



Kotieläinrakennusten lattioiden pinnan laatu

Maarit Puumala, Pekka Jauhiainen,
Tiina Mattila, Kim O. Kaustell, Juha Komonen,
Hanna-Riitta Kymäläinen, Brita-Liisa Joutsen,
Anna-Maija Sjöberg, Marianna Norring,
Anna Valros ja Hannu Saloniemi



MTT:n selvityksiä 110
78 s.

Kotieläinrakennusten lattioiden pinnan laatu

Maarit Puumala, Pekka Jauhiainen, Tiina Mattila, Kim O. Kaustell,
Juha Komonen, Hanna-Riitta Kymäläinen, Brita-Liisa Joutsen,
Anna-Maija Sjöberg, Marianna Norring, Anna Valros
ja Hannu Saloniemi

ISBN 952-487-009-6 (Painettu)
ISBN 952-487-010-X (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-509X (Painettu)
ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)
www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts110.pdf

Copyright

MTT

Maarit Puumala, Pekka Jauhiainen, Tiina Mattila, Kim O. Kaustell, Juha Komonen,
Hanna-Riitta Kymäläinen, Brita-Liisa Joutsen, Anna-Maija Sjöberg,
Marianna Norring, Anna Valros ja Hannu Saloniemi

Julkaisija ja kustantaja

MTT

Jakelu ja myynti

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti

Puhelin (09) 224 251, telekopio (09) 224 6210

Sähköposti: julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2006

Kannen kuva

Tiina Mattila

Painopaikka

Strålfors Information Logistics Oy

Kotieläinrakennusten lattioiden pinnan laatu

Maarit Puumala¹⁾, Pekka Jauhiainen¹⁾, Tiina Mattila²⁾, Kim O. Kaustell²⁾, Juha Komonen³⁾, Hanna-Riitta Kymäläinen⁴⁾, Brita-Liisa Joutsen⁴⁾, Anna-Maija Sjöberg⁴⁾, Marianna Norring⁵⁾, Anna Valros⁵⁾ ja Hannu Saloniemi⁵⁾

¹⁾MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, maarit.puumala@mtt.fi, pekka.jauhiainen@mtt.fi

²⁾MTT Taloustutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, tiina.mattila@mtt.fi, kim.kaustell@mtt.fi

³⁾TKK Rakennusmateriaalitekniikan laboratorio, PL 2100, 02015 TKK, juha.komonen@hut.fi

⁴⁾HY Agroteknologian laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, hanna-riitta.kymalainen@helsinki.fi, bjoutse@mappi.helsinki.fi, anna-maija.sjoberg@helsinki.fi

⁵⁾HY Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus, Eläinlääketieteellinen tiedekunta, PL 57, 00014 Helsingin yliopisto, marianna.norring@helsinki.fi, anna.valros@helsinki.fi, hannu.saloniemi@helsinki.fi

Tiivistelmä

Tutkimus on jatkoa vuonna 1993 valmistuneelle betonilattiapinnoitetutkimukselle, jossa tutkittiin useita erilaisia betonityyppejä, eri muoveista tehtyjä ohutpinnoitteita sekä massapinnoitteita. Tässä tutkimuksessa keskityttiin vain näistä jälkimmäisiin ja muovin sideaineiksi valittiin epoksi ja polyuretaani. Vertailumateriaalina käytettiin pinnoittamatonta betonia. Kirjallisuudesta selvitettiin lattiapinnoitteiden kitkaan, karkeuteen ja puhdistettavuuteen liittyviä vaatimuksia sekä tuotantotilojen olosuhteita ja ominaisuuksia eläimen kannalta. Tilastoista tutkittiin erityyppisiä liukastumisonnettomuuksia. Laboratoriokokeilla mitattiin pinnoitteiden kitkaa työntekijän ja eläimen liikkumisen turvallisuuden kannalta. Lisäksi mitattiin kitkaa standardimittausmenetelmällä, joka soveltuu myös kenttäkokeisiin. Pinnan karkeutta selvitettiin aiemmissakin tutkimuksissa käytetyllä liitukokeella. Karkeutta ja pinnan tasaisuutta tutkittiin lisäksi kahdella erityyppisellä profiometrillä. Pinnoitteiden puhdistuvuutta testattiin värimittarilla ja lisäksi aistinvaraisesti. Pesukokeissa käytettiin erilaisia pesulämpötiloja ja kahta eri likaa.

Kenttäkokeisiin porsitussikalassa valittiin kaksi pinnoitetta, joissa sideaineena oli polyuretaani ja karhenteina kumirouhe ja hiekka. Betonipinta oli edelleen vertailumateriaalina. Näissä kokeissa vertailtiin pinnoitteiden vaikutusta eläinten hyvinvointiin. Pinnoitteiden tarttuvuutta tutkimuksen eri vaiheissa arvioitiin vetokokeilla ja pinnoitusalueen kosteutta betonin kosteusmittauksilla. Tuotantotilassa tehdyssä kokeessa osoittautui ongelmalliseksi kumirouheella karhennettu polyuretaanipinnoite, joka irtosi levyinä. Pinnoitteiden pitkäaikaiskestävyys jäi seurattavaksi.

Avainsanat: Kotieläinrakennukset, lattiat, eläinten hyvinvointi, työturvallisuus, puhdistus, kotieläintuotanto

Floor surface quality of farm buildings

Maarit Puumala¹⁾, Pekka Jauhiainen¹⁾, Tiina Mattila²⁾, Kim O. Kaustell²⁾, Juha Komonen³⁾, Hanna-Riitta Kymäläinen⁴⁾, Brita-Liisa Joutsen⁴⁾, Anna-Maija Sjöberg⁴⁾, Marianna Norring⁵⁾, Anna Valros⁵⁾ ja Hannu Saloniemi⁵⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Animal Production Research, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti, Finland, maarit.puumala@mtt.fi, pekka.jauhiainen@mtt.fi

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Economic Research, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti, Finland, tiina.mattila@mtt.fi, kim.kaustell@mtt.fi

³⁾TKK Helsinki University of Technology, Laboratory of Building Materials Technology, P.O. Box 2100, FI-02015 HUT, Finland, juha.komonen@hut.fi

⁴⁾University of Helsinki, Department of Agrotechnology, P.O. Box 28, FI-00014 University of Helsinki, Finland, hanna-riitta.kymalainen@helsinki.fi, bjoutse@mappi.helsinki.fi, anna-maija.sjoberg@helsinki.fi

⁵⁾University of Helsinki, Research Centre for Animal Welfare, P.O. Box 57, FI-00014 University of Helsinki, Finland, marianna.norring@helsinki.fi, anna.valros@helsinki.fi, hannu.saloniemi@helsinki.fi

Abstract

In this study we have concentrated on thick plastic compounds because, according to our previous studies on floors in animal houses, they are more likely to withstand the mechanical and chemical stresses in those circumstances for more than 10 years. In the present study the binding agents used for these compounds were epoxy and polyurethane filled with plain sand or sand and cement. One of the polyurethane compounds was also filled with rubber. As a reference material we used plain concrete.

A literature review on the desirable surface properties for floors in animal houses and on the ways they can be measured was performed. Also different kinds of accidents due to slippery floors and their economical impact were examined from the statistics.

Friction of the tested floor materials was measured in laboratory with three different methods one of which was standardized. Surface roughness was measured by the weight loss of a piece of chalk and surface topography was measured with two different kinds of profilometres; a stylus type of profilometre and a laser profilometre. Ease of cleaning of the tested materials was both visually determined and measured with a colorimetre. In the tests, three different washing temperatures and two different dirt types were used.

According to the results of the performed laboratory tests two plastic compounds were chosen for field tests; polyurethane filled with sand and rubber. The test plots were placed in a renovated piggery on both farrowing and weaning grates. A wood float finished concrete floor was used as a reference. Polyurethane filled with rubber, although having performed well in the laboratory test, did not stand the mechanical stress caused by the claws of the sows. After only a couple of days in use pieces of this test material loosened from the concrete surface. This material was replaced with another material tested in laboratory; epoxy filled with sand.

Performance of the field test materials were estimated from the point of view of animal welfare and the ease of cleaning. These results are preliminary because of the short time of follow up.

Keywords: Animal houses, floors, animal welfare, occupational safety, ease of cleaning, animal husbandry

Alkusanat

Tutkimushanke on toteutettu yhteistutkimuksena. MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola) on koordinoanut hanketta. Sen osuutena on ollut lattioiden ominaisuuksien ja mitausmenetelmien selvittäminen ja tutkimuksen koeruutujen toimivuuden arvostelussa käytettävien laitteistojen kehittäminen. MTT Vakola on osallistunut tuotantorakennusten lattioilta toivottavien ominaisuuksien arviointiin ja lattia materiaalien testaamiseen, sekä niiden koostumuksen ja pintakäsittelyn suunnitteluun. MTT Vakolan osuutena ovat olleet myös työturvallisuuden parantamiseen liittyvät osiot.

Helsingin Yliopiston kliinisen eläinlääketieteen laitos on laatinut kirjallisuuskatsauksen erilaisten lattia materiaalien ominaisuuksista eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Kliinisen eläinlääketieteen laitos on osallistunut myös tuotantorakennusten lattioilta toivottavien ominaisuuksien arviointiin sekä koemateriaalien valintaan ja käytännön koeruutujen toimivuuden arviointiin.

Teknillisen korkeakoulun rakennusmateriaalitekniikan laboratorio on selvittänyt tavoitebetonien vaatimustason ja muut kriteerit rinnakkaisprojektien kirjallisuustutkimusten perusteella. TKK on selvittänyt kirjallisuuden perusteella betonin säilyvyyttä lisäävät toimenpiteet ja erityisesti betonin kemiallisen kestävyysparantamismenetelmät. Lisäksi on selvitetty erilaiset nykyaikaiset pinnoittamisvaihtoehdot ja niiden soveltuvuus. TKK:n rakennusmateriaalitekniikan laboratorio on tehnyt betonien lujuuskokeet ja materiaalien mikrorakenneselvitykset ja mitannut betonirakenteen todellisen suhteellisen kosteuden eli määrittänyt betonilattioiden oikean pinnoitusajankohdan.

