksi kilpailuetu*, pohdittiin kuiviketurpeen tulevaisuutta polttoturpeen verotuksen kiristyessä. Polttoturpeen noston vähentyessä kuiviketurpeen nostoa varten perustettavien turvetuotantoalueiden perustamiskulut jäävät tulevaisuudessa kokonaan kuivike- ja kasvuturpeen taakaksi. Tällöin myös kuiviketurpeen hinta tulee nousemaan. Pääkirjoituksessa mainitaan kiihtynyt tutkimus vaihtoehtoisista kuivikeista. Kuitusaven kaltaiset uudet mahdolliset kuivikemateriaalit ovat siis enemmän kuin tervetulleita

markkinoille. Kuitusavi on nesteensitomiskyvyiltään samalla tasolla kuin kuivituksessa nykyään paljon käytetty kutteri, minkä lisäksi kuitusavi on pehmeää ja edistää kiertotaloutta.

Vaihtoehtoisia kuivikemateriaaleja etsitään, jos perinteisten kuivikkeiden hinnat kohoavat tai niiden saatavuus heikkenee. Vaihtoehtoiseen kuivikemateriaaliin vaihtaminen voi tarjota tilaisuuden kuivikekustannusten karsimiseen tai eläinten terveyden ja hyvinvoinnin parantamiseen. On kuitenkin asiointia, joita tilallisen tulee ottaa huomioon ennen uuteen kuivikemateriaaliin vaihtamista. Ensinnäkin jokaisen tilan on pohdittava kuivikkeen sopivuutta oman tilansa kuivikkeiden varastointiin, kuivitustapaan ja lantajärjestelmään. Jos uusi kuivikemateriaali ei sovi näihin puitteisiin, vaatisi kuivikemateriaalin vaihto suurempia investointeja. Myös uuden kuivikkeen luotettava saatavuus on tärkeää, jotta kuiviketta tullaan saamaan vuoden ympäri. Uuden kuivikemateriaalin ei tulisi aiheuttaa lisätyötä entiseen kuivikkeeseen nähden. (Lebeau ja Niraula 2018.)

Kuitusaven lopullista markkinahintaa ei ole vielä määritelty, mutta toimeksiantajan mukaan se tulisi tuoreena tavarana olemaan edullisempaa kuin turve ja kutteri. Lopulliseen markkinahintaan vaikuttaa kuitenkin kuitusaven päämäärän etäisyys Stora Enson tehtaaseen, eli millainen vaikutus rahtikustannuksella tulisi olemaan loppuhinnassa. Myös kuitusaven varastointi vaikuttaa hintaan. Irtotavarana hinta ei nouse, mutta tällöin tilalla tulisi olla mahdollisuus varastoida kuitusavi kuivaan paikkaan, josta se noudetaan tuotantotiloihin. Pakattuna kuitusaven hinta nousisi, kuten kaikilla muillakin kuivikkeilla, mutta samalla se lisäisi tehtaan toimintaan uusia työvaiheita ja vaatisi pakkausmateriaalien hankintaa. Kuiviketturpeen tuotannon vähentyessä, Stora Enso voisi tarjota tiloille kuitusavea kuivikkeeksi, ympärivuotisesti. Stora Enson Varkauden tehdas tuottaa ympäri vuoden yhteensä 25 000 tonnia kuitusavea.

Viime vuosina keskusteluihin on noussut lypsykarjatalouden ekologisuus ja rooli ilmastonmuutoksessa. Suurin osa lypsykarjatalouden päästöistä johtuu lehmistä itsestään (Virkajärvi ja Järvenranta s. a., 3). Lehmien jalostus ekologisemmiksi on kuitenkin vielä varsin hidasta, minkä takia on kannattavaa etsiä myös muita tapoja vähentää lypsykarjantuotannosta syntyviä ilmastopäästöjä. Kuivikkeita kulutetaan lypsykarjatilalla päivittäin, minkä takia myös kuivikevalinnalla voidaan vaikuttaa tilan kokonaispäästöihin. Kuitusaven yksi kiistattomista eduista on sen kiertotalousnäkökulma. Kuitusavi on jäteveden puhdistuksen ohessa syntyvä sivutuote, minkä takia sen tuotanto ei lisää komponenttien ja energian kulutusta.