Helsingin yliopiston Agroteknologian laitos on osallistunut materiaalien puhdistettavuustutkimukseen. Sen tehtävänä on ollut käyttää puhdistettavuuden arviointiin värimittausmenetelmää, jolla saadaan numeeriset tulokset materiaalien puhdistuvuudesta. Tarkoituksena on ollut myös arvioida menetelmän soveltuvuutta betonin ja sen pinnoitteiden puhdistuvuuden mittaamiseen käytettäessä lantalikaa.

Hankkeelle on asetettu ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut 31.8.2005 asti Jorma Jantunen/MMM ja 1.9. 2005 alkaen Markku Järvenpää/MMM. Ohjausryhmän jäseninä ovat olleet Matti T. Virtanen/BLT ry, Antti Hujanen/bly ry, Hannu Saloniemi/HY, Vesa Penttala/TKK, Markku Puumala/LSO Foods ry ja Tarmo Luoma/TTS ry. Ohjausryhmä on valvonut hankkeen edistymistä ja rahoitussuunnitelman toteutumaa. Se on käsitellyt kokouksissaan tutkimussuunnitelmaa, käytettyjä mittaus- ja tutkimusmenetelmiä sekä käytännönkoetta ja antanut niistä asiantuntevia sekä rakentavia kommentteja.

Hanketta ovat rahoittaneet MMM Maatilatalouden kehittämisrahasto, Betonilattiayhdistys ry sekä hankkeeseen osallistuneet tutkimusyksiköt. Tutkijaryhmä kiittää rahoittajia, ohjausryhmää, pinnoitemateriaalitoimittajia ja Varsinais-Suomen maaseutuoppilaitos ky:n Tuorlan opetussikalan henkilökuntaa, joka osaltaan on mahdollistanut tämän tutkimushankkeen toteuttamisen. Lisäksi haluamme kiittää Maatalousyrittäjien eläkelaitosta (Mela) mahdollisuudesta käyttää tutkimuksessa tapaturma-aineistoja.

Vihdissä huhtikuussa 2006
Maarit Puumala
hankkeen vastuullinen johtaja

Sisällysluettelo

1	Johdanto	8
2	Kotieläinrakennuksen lattian laatuvaatimuksia	9
2.1	Materiaalitekniset vaatimukset	9
2.2	Pinnan ominaisuudet.....	10
2.2.1	Kitka	10
2.2.2	Pinnan karkeus ja kuluttavuus.....	11
2.2.3	Pinnan puhdistettavuus.....	12
2.3	Työturvallisuusvaatimukset.....	12
2.4	Pinnan ominaisuudet eläimen kannalta.....	13
3	Laboratoriokokeet	14
3.1	Tutkitut materiaalit	14
3.1.1	Betoni	14
3.1.2	Muovimassat	17
3.2	Mittausmenetelmät.....	18
3.2.1	Kitka	18
3.2.2	Pinnan karkeus ja tasaisuus	19
3.2.3	Puhdistettavuus.....	20
3.2.4	Betonin pinnoitettavuus.....	22
3.2.5	Pinnoitteiden tartunta pohjabetoniin	24
3.3	Tulokset	25
3.3.1	Kitka	25
3.3.2	Karkeus ja pinnan tasaisuus	26
3.3.3	Puhdistettavuus.....	28
3.3.4	Betonin pinnoitettavuus.....	31
3.3.5	Pinnoitteiden tartunta pohjabetoniin	31
4	Käytännön kokeet	33
4.1	Kenttäkokeen taustatiedot.....	33
4.1.1	Koekohteen lattian materiaali- ja valmistustietoja	33
4.1.2	Suhteellisen kosteuden mittaaminen	34
4.2	Koeruutujen materiaalit ja pinnoitustyö	36
4.3	Koeruuduista tehdyt mittaukset	36

4.3.1	Vetolujuusmittaukset.....	36
4.3.2	Lattioiden tasaisuuden mittaus	37
4.4	Emakoiden ja porsaiden tarkkailu.....	38
4.5	Tulokset.....	39
4.5.1	Vetolujuuskokeet.....	39
4.5.2	Emakoiden ja porsaiden tarkkailun tulokset.....	39
4.5.3	Käyttäjien kokemukset eri materiaaleista.....	40
4.5.4	Koeruuduista saatujen tulosten yhdistely	41
5	Tulosten tarkastelu	41
5.1	Pinnoitteiden tarttuvuus	41
5.2	Kitka- ja karheus	42
5.3	Puhdistuvuus	44
5.4	Eri laboratoriokokeiden yhdistely.....	45
6	Johtopäätökset ja suositukset	46
7	Kirjallisuus	48
8	Liitteet	51

1 Johdanto

Maatilojen tuotantotilojen rakentamisen arvo on vuosittain noin 300 miljoonaa euroa eli noin 5 % vuosittaisten rakennusinvestointien kokonaismäärästä. Tällä summalla tuotetaan noin 10 % vuosittaisista rakennuskuutioista. Maatilojen investoinneista suurimpaan osaan käytetään maataloushallinnon investointitukia, joiden määrä on vuosittain vajaat 100 miljoonaa euroa. Yksittäisen uuden tuotantorakennuksen investointikustannukset ovat tavallisesti 300.000 – 500.000 euroa. Tällöin investoinnista aiheutuvat rakennuksen pääoma- ja ylläpitokustannukset ovat jopa 30 % kyseisen tilan maatilatalouden kokonaismenoista.

Maatilojen tuotantotilojen rakentamisella on tarkoitus luoda hyvät ja tarkoituksenmukaiset olosuhteet rakennuksen käyttäjille, tuotantotoiminnalle ja tuotantoeläimille. Maataloustuotannossa on pyrkimyksenä laadukkaan elintarvikkeen tuottaminen. Tällöin myös tuotantolosuhteiden ja siten myös tuotantorakennusten tekninen laatutasovaatimus on korkea niin eläinten hyvinvoinnin, työturvallisuuden, hygienian kuin ympäristönhoidonkin osalta. Näitä vaatimuksia on asetettu eläinten hyvinvoinnin osalta eläinsuojelulaissa ja -asetuksessa ja luonnonmukaisen tuotannon ohjeissa, työsuhteisten työntekijöiden osalta (mm. lomittajat) työturvallisuuslaissa, hygienian osalta terveydensuojelulaissa ja ympäristönhoidon osalta ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa ja myös ympäristöministeriön Kotieläintalouden ympäristönsuojelu -ohjeessa.

Maa- ja metsätalousministeriö on tiukentanut rahoitustuen ehtona antamiensa vaatimuksia rakentamismääräysten ja -ohjeiden suunnitelma-asiakirjassa. Ministeriön mukaan asiantunteva ja riittävä suunnittelu on tärkeä osa rakentamisen laatua. Tämän laatuajattelun oleellinen osa on kohdekohtaiset oikeat materiaalivalinnat ja oikeat pinnankäsittelytekniikat tai pinnoitukset.

Maatilojen rakentamisen ongelmakohdaksi tiedetään aikaisempien selvitysten ja kokemusten perusteella eläintilojen lattiarakenteet, mikä ongelma korostuu erityisesti suurissa tuotantoyksiköissä, joissa kuivikkeita käytetään vähän työmäärän minimoimiseksi. Tällöin eläinten jalkoihin syntyy helposti hiertymiä, jotka esim. porsas- ja sianlihantuotannossa johtavat laatuluokan alenemiseen ja siten tuotannon kannattavuuden heikkenemiseen. Ruokintapöytien pinnat syöpyvät happaman rehun kemiallisen rasituksen takia, mikä vaikeuttaa pöytien puhtaanapitoa. Ruokintapöydällä joudutaan liikkumaan erilaisilla laitteilla sekä jalan, jolloin karkea pinta on eduksi, mutta on ristiriidassa puhtaanapidon kanssa. Maituhuoneiden lattioihin happamat pesuaineet ja desinfiointiaineet sekä usein toistuvat pesut aiheuttavat syöpymää. (Puumala & Lehtiniemi 1993) Tämä aiheuttaa ongelmia tiukentuneiden hygieniavaatimusten takia. Lietelantajärjestelmässä käytettävien ritiläpalkkien reunojen lohkeilu ja pinnan sopivan karkeuden löytäminen aiheuttavat ongelmia. (Puumala & Paasonen 2001).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli parantaa kotieläinrakennusten lattioiden laatua. Eläinten hyvinvoinnin ja työturvallisuuden asettamat vaatimukset ovat usein ristiriidassa helpon puhdistettavuuden kanssa. Tavoitteena oli löytää nämä vaatimukset täyttäviä betonilattioiden pinnan viimeistelykäsittelyjä tai pinnoitusmateriaaleja. Tavoitteena on myös ollut kehittää mittausmenetelmä, joka kuvaa erilaisin pintakäsittelyin ja pinnoituksin aikaansaatavan lattiapinnan ominaisuuksia siten, että mittauksien perusteella voidaan antaa suositukset kunkin pintakäsittelyn tai pinnoituksen parhaista käyttökohteista eläinrakennuksessa.

Hankkeessa tutkittavat materiaalit rajattiin betoniin ja erilaisiin muoveihin, koska ne ovat kotieläinrakennuksissa yleisimmin käytössä olevia lattiamateriaaleja. Lattiatyypeissä rajoitettiin kiinteisiin lattioihin, koska ne ovat tyypillisiä eläinten makuualustoja ja siten hyvinvointinäkökulmasta tärkeimpiä. Lisäksi kiinteiden lattioiden osalta tehtävät päätelmät ovat paremmin sovellettavissa ritilälattioihin kuin toisin päin tehtävät päätelmät.

2 Kotieläinrakennuksen lattian laatuvaatimuksia

Eläinten oleskeluun käytettäville lattiapinnoille asetetaan seuraavia vaatimuksia (Nilsson & Walberg 1978):

- mukava: sopivan pehmeä, ei altista eläintä liukastumiselle, kylmettymiselle ja likaantumiselle eikä tuo mukanaan suurta loukkaantumisen vaaraa,
- kestävä: kestää suuria, usein esiintyviä pistekuormia ja mekaanista kulutusta sekä rehus-ta, lannasta ja virtsasta tulevia happoja,
- helposti puhdistettava,
- taloudellinen, jolloin otetaan huomioon materiaali-, asennus- ja hoitokustannukset sekä vaikutukset eläimen terveyteen

2.1 Materiaalitekniset vaatimukset

Kirjallisuudesta on selvitetty lattiapintojen kitkaan, karkeuteen ja puhdistettavuuteen liittyviä vaatimuksia ja materiaaleja, jotka eri tutkimusten perusteella täyttävät jonkun tai jotkut esitetyistä kriteereistä. Lisäksi on kerätty tietoa eläinrakennuksissa vallitsevista olosuhteista ja kuormituksista.

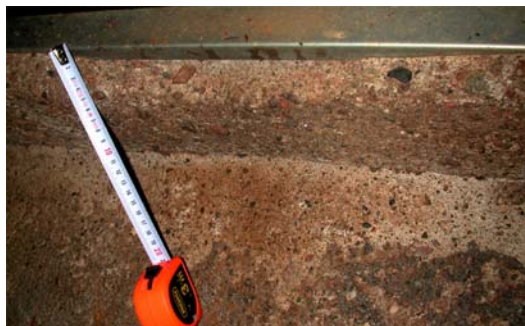
Kemiallisen ja mekaanisen rasituksen kesto

Kemiallisen rasituksen kestovaatimus on maatalousrakennuksissa osittain vaativimmassa luokassa. Esimerkiksi Eurocode-standardi määrittelee olosuhdeluokittain betonille asetettavat materiaalivaatimukset. Kun em. standardin mukainen materiaalivalinta tehdään käyttäen maatalouden olosuhdetietoja, sijoittuvat maataloudessa käytettävät betonit osin vaativimpaan luokkaan. Kemiallinen ympäristö eläinsuojissa koostuu useista erilaisista osasista, jotka muodostavat aggressiivisen ympäristön. Tärkeimpiä ovat erilaiset kaasut, orgaaniset yhdisteet ja hapot sekä suolat.

Kaasuista tärkeimpiä ovat ammoniakki, hiilidioksidi, rikkidioksidi ja metaani. Ammoniakkipitoisuus voi vaihdella välillä 5 – 70 ppm erityyppisissä eläinsuojissa. Vaikuttavina tekijöinä ovat eläintiheys, ilmanvaihdon määrä ja lannanpoistotekniikka. Hiilidioksidipitoisuus voi navetoissa vaihdella suuresti päivän aikana. Vaihteluväli on 1000 – 4000 ppm. Rikkidioksidipitoisuudet voivat eläinsuojissa vaihdella välillä 5 – 20 ppm. Navetoiden metaanipitoisuus voi vaihdella välillä 50 – 250 ppm. Lisäksi orgaanista pölyä voi esiintyä varsinkin sikaloissa ja kanaloissa. Vaihteluväli voi olla 1,2 – 3,3 mg/m³.

Orgaanisista yhdisteistä tärkeimpiä ovat amiinit ja sulfidit. Orgaanisista hapoista tärkeimpiä ovat maitohappo, etikkahappo, propionihappo ja voi-happo. Suurin kemiallinen ympäristökuormitus kohdistuu eläinsuojan lattiapintoihin. Orgaaniset hapot ja emäkset johtavat sellaiseen kemialliseen ympäristöön, jossa lattiapintojen keskimääräinen pH-luku vaihtelee välillä 4 – 6. Lisäksi esiintyy suoloja ja mineraaleja erilaisina pitoisuuksina.

Navetoissa ruokintapöydän happorasitus on pääosin säilörehun ja väkirehujen aiheuttamaa. Nurmirehun säilönnässä käytetään yleisesti happoja. Vaikka happoa ei käytettäisi, syntyy rehuun yleensä sama happamuus kuin säilöntäaineita lisättäessä. Hyvän säilörehun happamuus on pH 3,7 - 4,0 (Heikkilä ym. 1987, Kreula 1979). Muissa rehuissa ei ole merkittäviä määriä syövyttäviä yhdisteitä. Parsissa kemiallinen rasitus on pääosin maitohapporasitusta, jonka suuruus on hyvin vaihteleva. Maidon happamuus on noin pH 6,7. Maidosta voi käymisen kautta muodostua maitohappoa siten, että pH on 3,5 - 4,0. Säilyvyyskokeessa maito on happamoitunut 32 °C lämpötilassa 20 tunnissa lähes pH 4:ään (Cousin & Bramley 1981). Säilytyksessä on 16-prosenttinen hera happamoitunut viikossa pH 4,4:än asti (Andersson 1988). Kiinteän lannan happamuus on noin pH 7,1 ja virtsan noin pH 8,0 (Kempainen 1989), joten niiden aiheuttama rasitus on hyvin pientä.



Kuva 1. Pinnnoittamaton betoni ei sikalan ruokintapaikoilla kestä mm. happaman rehun aiheuttamaa ankaraa kemiallista rasi- tusta. Kuvat: Juha Komonen.

Maituhuoneessa erityisesti lypsylaitteiston pesurin ja maitosäiliön tyhjennysyhteen alapuoliset pinnat ovat alttiina maidon aiheuttamalle rasitukselle. Maidonkäsittelyvälineiden pesuun ja huuhteluun käytetään sekä emäksisiä että happamia pesu- ja desinfiointiaineita. Käsinspesuun tarkoitettujen emäksisten pesuaineiden käyttöliuosten happamuus on pH 8,5 - 10,9 ja kiertopesuun tarkoitettujen pH 10,1 - 12,6. Hapanpesuun tarkoitettujen pesuaineiden käyttöliuoksien happamuus voi olla jopa pH 1,55. Osa desinfiointiaineista muodostaa happamia käyttöliuoksia, joissa pH-arvo voi olla jopa 1,78 (Anon. 1980, Anon. 1981, Anon. 1986, Kylä-Siurola 1980, Kylä-Siurola 1981).

De Belie (1997) on mitannut sikaloiden, joissa on liemiruokinta, lattioilta korkeita maito- ja etikkahappopitoisuuksia. Lattioilla havaittiin olevan myös suuria määriä Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺ ja NH₄⁺ -ioneja. Myös suomalaisissa sikaloissa rehun betonia syövyttävä vaikutus on havaittavissa jo muutaman vuoden käytön jälkeen (kuva 1).

2.2 Pinnan ominaisuudet

2.2.1 Kitka

Karjatalousrakennuksissa liukastumiselle ovat alttiina niin ihmiset kuin eläimet. Ihminen pystyy kävelyä hidastamalla ja askelen pituutta pienentämällä sekä sopivalla kengänpohjan materiaalilla ja kuvioinnilla vähentämään liukastumisriskiä. Liikkumisturvallisuuteen vaikuttavat myös muun muassa väsymys, tuki- ja liikuntaelimestön kunto sekä tasapainon säätely (Grönqvist 2003). Lattian pinnan on oltava riittävän pitävä, jotta työskentely on joustavaa ja turvallista. Työterveyslaitos on esittänyt raja-arvot pitävyyden arviointiin kitkaker- toimen avulla (Taulukko 1). Eläimet eivät pysty mukautumaan liukkaaseen pintaan, vaan pinnan kitka on saatettava eläimien kannalta sopivaksi niissä tiloissa, joissa ne liikkuvat. Kirjallisuudessa on annettu lattian kitkakertoimelle ohjearvoja 0,25:stä 0,50:een. Taulukos- sa 2 on esitetty tutkimuksen perusteella saatuja nautakarjan kulkupintojen kitkakerrointen ohjearvoja.

Taulukko 1. Työterveyslaitoksen käyttämä luokitus lattian liukkaudelle

Luokka	Arvio	Kitkakerroin
1	Hyvin pitävä	$\geq 0,30$
2	Pitävä	0,20 – 0,29
3	Epävarma	0,15 – 0,19
4	Liukas	0,05 – 0,14
5	Hyvin liukas	$< 0,05$

Nilsson (1988) mittasi liukkautta kuvaavaa kitkakerrointa kuivasta, märästä ja vähän kulu-
neesta pinnasta. Tällöin havaittiin, että kytkettyjen lypsylehmien sorkan ja lattian välisen
lepokitkakertoimen tulisi olla n. 0,45. Tasaisen lattian liikekitkakertoimen tulisi olla par-
sinavetoissa 0,30 – 0,35 ja pihatoissa 0,35 – 0,40.

Taulukko 2. Erilaisten lattiatyyppien suositeltavat liikekitkakertoimet nautojen hoitomuodon ja iän
mukaan (Bähr & Türpitz 1976).

Hoitomuoto ja eläintyyppi	Materiaalin liikekitkakerroin	
	Tasainen lattia	Rakolattia
Vapaana		
Lehmät, hiehot	0,40	0,30
Nuorkarja	0,35	0,25
Vasikat	0,30	0,25
Kytkeytynä		
Lehmät, hiehot	0,35	0,25
Nuorkarja	0,30	0,25
Vasikat	0,25	0,20

Kuivan pinnan kitkakerroin on yleensä suurempi kuin kostean ja likaisen pinnan. Materiaa-
lista riippuen kuluneen lattiapinnan kitkakerroin voi olla joko pienempi tai suurempi kuin
uuden pinnan.