Kuitusaven kaltaista vaihtoehtoista kuiviketta voidaan jo mahdollisesti käyttää maissa, joissa on paljon paperiteollisuutta, kuten esimerkiksi Kanadassa, Yhdysvalloissa tai Venäjällä. Kanadan Ontariossa vaihtoehtoisina kuivikemateriaaleina nähdään paperituotteet, kuten paperisilppu, -liete ja -kuitu (Lebeau ja Niraula 2018). Kuitusaven tapaista paperilietettä on testattu ja käytetty broilieren kuivikkeena Espanjassa ja Yhdysvalloissa. Eräässä broilereille tehdyssä kuivituskokeessa todettiin, että kuitusaven tapainen paperitehtaan jäteveden sivutuote oli vertailukelpoinen, jos ei jopa parempi kuivikemateriaali broilereille tavalliseen sahanpuruun verrattuna (Fairchild, Kiepper ja Ritz 2019).

Alustavien tutkimusten mukaan kuitusavi soveltuu kuivikkeeksi nesteensitomiskyvyltä ja kuiva-ainepitoisuudelta, minkä lisäksi se on pehmeän tuntuista. Kuitusaven kemikaalista ja bakteriologista sisältöä sekä kuivikkeen turvallisuutta eläimille, ihmisille ja tuotettaville elintarvikkeille olisi kuitenkin hyvä tutkia ennen kuitusaven kuivikekäyttöä. Opinnäytetyö on esiselvitys kuitusaven kuivikeominaisuuksista. Opinnäytetyössä on tutkittu kuitusaven nesteensitomiskykyä ja sen muita ominaisuuksia, kuten fysikaalisia ominaisuuksia, nesteensitomisnopeutta ja kuitusaven kadmiumkertymää. Opinnäytetyössä on myös otettu huomioon lypsykarjayrittäjien mielipiteet kuivikkeen tärkeimmistä ominaisuuksista kuivikekyselyn avulla. Tulevaisuudessa kuitusavesta tulisi tehdä eläinterveyden asiantuntijoiden hyväksymä jatkoselvitys ennen kuivikekäyttöä. Tärkeintä kuitenkin on, että uusi kuivikemateriaali ei aiheuta vaaraa eläinten terveydelle ja hyvinvoinnille.

8 PÄÄTÄNTÖ

Opinnäytetyön tekoon liittyi monenlaisia eettisiä periaatteita. Teoriaosaa kirjoittaessani perehdyin monenlaisiin näkökulmiin aiheesta ja valikoin lähteiksi mielestäni luotettavimmat lähteet. Viittasin lähteisiin Savonian raportointiohjeiden mukaisesti ja tein työn loppuun lähdeluettelon kaikista opinnäytetyössäni käytetyistä lähteistä. Tutkimuksia tehdessäni pyrin kirjaamaan kaiken mahdollisen muistiin, jotta tuloksia raportoitaessa pystyttäisiin huomioimaan tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneet tekijät. Tulokset esitellään opinnäytetyössä sellaisena kuin ne on saatu tutkimuksesta. Validiteetti, eli pätevyys, ja reliabiliteetti, eli toistettavuus, kertovat työn luotettavuudesta. Työ on luotettava, kun työssä tutkitaan sitä, mitä on aiottu tutkia, ja kun tutkimuksen voi toistaa uudelleen samanlaisin tuloksin. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2007, 226–228.)

Myös opinnäytetyön aihe on hyvin eettinen. Kuivikemateriaalilla on erittäin vahva yhteys lehmän hyvinvointiin, minkä lisäksi se vaikuttaa myös työntekijän hyvinvointiin sekä elintarvikehygieniaan. Kuivikkeen turvallisuuteen voivat vaikuttaa sen mikrobinen sisältö ja käsittelyssä käytetyt aineet, joihin ei tässä opinnäytetyössä vielä syvemmin perehdytty. Kuivikkeen tulee edistää lehmien puhtautta. Kuivike ei saa altistaa lehmiä utaretulehduksille, kinnervaurioille ja niiden kautta niveltulehduksille. Tulehdukset heikentävät niin lehmän hyvinvointia, kuin myös tuotettavien elintarvikkeiden laatua. Huono kuivike voi vaarantaa elintarvikehygieniaa myös, jos kuiviketta pääsee kosketuksiin maidon kanssa esimerkiksi lypsijien kautta. Kuivike ei saa olla sisällöltään vaarallista myöskään kuivikkeen kanssa työskenteleville ihmisille.