2.2.2 Pinnan karkeus ja kuluttavuus

Pinnan karkeus ja kuluttavuus ovat eläimen kannalta oleellisia ominaisuuksia. Ne ovat tyy-
pillisiä ihovaurioiden syytä. Pinnan karkeuden mittaamiseksi ei ole kehitetty standardisoi-
tua mittaamenetelmää. Kuluttavuutta on mitattu niin sanotulla vetokokeella. Kuluttavuutta
voidaan arvioida joko mittaamalla testimateriaalin pinnan muutokset tai määrittämällä ku-
lutetun testimateriaalin painon väheneminen. Nilssonin (1988) mukaan mikä tahansa koos-
tumukseltaan homogeeninen aine, joka on pehmeämpi kuin tutkittava lattiamateriaali, so-
veltuu testiaineeksi.

Puumalan ja Lehtiniemen mukaan (1993) pinnan karkeus ja kitkakerroin mittaavat pinnasta
lähes samoja ominaisuuksia. Kuluttava vaikutus kasvaa kitkan kasvaessa. Siten pinnan
puhtaus ja kulumisen vaikuttavat sen karkeuteen. Pinnan karkeus on usein ristiriitainen
ominaisuus puhdistettavuuden kanssa.

2.2.3 Pinnan puhdistettavuus

Pintamateriaaleja valittaessa tavoitteena on helposti puhdistettava pinta. Helppo puhdistettavuus on tavoiteltavaa erityisesti niissä kohteissa, joita joudutaan puhdistamaan usein ja kohteissa, joissa tavoitteena on hyvä hygienia. Hygienenisyys korostuu etenkin maidonkäsittelytiloissa sekä porsimis- ja vieroituskarsinoissa. Myös muiden lattiapintojen helppo puhdistettavuus on etu. Kotieläinsuojissa tulisi tavoitella hyvää hygieniaa, koska puutteellisen hygienian seurauksena erilaiset sairaudet lisääntyvät (Hyvärinen 1978). Tämä korostuu yksikkökokojen kasvaessa, koska suurissa yksiköissä epidemialuonteiset sairaudet voivat aiheuttaa melkoisia taloudellisia tappioita. Pesun tavoitteeksi ei voida asettaa pintaa, jolla ei ole bakteereita, vaan tavoitteena on näkyvän lian poistaminen. Desinfiointin avulla voidaan vähentää pesun jälkeen pinnassa olevaa bakteerikasvustoa, mutta täysin puhdasta pintaa ei voida saavuttaa.

Painepesuria käytetään yleisesti karjasuojien lattiapintojen puhdistukseen, koska se on osoittautunut tehokkaaksi pesumenetelmäksi. Puhdistustulos on erinomainen ja puhdistukseen käytetty aika on pienempi kuin käsinpesumenetelmillä (Nilsson 1988). Painepesurin pesutehooon vaikuttavat pesurin paine, vesimäärä ja pesuetäisyys (Karhunen & Pyykkönen 1978). Myös pesuveden lämpötilalla on selvitysten mukaan vaikutusta saavutettavaan pesutehooon (Anttila 1988).

2.3 Työturvallisuusvaatimukset

Tuotantorakennusten työturvallisuuteen on tarpeen kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Turvallisuuden toteutumista tuotantorakennuksissa voidaan arvioida niissä sattuneiden tapaturmien perusteella. Kotieläintuotannossa sattuu vuosittain enemmän tapaturmia kuin missään muussa maataloustyövaiheessa Suomessa (Tike 2004). Esimerkiksi vuonna 2003 eläinten hoitotöissä sattui 2767 Maatalousyrittäjien eläkelaitoksen (Melan) rekisteröimää tapaturmaa eli noin 50 % kaikista maataloustyössä sattuneista tapaturmista. Suurimmassa osassa tapauksista tapaturman välitön aiheuttaja oli eläin (47 %), mutta myös työympäristöllä on suuri merkitys. Työympäristö mainittiin tapaturman aiheuttajaksi noin 31 %:ssa eläinhoidossa sattuneista tapaturmista.

Melan rekisteristä selviää myös, että esimerkiksi vuosina 1992 – 2002 korvattiin 6414 sellaista kaatumis-, liukastumis- tai kompastumistapaturmaa, jonka välittömäksi aiheuttajaksi oli mainittu jokin lattiarakenne, kuten lattia, kynnys, ajoluiska, ruokintapöytä, lantakouru tai karsina. Tämä oli noin 14 % kaikista sikojen ja nautaeläinten hoitotöissä sattuneista tapaturmista mainittuna ajanjaksona. Näiden lattiarakenteisiin liittyvien liukastumis-, kompastumis- ja kaatumistapaturmien keskimääräinen työkyvyttömyysaika oli 26 päivää ja yhteenlaskettu työkyvyttömyys 462 henkilötyövuotta. Vakavia eli yli kuukauden työkyvyttömyyden aiheuttaneita tapaturmia oli 22 % ja ne aiheuttivat noin 60 % työkyvyttömyyspäivistä.

Lattioihin liittyvät kompastumiset, liukastumiset ja kaatumiset aiheuttivat Melalle noin 11 milj. € kulut työkyvyttömyyskorvauksina tarkastelujakson aikana (1992 – 2002). Tämä oli 5,7 % kaikista maksetuista korvauksista. Viljelijälle vahingosta aiheutuu vakuutusyhtiön korvaamien kustannusten lisäksi myös monia epäsuoria kustannuksia, joiden arvoa on vaikea määritellä. Tällaisia ovat esimerkiksi ajallisuuskustannukset, laatuvaikutukset, tuotannon menetykset, koneiden käyttöaikatappiot ja sivuansiomenetykset. Myöskään tapaturmista aiheutuvaa inhimillistä kärsimystä ei ole arvioitu.

2.4 Pinnan ominaisuudet eläimen kannalta

Kirjallisuuskatsauksessa, joka kokonaisuudessaan on loppuraportin liitteenä, selvitettiin erilaisten lattiamateriaalien merkitystä eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Katsauksessa tarkasteltiin myös eri tutkimuksissa käytettyjä havainnointimenetelmiä, jotta tutkimushankkeen käsittelyjen vaikutusten havainnointi voitiin tehdä hyviä menetelmiä käyttäen.

Lattioiden käyttökohteet vaikuttavat lattioiden ominaisuuksien vaatimuksiin. Eläintiloissakin eläinten käyttäytyminen asettaa erilaisia vaatimuksia lattialle. Samanlainen lattia ei useinkaan täytä sekä liikkumiselle että makuupaikalle asetettuja vaatimuksia. Eri tuotantovaiheissa olevien eläinten erilaisia vaatimuksia lattian suhteen kuvaa hyvin se, miten vaikeaa on löytää sekä emakolle että porsaille sopivaa alustaa. Lattian tulisi olla samanaikaisesti sekä pitävä että kuluttamaton. Emakot valitsevat porsimisaikaan mieluummin betonilattian kuin muovipinnoitetun tai metallilattian. Kumimatto on imettävän emakon kannalta parhaita vaihtoehtoja. Pinnoittamaton betoni ja kumimatto ovat toisaalta korkean kitkan ja karkeuden vuoksi haitallisia porsaille. Ne aiheuttavat polvivammoja. Onkin tärkeää havainnoida tuotantotilaa kokonaisuudessaan ja ottaa huomioon lattian eri ominaisuuksien vaikutuksia eri-ikäisiin ja eripainoisiin eläimiin. Taulukkoon 3 on kerätty esimerkkejä siitä, minkälaisia käyttäytymis- ja fyysisiä oireita erilaiset alustan ominaisuudet aiheuttavat eläimissä.

Lattioiden suorat tai välittömät vaikutukset eläimiin voidaan jaotella toisaalta akuutteihin tapaturmien aiheuttamiin vammoihin, toisaalta hitaammin kehittyviin ongelmiin. Vaikka vammojen synnyssä onkin kyse satunnaisesta hetkellisestä tapahtumasta, voidaan usein havaita altistavia riskitekijöitä, joita pystytään hallitsemaan. Esimerkiksi liukkautta vähentämällä voidaan vähentää kaatumisriskiä. Hitaasti kehittyvistä tilanteista voidaan mainita esimerkkinä hiertymien syntyminen liian kovan tai kuluttavan makuualustan seurauksena.

Taulukko 3. Lattian erilaisten haitallisten ominaisuuksien aiheuttamia oireita eläimissä. Havainnot on kerätty useista eri lähteistä.

Alustan ominaisuus	Käyttäytymisoireet	Fyysiset oireet
Lattia liian märkä		Tartuntataudit, likaisuus, sorkkien kuluminen
Lattia liian kylmä	Ruumiin värinä, muuttuneet makuuasennot, porsaiden kerääntyminen toistensa lähelle	Paleltumiset, porsaiden lisääntynyt murskaantumisriski
Lattia liian kova	Makuullemenoaiveudet, vähentynyt makaaminen, lisääntynyt istuminen, ontuminen	
Lattia liian pehmeä	Makuullemenoaiveudet (hypoteettinen ongelma, ei ole tutkittu)	
Lattia liian liukas	Liukastumisliikkeet, makuullemenoaiveudet, kävelyvaikeudet, ruumiin hoidon vaikeutuminen, aktiivisuustason lasku	Akuutit vammat, sammakko-porsaat, porsaiden lisääntynyt murskaantumisriski, jänneongelmat

3 Laboratoriokokeet

3.1 Tutkitut materiaalit

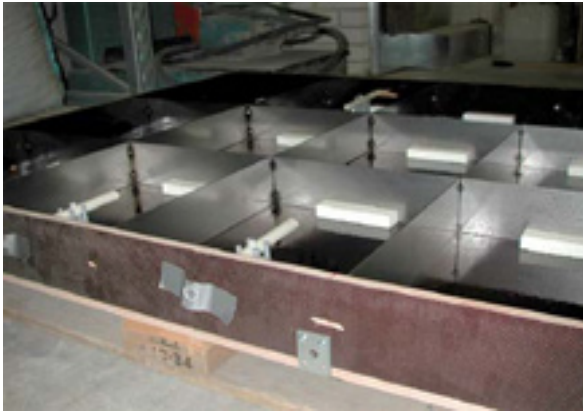
3.1.1 Betoni

Alusbetonilaatat valettiin kahdella muotilla, joissa kummassakin valmistui samalla kertaa 12 kappaletta lopullisiin pinnoituskokeisiin tulevaa 375 mm x 300 mm x 100 mm kokoista koelaattaa, kuva 2a. Muotit valmistettiin 12 mm:n vanerista ja koottiin kuormalavojen päälle. Muoteissa koelaatat erotettiin toisistaan 85 mm korkeilla peltisillä, paikallaan yhteenhitsatuilla ja muotin pohjaan kiinnitetyillä väliseinillä. Näin laatan pintaan jäi 15 mm paksu yhtenäinen betonikerros, joten kummankin muotin jokaisen 12 laatan pintaan saatiin yhtenäinen ja identtinen pintarakenne.