Opinnäytetyö on esiselvitys kuitusaven kuivikeominaisuuksista, joten siitä ei voida vetää suoria johtopäätöksiä kuitusaven sopivuudesta kuivikekäyttöön. Opinnäytetyössä tutkittiin kuitusaven nesteensitomiskykyä, aistinvaraisia ominaisuuksia sekä sisältöä, minkä lisäksi sitä verrattiin Suomessa yleisimmin käytettyihin kuivikemateriaaleihin. Tutkitut ominaisuudet ovat erittäin oleellisia kuivikekäytön kannalta, ja opinnäytetyön sisältöä suunnitellessa niiden tutkiminen ennen kenttätutkimukseen vie mistä koettiin tärkeäksi. Jos kuitusavi ei olisi vertailukelpoinen käytössä oleviin kuivikkeisiin sen kuiva-ainepitoisuuden, nesteensitomiskyvyn, aistinvaraisten ominaisuuksien ja esimerkiksi sen hinnan suhteen, ei kuitusaven tutkintaa kannattaisi jatkaa edelleen. Jos kuitusavi osoittautuisi opinnäytetyössä pehmeydeltään tai nesteensitomiskyvyltään puutteelliseksi, olisi se jo perusominaisuuksiltaan lypsykarjan hyvinvoinnille vaarallinen.

Kuitusaven turvallisuutta kuivikkeeksi on tärkeää tutkia lisää, jotta voidaan nähdä, onko kuitusavella vaikutusta lehmien tai karjan kanssa työskentelevien terveyteen. Jotta kuitusavi voidaan todeta turvalliseksi käyttää, on oleellista, että sen alttiutta mikrobien kasvulle tutkitaan. Myös kuitusavella toteutettu kuivituskoe toisi lisätietoa kuitusaven vaikutuksista lehmien puhtauteen, kinnervaurioiden syntymiseen ja utareterveyteen. Kuivituskokeen toteuttaminen on tärkeää, jotta kuitusaven vaikutuksia voidaan tutkia hallitusti tarkoin suunnitellussa koeasetelmassa, jolloin nimenomaan kuitusaven vaikutuksista eläinten hyvinvointiin saadaan mahdollisimman todenmukaisia tuloksia.

Opinnäytetyön eettinen näkökulma ulottuu myös kuivikkeiden saatavuuteen ja ympäristöystävällisyyteen. Tulevaisuudessa kuiviketurpeen saatavuus voi vähentyä ja sen hinta nousta. Vähentyneiden kuivikeresurssien tilalle on saatava jatkossa vastuullisesti tuotettuja, turvallisia kuivikkeita, joiden hinta on kilpailukykyinen ja kannustaa lypsykarjatilallisia käyttämään kuivikkeita. Ilmastonmuutoksen myötä kaikkien tuotantopanosten ekologisuutta tarkkaillaan yhä enenevässä määrin. Lypsykarjatalouden osaa ilmastonmuutokseen on viime aikoina nostettu yhä enemmän esille ja esimerkiksi Valio on alkanut laskemaan tuottajatiloilleen hiilijalanjälkiä.

Opinnäytetyössä validiteetti toteutuu hyvin, sillä työssä keskityttiin tutkimaan kuivikkeen kannalta oleellisia asioita, kuten sen pehmeyttä, ammoniakinsitomiskykyä ja nesteensitomiskykyä. Myös työn reliabiliteetti toteutuu varsinkin nesteensitomiskyvyn testauksen kannalta, sillä koeasetelma ja tuloksiin päätyminen on esitelty mahdollisimman tarkasti. Nesteensitomiskyvyn reliabiliteettia vahvistaa myös se, että sen koeasetelma on peräisin toisesta tutkimushankkeesta.

Ammoniakinsitomiskyvyn testaus opinnäytetyössä epäonnistui, ja koe päättyi kaikkien näytteiden osalta nollatulokseen. Nollatulokseen päätyminen johtui mitä luultavimmin siitä, että virtsanäytteiden ammoniakki oli tuplakorkeista huolimatta päässyt haihtumaan pois. Testauksen luotettavuutta olisi parantanut huolellisempi koeasetelman suunnitteleminen. Opinnäytetyötä varten koeasetelma suunniteltiin vasta kokeiden suorittamispäivänä eikä siihen ollut käytettävissä valmista koeasetelmaa, jota opinnäytetyössä olisi voitu hyödyntää luotettavampien tuloksien saamiseksi. Ammoniakinsitomiskyvyn testauksen koeasetelma on esitelty opinnäytetyössä mahdollisimman tarkasti, mutta sen reliabiliteetti on huono, koska joku toinen kokeen toteuttava saattaisi saada näytteistä ammoniakin tuloksia, jos ammoniakki ei ole ennättänyt haihtua pois.

Nesteensitomiskyvyn testissä toistettiin *Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta* - tutkimushankkeen koeasetelma, jotta kuitusaven tuloksia voitaisiin luotettavasti verrata Suomessa eniten käytettyjen kuivikemateriaalien tuloksiin. Nesteensitomiskyvyn testaus tapahtui kotiolosuhteissa, lypsykarjatilalla karjakeittiössä, koska koetta ei ennätetty toteuttamaan laboratoriopäivänä. Lypsykarjatilalla karjakeittiö oli kaikista käytännöllisin paikka toteuttaa koe, jossa käsiteltiin kuitusavea ja lehmän virtsaa. Tutkimuksen luotettavuutta laboratoriota huonommissa olosuhteissa pyrittiin parantamaan valmistelemalla koe huolellisesti laboratoriossa kunnollisten mittausvälineiden ja laitteiden kanssa. Kokeen luotettavuutta pyrittiin parantamaan myös lainaamalla laboratorion tarkkuusvaakaa kokeiden toteuttamiseen. Nesteensitomiskokeen toteutus sujui ilman keskeytyksiä ja sen koeasetelmassa määritellyjä liotus-, riiputus- ja valutusaikoja seurattiin ajastimen kanssa. Punnitustulokset tuplakirjattiin muistiinpanovihkoon, jotta tuloksien väärinkirjaukselta vältyttäisiin. Luotettavuuteen voi kuitenkin vaikuttaa mahdolliset tulkinta- ja mittausvirheet, varsinkin, kun nesteensitomiskyvyn testaus tapahtui kenttäolosuhteissa. Luotettavuutta voi horjuttaa se, ettei kokeessa ole pohdittu apuvälineenä käytettyjen sukkahousujen vaikutusta nesteensitomiskykyyn. Kokeen olisi voinut toteuttaa purkamalla liotetut näytteet vaa'alle, jolloin sukkahousujen nesteensitominen ei voisi vaikuttaa kokeen tuloksiin. Tämä olisi kuitenkin lisännyt kokeisiin käytettävää aikaa huomattavasti, kun kuitusavinäytteitä olisi pitänyt pussittaa sukkahousuihin kokeen aikana useita kertoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuitusaven soveltuvuutta lypsykarjan kuivikkeeksi. Tavoitteen saavuttamiseksi perehdyin opinnäytetyön teoriaosiossa syvällisesti lypsykarjan kuivitukseen, Suomessa eniten käytettyihin kuivikemateriaaleihin sekä kuitusaven syntyprosessiin. Teorian lisäksi suoritin opinnäytetyössä ammoniakkin – ja nesteensitomiskyvyn tutkimukset yhteistyössä Biosfääri-hankkeen kanssa. Tulokset kuitusaven nesteensitomiskyvystä olivat rohkaisevia.