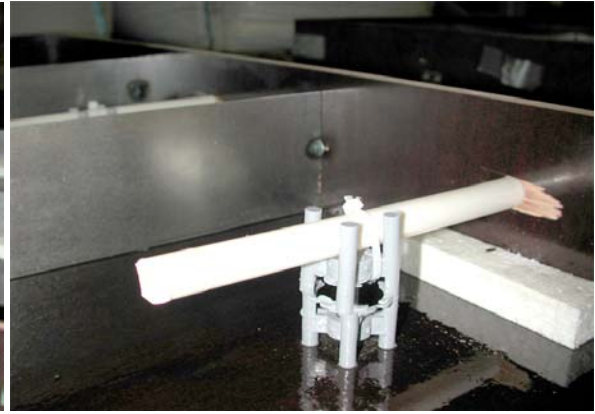
Alusbetonilaattojen pinnoitettavuusajankohdan määrittämistä varten laattoihin tarvittiin paikat kosteusantureille. Ennen valua kummankin muotin kolmeen koelaattaan asennettiin pinnan suuntainen ulkohalkaisijaltaan 16 mm oleva muoviputki (sähköputkea). Muoviputkien etäisyys valun pinnasta oli 45 mm ja ne ankkuroitiin asemaansa muovisilla raudoitustuilla ja muovisilla nippusiteillä (kuva 2b). Putkien valunpuoleinen pää suljettiin maalarinteipillä. Valuvalmis muotti kosteusmittausputkineen on esitetty kuvassa 2a.

Betonimassa koekappaleita varten toimitettiin pyörintäsäiliöautolla ja valettiin rännivaluna. Sekä alusbetonilaatat että MTT Vakolan laboratoriokokeita varten tehdyt vertailubetonikappaleet (8 kpl 400 mm x 400 mm x 50 mm laattoja) tiivistettiin tärysauvalla. Alusbetonilaattojen pintakäsittelyt simuloivat todellisia olosuhteita. Niistä toinen hierrettiin puulastalla ja toinen sekä MTT:n vertailukappaleet hierrettiin teräslastalla viiden tunnin kuluttua valusta. Tämän jälkeen alusbetonilaatat ja vertailukappaleet peitettiin muovikalvolla siten, että muovikalvo ei osunut kiinni tuoreen betonin pintaan. Betonipinnan kovetuttua alusbetonilaattoja jälkihoidettiin kastelemalla niitä kahden viikon ajan. Valetut alusbetonilaatat on esitetty kuvassa 2c.

Toimitetun betonimassan tunnistetiedot ja TKK:n tekemien massakokeiden tulokset on esitetty taulukossa 4. Betonimassan puristuslujuuden kehittyminen määritettiin valun yhteydessä valmistetuista 36 koekuutiosta. Lujuuskokeiden koekappaleita (100 mm x 100 mm x 100 mm kuutiot) jälkihoidettiin sekä alusbetonilaattojen vieressä että standardin mukaisissa olosuhteissa, jolloin kosteus oli RH 95 % ja lämpötila 20 °C. Lujuuskokeiden tulokset on esitetty taulukossa 5 ja kuvassa 3.



a) valuvalmis muotti



b) kosteusmittausputki



c) valetut alusbetonilaatat



d) kosteudenmittauslaitteisto



e) puuhierretyn alusbetonilaatan
vesihiekkapuhallus



f) teräshierretyn alusbetonilaatan konehionta

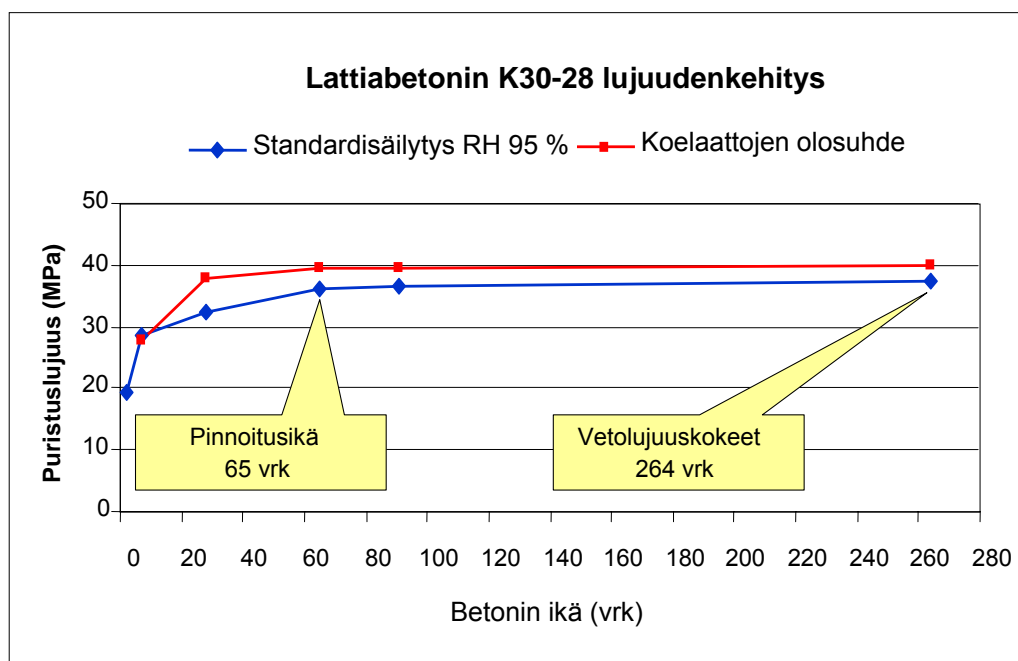
Kuva 2. Alusbetonilaattojen valmistus ja käsittely. Kuvat: Juha Komonen

Taulukko 4. Alusbetonilaattojen betonimassan tunnistetiedot ja tuoreen betonimassan koetulokset

Alusbetonin tunnistetiedot		Massakokeiden tulokset	
Massan toimittaja	Lohja Rudus Oy	Lämpötila	18 °C
Valupäivä	17.5.2004	Painuma	215 mm
Betonityyppi	Nopeasti sitoutuva lattiabetoni	Notkeus	- sVB
Betoni	K30-28 2-lk	Leviämä	565 mm
Maksimiraekoko	16 mm	Ilmamäärä	5,8 %
Notkeus	2-3 sVB	Tiheys	2237 kg/m ³
Sideaine	Cem II /(A-LL) 42.5 R		
Lisäaine 1	Glenium 51 0,200%		
Lisäaine 2	Micro-Air 0,015%		
Muuta	Tehonotkistettu 1-luokka		

Taulukko 5. Alusbetonin lujuudenkehitys

Testausikä (vrk)	Puristuslujuus (MPa)											
	Standardisäilytys RH 95 %						Säilytys koelaattojen olosuhteissa					
	kpl 1	kpl 2	kpl 3	k.a.	hajonta	var.	kpl 1	kpl 2	kpl 3	k.a.	hajonta	var.
2	19,7	19,2	19,5	19,5	0,3	1,3 %	-	-	-	-	-	-
	2269	2206	2260	2245	34,1	1,5 %	-	-	-	-	-	-
7	29,3	28,6	27,8	28,6	0,8	2,7 %	28,1	27,4	27,9	27,8	0,4	1,4 %
	2242	2232	2220	2231	11,0	0,5 %	2253	2227	2248	2243	13,8	0,6 %
28	31,5	32,4	32,7	32,2	0,7	2,0 %	38,2	37,6	37,8	37,8	0,3	0,8 %
	2240	2244	2250	2245	5,0	0,2 %	2212	2197	2185	2198	13,5	0,6 %
65 (pinnoitus)	35,5	36,2	36,1	35,9	0,4	1,1 %	39,2	39,7	39,3	39,4	0,2	0,6 %
	2292	2240	2299	2277	32,2	1,4 %	2199	2213	2211	2208	7,6	0,3 %
91	36,5	35,7	37,0	36,4	0,7	1,8 %	39,2	39	39,9	39,4	0,4	1,1 %
	2281	2256	2284	2274	15,4	0,7 %	2188	2184	2161	2178	14,6	0,7 %
264 (veto-kokeet)	38,9	36,5	36,7	37,3	1,3	3,6 %	40,8	39,6	39,8	40,1	0,7	1,6 %
	2282	2285	2279	2282	3	0,1 %	2175	2167	2153	2165	11,1	0,5 %



Kuva 3. Alusbetonilaattojen massan lujuudenkehitys.