Kuitusavi näyttäisi opinnäytetyössä tehdyn esiselvityksen mukaan soveltuvan kuivikekäyttöön sen nesteensitomiskyvyltä, mutta sen vaikutusta niin eläinten kuin ihmisten terveyteen tulisi tutkia huolellisesti ennen sen käyttöönottamista. Kuitusavi on pehmeää ja imukykyistä, mitkä ovat tärkeitä ominaisuuksia lehmän kannalta. Samat ominaisuudet nousevat tärkeiksi myös lypsykarjatilallisten mielipiteissä. Lypsykarjatilallisten mielestä myös kuivikkeen hygienisyys on yksi kuivikkeen tärkeimmistä ominaisuuksista, mikä edelleen antaa lisää syytä tutkia kuitusaven sisältöä ja vaikutusta esimerkiksi lehmien utareterveyteen. Tulevaisuudessa kuitusavea kannattaisi tutkia navettaolosuhteissa kuivituskokeen muodossa, jolloin päästäisiin tutkimaan kuitusaven vaikutusta lehmien puhtauteen ja utareterveyteen. Samalla päästäisiin tutkimaan kuitusaven käyttäytymistä sitä levitettäessä, parressa ja lantajärjestelmässä. Kuitusaven soveltuvuutta myös muiden eläinryhmien ja -lajien kuivitukseen voisi tutkia, kuten vasikoille ja hiehoille, lihantuotannossa, siipikarjalla tai sioilla.

Kuitusaven soveltuvuutta kuivikkeeksi tulee tutkia myös peltojen lannoituksen näkökulmasta, kuten Biosfääri-hankkeessa ollaan tehty. Karjatilalla kuivike sekoittuu lantaan ja virtsaan, minkä myötä sen loppusijoituskohde on aina pelto. Kuten opinnäytetyössä mainittiin, esimerkiksi kadmiumkertymä voi tulla olennaisesti vastaan kuitusaven lannoitekäytössä, vaikka se sopisi hyvin nimenomaan kuivitukseen.

Nykyisin kuitusavea käytetään energiantuotannossa Stora Enson tehtaalla ja maanrakennuksessa. Opinnäytetyön myötä toimeksiantaja voi paremmin tutkia kuitusaven mahdollisia käyttökohteita. Opinnäytetyössä tehty esiselvitys antaa tärkeää pohjatietoa kuitusaven soveltuvuudesta lypsykarjan kuivikkeeksi. Sitä voidaan myös hyödyntää kuitusaven markkinoinnissa, jos kuitusavi osoittautuu myös käytännön kuivituskokeessa sopivaksi kuivikkeeksi.

Kuitusaven käyttöä lypsykarjan kuivitukseen ei ole vielä tähän mennessä tutkittu opinnäytetyössä, mikä tekee opinnäytetyöstä ainoan laatuaan. Se on aiheena myös hyvin ajankohtainen turvetuotannon hiipumisen ja maatalouden ekologisuuden näkökulmasta. Nykyisen, uusia kuivikemateriaaleja kaipaavan tilanteen takia toivon, että kuitusavi voisi tulevaisuudessa olla jollain tapaa osa ratkaisua. Jos ei ainoana lypsykarjatilalla kuivikemateriaalina, niin kenties sekoituksena, jolloin kaksi erilaista kuivikemateriaalia voivat tuoda kuivikesekoitukseen omat vahvuutensa täydentämään toisen heikkouksia. Kuitusavi voi tuoda sekoitukseen varsinkin pehmeyttä, minkä lisäksi sen nesteensitomiskyky on hyvä. Se on myös halpaa ja hyvin saatavaa.