3.1.2 Muovimassat

Tutkimukseen valittujen muovimateriaalien valintakriteerinä oli, että niiden voidaan perustellusti olettaa kestävän käyttökuntoisena 10 – 15 vuotta, ja että niillä on hyvä lämmönkestävyys. Lattiamateriaalien on kestettävä toistuvia kuumapesuja. Puumala ja Lehtiniemi (1993) ovat happorasituskokeiden tulosten pohjalta arvioineet, että materiaalit kestävät säilörehun aiheuttamaa räsitusta ruokintapöydällä seuraavasti:

1. Lakat	3 - 6 vuotta
2. Maalit	4 - 8 vuotta
3. Pinnoitteet	4 - yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
4. Epoksimassat	yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
5. Polyuretaanimassat	yli 10 vuotta hyvässä kunnossa
6. Akryylimassat	yli 10 vuotta erittäin hyvässä kunnossa
7. Erikoismassat	yli 10 vuotta tyydyttävässä kunnossa
8. Betonit	syöpyvät 10 vuodessa 3,04 - 5,25 mm

Arvio on yhteneväinen muiden tutkimusten kanssa. Niissä ohuet pinnoitteet ovat kestäneet pinnoituskohteesta riippuen säilörehun aiheuttamassa räsituksessa vain vuodesta vajaan 10 vuoteen asti ja betonien on havaittu tällöin syöpyneen (Anon. 1988, Anon. 1989, Engler 1990).

Muovimassat täyttivät aikaisempien tutkimustulosten perusteella tutkittaville materiaaleille asetetun kestoikävaatimuksen. Muovimassat täyttivät myös lämmönkestävyysvaatimuksen akryylia lukuun ottamatta. Epoksimassan valinnan lisäperusteena oli myös, että se on maataloudessa eniten käytetty muovimateriaali. Polyuretaanimassa on muista muovimateriaaleista poiketen hiukan joustava ja sillä pystyy jossain määrin silottamaan betonin halkeilua. Edellä mainituista materiaaleista tehtiin sekä pelkät muovi- että sementtiseosmassat. Tutkimuksen muovimassojen koostumukset sekä niistä jatkossa käytettävät kirjainlyhenteet on esitetty taulukossa 6. Vertailumateriaalina olevasta betonista käytetään jatkossa kirjainlyhennettä BET.

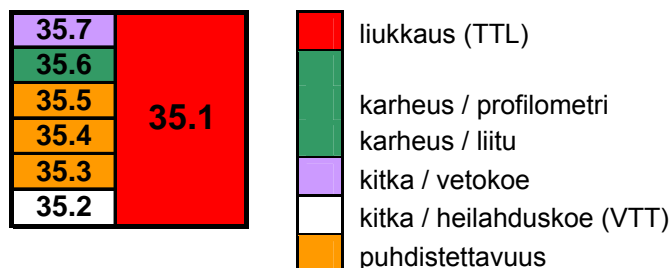
Pinnoitusaluistoina käytettiin valmisbetonilaattoja, joiden mitat olivat 500 mm x 500 mm x 50 mm. Laatat koostuivat kahdesta kerroksesta betonia. Pohjakerros oli vahvuudeltaan 33 mm. Siinä oli käytetty betonikuutiossa 360 kg sementtiä, 70 kg lentotuhkaa, 1 700 kg soraa 0 – 8 mm, 200 kg sepeliä 6 – 12 mm ja 50 kg vettä. Pintakerros oli 17 mm paksuinen ja se oli valmistettu betonista, jonka koostumus oli 400 kg sementtiä, 2300 kg soraa 0 – 4 mm ja 190 kg vettä.

Taulukko 6. Laboratoriokokeessa käytettyjen muovimassojen koostumus ja jatkossa käytetyt nimi-lyhenteet.

Materiaali	Lyhenne	Sideaine	Täyteaine raekoko	Painoseos- suhde sideaine/hiekka	Pintalakka kg/m ²
Epoksihierto- massa	EPH	Bisfenoli F	epoksihiekkä 0,1 - 1,8 mm	5,3/18	epoksi 0,25
Sementtiepoksi	SEP	Sementtiepoksi	epoksihiekkä 0,5 - 1,2 mm	3,7/2	epoksi 0,25
Polyuretaani- massa	PUH	2-komp. MDI-isosyaniitti-polyoli	epoksihiekkä 0,5 - 1,2 mm	1/2	polyuretaani 0,25
Sementti- polyuretaani	SPU	Sementtipoly-uretaani	epoksihiekkä 0,5 - 1,2 mm	5,4/2	polyuretaani 0,25
Polyuretaani- massa	PUK	2-komp. MDI-isosyaniitti-polyoli	kumirouhe 2 - 3 mm	1/2	polyuretaani 0,50

3.2 Mittausmenetelmät

Laboratoriokokeissa keskityttiin lattiamateriaalien pintaominaisuuksien määrittämiseen. Mekaanista kestävyyttä ei testattu, koska aikaisempien tutkimusten perusteella (Puumala & Lehtiniemi 1993) betoni ja muovimassat kestävät hyvin mekaanista rasitusta. Kemiallisen rasituksen kestävyyttä ei myöskään testattu. Tutkimukseen otettujen materiaalien kemiallisen rasituksen kestävyys tarkistettiin tuotteiden valmistajien tekemien testien perusteella.



Kuva 4. Koelaatan n:o 35 jakaminen eri mittauksiin.

anhiomakoneeseen kiinnitetyllä hiekkapaperilaikalla n:o 60 puolen minuutin ajan. Hiekkapaperilla hiottiin kaksi laattaa, sitten se käännettiin ja hiottiin kaksi seuraavaa. Käytetyn hiomakoneen paino oli 37,62 kg ja paperin halkaisija oli 40 cm. Pintakuormitus oli 0,3 N/cm².

Kitkaa ja karkeutta mitattiin lisäksi sekä kuivasta, märästä että likaisesta pinnasta. Likana käytettiin liisterilikaa, joka koostui tapettiliisteristä, ruisjauhoista, sahanpuruista ja vedestä tilavuussuhteessa 1:1:8:38. Kullekin koepalalle likaa annosteltiin 37,5 ml, jolloin sen kerros-paksuus vastasi Puumalan ja Lehtiniemen (1993) tutkimuksessaan käyttämää likakerrosta.

3.2.1 Kitka

Kitkaa mitattiin kolmella eri menetelmällä. Ainoa tässä tutkimuksessa käytetty standardin mukainen kitkanmittausmenetelmä (EN 13036-4)) on heilahduskitkamittaus, SRT (skid resistance tester), jolla tulos saadaan yksikkönä PTV (Pendulum Test Value, EN 13108) (kuva 5). SRT-laitetta käytettiin VTT:n tekemissä mittauksissa. Kirjallisuuden mukaan tämä on yksi harvoista kitkan kenttämittauksiin soveltuvista laitteista. Sitä käytetään muun muassa teiden ja jalkakäytävien liukkauden arvioinnissa. Samaa mitauslaitetta on käyttänyt Tanskan neuvontajärjestö testatessaan navetan lantakäytävän materiaalivaihtoehtoja (Fredriksen & Hviid 2005). Mittaustulos on ilmoitettu viiden mittauksen sarjasta laskettuna keskiarvona.



Kuva 5. SRT-kitkanmittauslaite. Kuva: VTT

Kaikki mittaukset tehtiin viitenä kerranteena. Sekä betonilaatat että muovimassoilla pinnoitetut laatat numeroitiin ja leikattiin eri mittauksia varten kuvan 4 mukaisesti.

Kaikkien koemateriaalien laboratoriokokeet tehtiin uudesta ja kulutetusta pinnasta. Materiaalien pinta kulutettiin hiomalla sitä latti-



Kuva 6. FIOH-kitkanmittauslaite.
Kuva: TTL



Kuva 7. Kitkan mittausta vetokitkamenetelmällä. Kuva: MTT Vakola

Työterveyslaitos teki kitkamittaukset laboratorio-laitteella (Grönqvist et al. 1989), joka simuloi ihmisen jalan liikkeitä ja voimia, jotka kohdistuvat lattiaan liukastumistilanteessa (liukastumissimulaattori FIOH) (kuva 6). Liukastumisvastus määritetään mittaamalla dynaaminen kitkakerroin (DCOF). Kitkan mittaamiseen käytettiin polyuretaanipohjaista jalkinetta (tyyppi Jalas, malli 8450, koko 42). Käytettävän testimateriaalipalan koko tulee olla sen kokoinen, että sille sopii kolme askelta/mittauskerta. Mittauskertoja oli kuivana alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen vain yksi ja kosteana sekä liattuna viisi, joista tulokseksi laskettiin keskiarvot. Kitkapalana olleen jalkineen kulumisesta johtuen kuivana mittaamista jouduttiin vähentämään.

Kolmantena menetelmänä mitattiin lepo- ja liikekitka MTT Vakolassa aikaisemmissa tutkimuksissa (Puumala & Lehtiniemi 1993) käytetyllä vetokitkamittalaitteella (kuva 7), jota oli nykyaikaistettu mittaustietojen tallennuksen osalta. Mittalaitteeseen kytketyn tiedonkeruulaitteen mittaustaajuus oli 5 Hz (mittauksia 5 kpl/s). Koekappale oli kiinnitetty laitteessa alustaan, jota vedettiin paikallaan pysyvän tukijalan alta. Kitkapala oli kiinnitetty tukijalkaan, joka esti palan liikkumisen alustan mukana. Tukijalassa oli nivel 35 mm korkeudella materiaalin pinnasta mitattuna. Nivel salli kitkapalan liikkuvan koekappaleen pinnanmuodon mukaan. Kitkapalan materiaali oli HD-polyeteenimuovia, jonka on todettu vastaavan kitkaominaisuuksiltaan kuivaa sorkkaa (Beer 1976). Kitkapala oli muodoltaan pyöreä (halkaisija 59 mm) ja sitä kuormitettiin 50 kg:n massalla. Kustakin koepalasta tehtiin kolme mittausta, ja tulokset laskettiin näiden keskiarvona.

3.2.2 Pinnan karkeus ja tasaisuus

Pinnan karkeutta ja kuluttavuutta mitattiin samalla vetokoejärjestelyllä kuin kitkaa, mutta kitkapalan tilalle oli nyt kiinnitetty testimateriaaliksi liitu (kuva 8). Kokeessa lattiamateriaalin pintaa vasten kuormitetun liidun alla ollutta koepalaa vedettiin liitupalan pituus-suunnassa. Liitua, 12 mm x 12 mm x 30 mm, kuormitettiin 1500 g massalla ja vetonopeus oli 1,25 mm/s, kuten Puumala ja Lehtiniemi (1993) olivat tehneet. Liidun painohäviön perusteella saatiin kuva pinnan kuluttavasta vaikutuksesta.