Opinnäytetyön aihe sai minut innostumaan jo ensikättelyssä. Innostus jatkoi kasvuaan ja opinnäytetyön työstö sujui ilman sen suurempia kipuiluja kaikkien mukana olleiden henkilöiden asiantunte muksen ansiosta. Opinnäytetyön myötä olen kasvanut kirjoittajana, oppinut paljon tutkimuksen suorittamisesta ja ymmärtänyt, mitä jonkun aiheen asiantuntijuus vaatii taustalleen.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ALASUUTARI, Sakari 2011. Kuivikkeiden varastointi ja kuivitusmenetelmät [verkkodokumentti]. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 8/2011. [Viitattu 2020-03-10.] Saatavissa: <https://www.tts.fi/>
- ALASUUTARI, Sakari 2013. Kuivituskäytännöt uusissa pihattonavetoissa, osa 2: Lämpöeristetyt pihatot [verkkodokumentti]. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 8/2013. [Viitattu 2021-02-02.] Saatavissa: <https://www.tts.fi/>
- ALASUUTARI, Sakari ja PALVA, Reetta 2014. Kuivitusopas [verkkodokumentti]. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 3/2014. [Viitattu 2020-03-10.] Saatavissa: <https://www.tts.fi/>
- ALASUUTARI, S., PALVA, R., ELSTOB, E., HELLSTEDT, M., KIVINEN, T., LOUHELAINEN, K. ja MÄITTÄLÄ, J. 2014. Kuivitus osaksi kannattavaa lypsykarjataloutta. Tutkimushankkeen loppuraportti. [Viitattu 2020-03-31.] Saatavissa: <https://www.ett.fi/nauta/hyvinvointi/>
- ANTIKAINEN, Sanna 2020-10-22. Ammoniakinsitomiskykyä testatessa lasipulloihin laitettiin sama määrä kuitusavea ja vaihteleva määrä lehmän virtsaa [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Sanna Antikaisen sähköiset kokoelmat.
- ARENE 2020. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset [verkkodokumentti]. Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry. [Viitattu 2020-04-01] Saatavissa: <http://www.arene.fi/julkaisut/raportit/opinnaytetoiden-eettiset-suositukset/>
- BLOMBERG, Jasmine, COLLIANDER, Julia, RAATIKAINEN, Roosa ja TIKKANEN, Heli 2020. Kuivikekysely. Savonia-ammattikorkeakoulu. Luonnonvara-ala Iisalmi, agrologikoulutus. Tutkimusraportti. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.
- ELÄINSUOJELULAKI. L 1996/247. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960247>
- ETU 2006. Kansalliset ohjeet nautojen hyvinvointiin [verkkodokumentti]. Eläinten terveys ETT ry. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <https://www.ett.fi/nauta/hyvinvointi/>
- ETU 2014. Ohje nautojen lantaisuuden vähentämiseksi [verkkodokumentti]. Eläinten terveys ETT ry. [Viitattu 2020-03-05.] Saatavissa: <https://www.ett.fi/nauta/hyvinvointi/>
- EVIRA 2016. Nautojen puhtauden valvonta teurastamossa [verkkodokumentti]. Eviran ohje. [Viitattu 2020-03-05.] Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yri-tykset/elintarvikeala/laitokset/liha/>
- FAIRCHILD, B.D., KIEPPER, B.H. ja RITZ C.W. 2019. Cellulose-Based Industrial Wastewater By-Product as Broiler Bedding Material [verkkojulkaisu]. Livestock and Poultry Environmental Learning Community. [Viitattu 2020-11-28.] Saatavissa: <https://pelc.org/cellulose-based-industrial-wastewater-by-product-as-broiler-bedding-material/>
- HEIMONEN, Ismo, HEIKKINEN, Jorma, KOVANEN, Keijo, LAAMANEN, Jarmo, OJANEN, Tuomo, PIIPPO, Jouko, KIVINEN, Tapani, JAUHAINEN, Pekka, LEHTINEN, Jarmo, ALASUUTARI, Sakari, LOUHELAINEN, Kyösti ja MÄITTÄLÄ, Jukka 2009. Maatalouden kotieläinrakennusten toimiva ilmanvaihto [verkkojulkaisu]. VTT tiedotteita 2521. [Viitattu 2020-11-21.] Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2521.pdf>
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 13. painos. Helsinki: Tammi.
- HULSEN, Jan 2007 (2014). Lehmä-havaintoja. (Suom. Juho Kyntäjä.) 3. painos. Vaasa: Oy Fram Ab.
- HULSEN, Jan ja LAM Theo 2008 (2011). Utareterveys/Hedelmällisyys. (Suom. ELL Maria Tirkkonen.) ProAgrarian Keskusten Liitto.

- KIERRÄTYSLANNOITTEET JA -MAANPARANNUSAINEEET s.a. Raskasmetallit [verkkosivu]. Kierrätyslannoitteet ja -maanparannusaineet. [Viitattu 2020-01-14.] Saatavissa: <https://kierratyslannoitteet.wordpress.com/raskasmetallit/>
- LEBEAU, Benoit ja NIRLAULA, Rajan 2018. Alternative Bedding Materials for Livestock [verkkopublication]. Ministry of agriculture, food and rural affairs Factsheet. [Viitattu 2020-12-28.] Saatavissa: <http://www.omafr.gov.on.ca/english/environment/facts/18-011.htm>
- LEHMÄLÄÄKÄRIT.COM 2019. Mukavasti makuulla – miksi makuu-aika on lehmälle tärkeää ja miten makuu-mukavuutta voidaan arvioida? [verkkopublication]. Lehmälääkärit.com. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <https://lehmalaakarit.com/13135-2/>
- LINNAINMAA, Eeva 2018. Euroopan ensimmäiset WQ-sertifioidut meijerit Suomessa [verkkopublication]. KVMET 4/2018. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <http://kvmvet.fi/euroopan-ensimmaiset-wq-sertifioidut-meijerit-suomessa/>
- MANAVI, Yadav, RADHIKA, Gupta ja RAKESH, Kumar Sharma 2019. Advances in water purification techniques, chapter 14: Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification [verkkopublication]. Science Direct. [Viitattu 2020-04-06.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128147900/advances-in-water-purification-techniques>
- MÄITTÄLÄ, Jukka s. a. Ilma, jota hengitämme navetassa [verkkopublication]. Maito ja Me. [Viitattu 2020-21-11.] Saatavissa: <http://www.maitojame.fi/artikkelit/ilma-jota-hengitan-navetassa/31438597>
- NIINIKOSKI, Marjo-Kaisu 2017. Kuiviketurve ei lopu lähitulevaisuudessa [verkkopublication]. Suomen Siipikarja 3/2017. [Viitattu 2020-08-10.] Saatavissa: https://www.vapo.com/filebank/3338-Kuiviketurve_ei_lopu_lahitulevaisuudessa_SuSi3_17.pdf
- NIIRANEN, P. 2019-04-26. Lietelannasta tehtyä kuiviketta kokeillaan nyt myös Suomessa – "Voidaan säästää tuhansia euroja". Yle. [Viitattu 2021-01-31.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10753374>
- NOKKA, Sanna 2020. ProAgrian maidontuotannon tulosseminaari [verkkopublication]. ProAgria. [Viitattu 2020-03-19.] Saatavissa: <https://www.proagria.fi/sisalto/maidontuotannon-tulosseminaari-2020-14693>
- PAKARINEN, Tenho 2020-04-01. Osastomestari. [Haastattelu.] Varkaus: Stora Enso.
- PAKARINEN, Tenho s. a. Jäteveden puhdistusprosessi [digikuva]. Sijainti: Varkaus: Tenho Pakarisen sähköiset kokoelmat.
- PAKARINEN, Tenho s. a. Ruuvipuristimen toiminta [digikuva]. Sijainti: Varkaus: Tenho Pakarisen sähköiset kokoelmat.
- PALVA, Reetta ja PUUMALA, Lea 2012. Eläinten ja navetan puhtaanapito maitohygienian ylläpitämisessä [verkkodokumentti]. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 6/2012. [Viitattu 2020-04-03.] Saatavissa: <https://www.tts.fi/>
- RUOKAVIRASTO s. a. Eläinten hyvinvointikorvaus. Sitoumusehdot 2020 [verkkopublication]. Ruokavirasto. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/hakuoppaat/#ehk>
- RUOKAVIRASTO s. a. Mikrobin kasvua edistävät tekijät [verkkopublication]. Ruokavirasto. [Viitattu 2021-05-03.] Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/mikrobin-kasvua-edistavat-tekijat/>
- SARJOKARI, Kristiina 2019. Mikä on riittävä kuivitus? [verkkopublication]. Maito ja me 3/2019. [Viitattu 2020-03-17.] Saatavissa: <http://www.maitojame.fi/artikkelit/mika-on-riittava-kuivitus/47467700>
- STORA ENSO s. a. Tietoa Stora Ensosta [verkkopublication]. Stora Enso. [Viitattu 2020-13-03.] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi>