Pinnan tasaisuutta mitattiin neulaprofilometrillä (Mitutoyo Surftest 301, sarja 178). Kyseisen profilometrin mittauspituus on 4 mm ja mittaustarkkuus 0,05 µm. Sillä mitattiin jokaisesta koekappaleesta kolmesta kohdasta pinnan R_a - (aritmeettinen keskipoikkeama) ja R_q -arvot (neliömäinen keskipoikkeama) sekä P_c -arvo (huippujen lukumäärä) ja m_r -arvo (aineisuus, kantopintakäyrä).

Pinnan tasaisuutta mitattiin myös laserprofilometrillä (kuva 9), jonka mittauspalkin maksimi mittauspituus on 0,5 m. Mittauksessa 12 V jännitteellä toimiva sähkömoottori kuljettaa laseryksikköä valitun mittauspituuden automaattisesti. Laserlaite mittaa profiilin halutuin välein, esim. 0,05 - 2 mm. Mittausprosessia ohjataan kannettavalla tietokoneella, jolle voidaan antaa tiedot esim. aloitus- ja lopetuspisteestä, mittausvälistä, mittauksen nimestä, päivämäärästä jne. Aloituskäskyn saatuaan laite suorittaa mittauksen ja palaa aloituspisteeseen. Laserin tarkkuus on valmistajan mukaan 0,05 mm ja mittausnopeus 1 m/20 s. Suoritettujen esikokeiden mukaan laserprofilometrin mittaustarkkuus oli 0,1 mm pystysuunnassa ja 0,15 mm vaakasuunnassa. Lasersäteen halkaisija oli 0,1 mm. Rajallinen mittaustarkkuus estää yleisesti käytetyn karheusparametrin R_a laskeamisen aineistosta.

Laserprofilometrillä mitattiin samat koepalat kuin neulaprofilometrilläkin (60 kpl). Mittauspituus oli 100 mm ja mittauksia tehtiin neljä rinnakkain. Lisäksi sillä mitattiin kentällä tehdyt laboratoriokoekappaleet. Tässä tutkimuksessa käytetyn laserprofilometrin tarkkuus soveltuu hyvin makrotason mittauksiin, vaikka vertailulaitteena käytetyn neulaprofilometrin erotuskyky onkin tuhatkertainen.

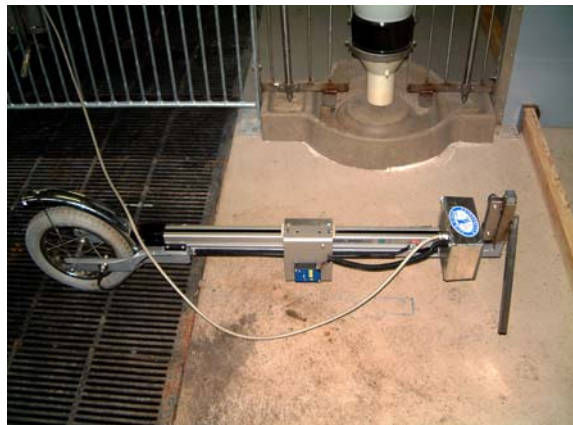
3.2.3 Puhdistettavuus

Koekappaleita oli yhteensä 180 kpl ja kaikille oli vertailukappaleet. Malliliiat on esitetty taulukossa 7. Liisterilian koostumusta oli muutettu aiemmissa kokeissa (Puumala & Lehtinen 1993) käytetystä siten, että sahanpurua oli vain puolet entisestä ja se seulottiin kahden eri karkeuteen. Näin siitä saatiin vähemmän juoksevaa. Keinotekoisien malliliian käyttäytymistä verrattuna lietalantaan seurattiin validointikokeilla.

Koepalat liittiin mittaamalla 37,5 ml liisterilikkaa tai 45 ml lantalikkaa mitta-astialla ja levittämällä se koepaloille kertakäyttöveitsellä. Liisterilian kuivumisaika ennen puhdistusta oli 7 vrk ja lantalian vastaavasti 14 vrk, koska lantalika oli hitaasti kuivuvaa. Jokaisesta pinnoitemateriaalista tutkittiin viisi rinnakkaisnäytettä jokaisessa pesussa.



Kuva 8. Pinnan kuluttavuuden mittaamisessa käytetty menetelmä. Kuva MTT Vakola.



Kuva 9. Pinnan tasaisuusmittauksiin sekä laboratoriossa että kenttäolosuhteissa käytetty laserprofilometri. Kuva: MTT Vakola.

Taulukko 7. Tutkimuksessa käytetyt likatyypit.

Mallilika	Koostumus
Liisterilika (Puumala & Lehtiniemi 1993)	Tapettiliisteri 2,4 % (269 g) Ruisjauho 2,3 % (250 g) Sahanpuru < 2 mm 2,7 % (295 g) Sahanpuru < 4 mm 6,4 % (705 g) Vesi 86,2 % (9500 g) Punainen karamelliväri
Lantaliika	Sian lietelanta, jossa sahanpurua joukossa (seossuhdetta ei määritetty).

Koepalat puhdistettiin hihnakuljetintyyppisessä laitteessa (kuva 10), johon oli liikkuvalla kumihihnalle kiinnitetty pestävät koepalat (12 kpl kerrallaan) peräkkäin painepesua varten. Pesulaite oli rakennettu aiemmin vastaavissa kokeissa käytetyn laitteen (Puumala & Lehtiniemi 1993) perusteella. Koe tehtiin osaruutukokeena, jossa pääruututekijänä oli pinnoite-materiaali ja osaruututekijänä kulutuskäsittely. Mittausjärjestys satunnaistettiin sekä pää-että osaruututasolla.



Kuva 10. Koepesulaitteisto. Kuva MTT Vakola.

Puhdistukseen käytettiin painepesuria (Clen DS 1921 T). Pesurin paine oli 120 bar. Pesulämpötilat olivat kylmä 15 °C (liisterilika), lämmin 40 °C (liisterilika ja lantaliika) sekä kuuma 75 °C (liisterilika). Lämpimässä pesussa käytettiin vesijohdosta saatavaa kuumaa vettä lämpötilan tasaisuuden vuoksi. Var-

sinaista höyrypesua ei tehty, vaan se korvattiin kuumapesulla, jossa vesi lämmitettiin painepesurilla. Pesutulosta mitattiin värimittarilla (tyyppi Chroma Meter CR-200), jolla saatiin väriarvot musta-valkea-, punainen-vihreä- ja sininen-keltainen-asteikoilla, joista laskettiin puhdistuvuuden lukuarvot, E-arvot, julkaisussa Pesonen-Leinonen et al. (2005) esitetyllä kaavalla.

Puhdistumistulosta arvioitiin lisäksi silmämääräisesti. Silmämääräisessä arvioinnissa käytetty asteikko oli 1 - 4, jossa 1 oli täysin likainen ja 4 täysin puhdas. Arviointi toteutettiin siten, että kaksi henkilöä arvioi pesutulosta jokaisen pesukierroksen jälkeen.

Esikokeiden avulla selvitettiin likaamattomien laattojen epätasaisten pintojen värin hajonta kymmenestä koekappaleesta, pinnan kosteuden ja märkyyden vaikutusta värimittaustulokseen sekä kuluttamattoman ja kulutetun pinnan värin ero. Värin hajonta oli pieni, joten lopullista koekappaleiden määrää voitiin pienentää ja jokaisesta materiaalista tehtiin kuusi mittausta, joista laskettiin L*-, a*- ja b*-arvoille keskiarvot. L*-arvo kuvaa värin harmaata, a*-arvo värisävyn punaisuutta tai vihreyttä ja b*-arvo keltaisuutta tai sinisyyttä. Mittaukset tehtiin määritettyjen laatoista, koska kaikkien pinnoitettujen laattojen pinnan kosteuden ja märkyyden vaikutus väriin oli esikokeiden perusteella vähäinen. Lisäksi pinnoittamattomasta,

kuluttamattomasta, likaamattomasta märästä betonilaatasta saadut värimittaustulokset olivat vähemmän vaihtelevia kuin kosteasta laatasta saadut johtuen kosteuden haihtumisen vaihtelua aiheuttavasta vaikutuksesta pinnoittamattoman betonin väriin. Värieroa ei ollut myöskään likaamattomien pinnoittamattomien tai pinnoitettujen, kulutettujen kosteiden ja märkien laattojen välillä. Pinnoittamattomien laattojen värieroon voisi periaatteessa vaikuttaa se, että laattojen väri muuttuu niiden kuivuessa, mutta kokeen kulun nopeuden vuoksi tämä ei aiheuttanut ongelmia.

Laskennallinen pesutulos määritettiin liisteriialla liattujen koekappaleiden pinta-alan ja kuljetinhihnan kulkunopeuden perusteella, kun puhtaus arvioitiin silmämääräisesti.

3.2.4 Betonin pinnoitettavuus

Alusbetonilaattojen kosteuspitoisuus eli niiden päällystettävyyys määritettiin Vaisalan HMP 233 -mittausantureilla. Kyseiset anturit mittaavat ympäristönsä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Kaikki mittausanturit kalibroitiin ennen mittauksia Vaisalan HMK 15 -kalibraattorissa. Kalibraattorissa käytetyt referenssikosteuspitoisuudet olivat 75 ja 97 % ja ne saatiin aikaan kylläisillä suolaliuoksilla. Kosteuspitoisuudessa 75 % käytettiin suolana kalsiumkloridia (CaCl) ja 97 %:ssa kaliumsulfaattia (K₂SO₄).