TIKKANEN, Heli 2020-04-02a. Huonolaatuinen kuivike liian ohuena kerroksena aiheuttaa lehmille ihovaurioita kintereisiin. Ihovauriot heikentävät eläinten hyvinvointia. [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02b. Hyvin kuivitettu makuualusta viestii kuluttajille, että eläimistä pidetään huolta [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02c. Hyvin kuivitettuun parteen on mukava asettua makuulle, minkä ansiosta yksikään lehmä ei seisoskele turhaan [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02d. Kuivituksella ylläpidetään lehmien puhtautta ja makuumukavuutta [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02e. Likaantunut iho stressaa eläimiä, lisää infektoriskiä, tekee lypsytyöstä raskaampaa ja vaarantaa elintarvikehygieenian [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02f. Paraskaan kuivike ei pärjää ilman säännöllistä parsien puhdistustyötä [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-02g. Riittämätön kuivitus tai laadultaan huono kuivike ei kykene sitomaan lantaa, virtsaa tai valunutta maitoa parresta. Vapaat taudinaiheuttajat altistavat utareen ja kintereet tulehduksille. [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-04-08. Kuitusavi koostuu pitkistä kuiduista [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-06-28. Kutteria on helppo käsitellä sen keveyden ja kätevän pakettikoon ansiosta, minkä lisäksi se tuo myös valoisuutta navettaan [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-21. Kuitusaven nesteensitomiskyvyn testauksessa käytettiin aitoa lehmän virtsaa todenmukaisen tilanteen luomiseksi [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-22. Ammoniakin (NH₃) pitoisuus pelkkää virtsaa sisältävässä pullossa oli 96 tunnin kuluttua kokeen aloituksesta edelleen nolla [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-22. Ammoniakin määrää lasipullon ilmasta mitattiin BIOGAS 5000 laitteella [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-22. Eksikaattorin pohjalla oleva kuivausmassa pitää kuvun sisäisen ilmankosteuden stabiilina [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-22. Kuivattu kuitusavi on tuoretta kuitusavea hienojakoisempaa ja miedomman hajuista [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-22. Nesteensitomiskykyä testatessa kuitusavea laitettiin sukkahousujen sisään liotusta varten [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2020-10-23. Näytteitä liuotettiin virtsassa, riiputettiin ilmassa, asetettiin rutilän päälle valumaan ja lopuksi punnittiin [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TIKKANEN, Heli 2021-02-02. Turve on pehmeää, mutta sen laatuaihtelut, kuten puunpalaset, aiheuttavat ongelmia esimerkiksi lannanpoistossa [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Heli Tikkasen sähköiset kokoelmat.

TTS 2014. Kuivitusopas [verkkodokumentti]. Työtehoseuranta. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: https://www.tts.fi/uutishuone/tts_n_tutkimusjulkaisut/maatalouden_julkaisut/kuivitusopas.2864.news

TURVEINFO s. a. Tutkittua tietoa turpeesta [verkojulkaisu]. Bioenergia Ry. [Viitattu 2020-12-08.]
Saatavissa: <http://turveinfo.fi/>

VALTIONEUVOSTON ASETUS NAUTOJEN SUOJELUSTA. A 2010/592. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100592>

VAPO 2014. Irtokuivikkeen tuoteseloste [verkkodokumentti]. Vapo. [Viitattu 2021-03-05.]
Saatavissa: https://www.vapo.com/filebank/3307-Irtokuivikkeen_tuoteseloste.pdf

VIRKAJÄRVI, Perttu ja JÄRVENRANTA, Kirsi s. a. Nautakarjatuotannon ympäristövaikutusten arviointi ja sen kehittämistarpeet [verkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote. [Viitattu 2020-21-11.] Saatavissa: <https://journal.fi/sms/article/view/73231>

WELFARE QUALITY NETWORK s. a. Assesment Protocols [verkojulkaisu]. Welfare Quality Network. [Viitattu 2020-03-01.] Saatavissa: <http://www.welfarequality.net/en-us/reports/assessment-protocols/>