HMP 233 -mittausanturit (yhteensä 6 kpl) asennettiin aluslaatoissa oleviin muoviputkiin kahden vuorokauden kuluttua valusta. Ensiksi muoviputken päässä oleva maalarinteippi porattiin auki. Sitten poraamista jatkettiin, kunnes betoniin oli muodostunut muoviputken päästä noin 15 mm betonilaatan sisään ulottuva mittauskammio. Porauksen jälkeen mittauskammio vielä puhdistettiin imurilla. HMP 233 -mittausanturi työnnettiin muoviputken läpi mittauskammioon. Muoviputken ulkopään ja mitta-anturin johdon välinen sauma tiivistettiin sinitarralla. Mittaustulokset rekisteröitiin GRANT 1000 Series SQUIRREL METER/LOGGER -tiedonkeruulaitteeseen 30 minuutin välein. Mittauslaitteisto on esitetty kuvassa 2d. Mittausanturit kalibroitiin HMK 15 -kalibraattorissa myös mittauksien jälkeen. Näiden jälkikalibrointien perusteella määritettiin alusbetonilaattojen todellinen suhteellinen kosteus.

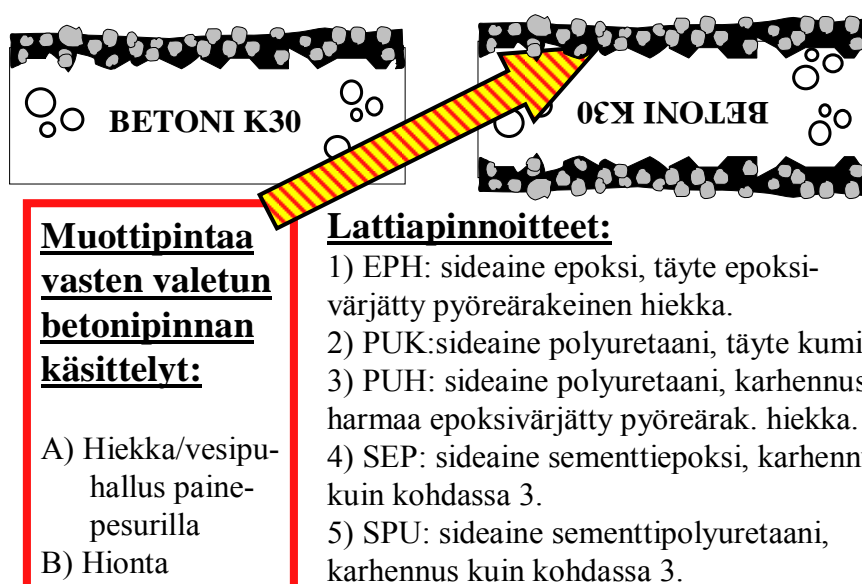
Alusbetonilaattojen käsittely

Alusbetonilaattojen saavutettua vaaditun RH 90 % suhteellisen kosteuspitoisuuden molempien betonilaattojen pinnat käsiteltiin. Puuhierretyn laatan pinta vesihiekkapuhallettiin KÄRCHER HD 850 -painepeurilla, kuva 2e. Hiekkana käytettiin Nilsian kvartsiä 0,3 - 0,9 mm. Sitten vesihiekkapuhalletun pinnan annettiin kuivua viisi päivää. Tämän kuivumisjakson jälkeen teräshierretyn laatan pinta hiottiin pyörivällä hiontalaitteella, kuva 2f. Hionnan aikana laatan pintaan ripoteltiin kvartsihiekkää, mikä paransi hionnan tehoa. Pinta harjattiin puhtaaksi pölystä ja sen muutamia paikkoja vielä karhennettiin teräsharjalla hankamalla. Sitten tämä nyt hiottu pinta ja myös aiemmin vesihiekkapuhallettu pinta pohjustettiin. Molempien alusbetonilaattojen pintaan telattiin 10 cm leveällä telalla pohjustukseksi General Polymersin epoksi. Tämän jälkeen tuoreeseen epoksiin ripoteltiin massapinnoitteiden tartunnan parantamiseksi Nilsian 0,1 - 0,6 mm:n kvartsihiekkää. Kummankin laatan ne kohdat, joihin tuli sementtiepoksipinnoite SEP, jätettiin käsittelemättä. Saman päivän iltana laattakentät murrettiin ja yksittäiset testilaatat eroteltiin toisistaan. Sitten kaikkien testilaattojen reunoihin yhtenäisten pinnoitepaksuuksien varmistamiseksi liimattiin Bostik Contact -liimalla (epoksiliima) 5 mm leveät ja 3 mm paksut kumikaistaleet.

Testilaattojen pinnoitus

Kullekin lattiapinnoitteelle (EPH, SEP, PUH, SPU ja PUK) valmistettiin tartuntalujuustestitä varten yhteensä neljä testilaattaa (375 mm x 300 mm x 100 mm). Kahden testilaatan pinta oli tuoreena puuhierretty ja kovettuneena vesihiekkapuhallettu ja kahden testilaatan pinta oli tuoreena teräshierretty ja kovettuneena hiottu. Kaikki kovettuneiden koelaattojen pinnoittamiseen liittyvät pohjustus- ja asennustyöt teki alusta loppuun teollisuudesta pal-kattu ulkopuolinen ammattiurakoitsija. Tästä huolimatta laattoihin asennettiin väärintyyppi-nen polyuretaani. Kyseinen polyuretaani pysyi elastisena eikä kovettunut kuukaudenkaan kuluttua. Tällöin kyseiset testilaatat käännettiin ympäri ja niiden muottia vasten valetut alapinnat pinnoitettiin uudelleen. Pintoihin asennettiin EPH-, SEP-, PUH-, SPU- ja PUK-pinnoite (kuva 11).

10 lattiakombinaatiota



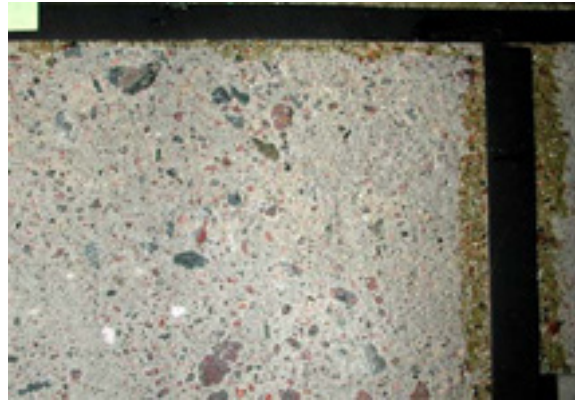
Kuva 11. Periaatekuva testilaattojen (375 mm x 300 mm x 100 mm) uudelleenpinnoituksesta. Uusintapinnoitukset (EPH, SEP, PUH, SPU ja PUK) tehtiin testilaatan muottipintaa vasten valetulle pinnalle.

Testilaattojen uudelleenpinnoitus

Testilaattojen muottia vasten valetuista pinnoista puolet vesihiekkapuhallettiin painepesurilla Kärcher HD 850, kuva 12a. Hiekkana käytettiin Nilsiä kvartsiä 0,3 - 0,9 mm. Testilaattojen muottia vasten valetuista pinnoista puolet hiottiin käsin käyttäen uutta RAHINA-hiomakiveä (karkeus nro 16, valmistaja Rahilakka Oy), kuva 12c. Tämän jälkeen pinta harjattiin puhtaaksi pölystä ja sitä vielä karhennettiin teräsharjalla. Kuvassa 12d on esitetty muottia vasten valettu ja hiottu betonipinta ja kuvassa 12b on esitetty muottia vasten valettu ja vesihiekkapuhallettu betonipinta. Sitten hiottu pinta ja myös aiemmin vesihiekkapuhallettu pinta pohjustettiin epoksilla. Betonien pintaan telattiin pohjustukseksi kaksi päällekkäistä kerrosta epoksia. Tuoreeseen epoksiin ripoteltiin massapinnoitteiden tartunnan parantamiseksi Nilsiä 0,1 - 0,6 mm kvartsihiekkää. Sitten testilaattojen pintaan telattiin vielä yksi kerros epoksia. Testilaatat, joiden pintaan tuli sementtiepoksipinnoite SEP, jätettiin käsittelemättä. Yhtenäisten pinnoitepaksumuksien varmistamiseksi kaikkien laattojen reunoihin liimattiin Bostik Contact -liimalla (epoksiliima) 5 mm leveät ja 3 mm paksut kumikaistaleet, kuva 12b ja 12d.



a) vesihiekkapuhallus



b) vesihiekkapuhallettu pinta



c) hionta ja hiontatyökalut

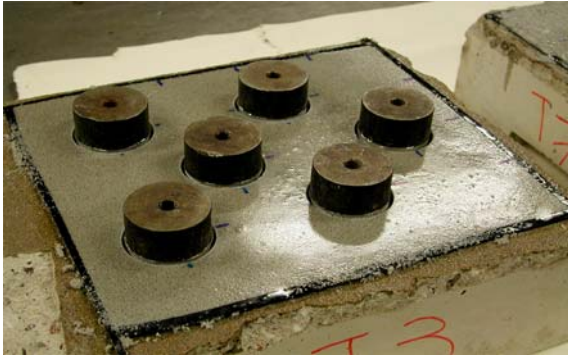


d) hiottu betonipinta

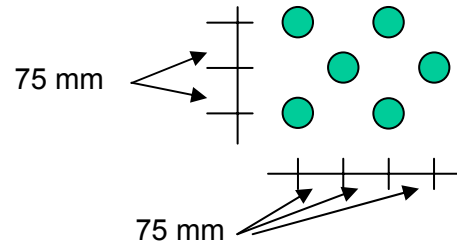
Kuva 12. Koelaattojen muottipintaa vasten valetun alapinnan käsittely ja valmiit betonipinnat ennen pinnoitteiden asentamista. Kuvat: Juha Komonen.

3.2.5 Pinnoitteiden tartunta pohjabetoniin

Pinnoitteiden tartunta pohjabetoniin määritettiin mittaamalla niiden vetolujuus. Pinnoitteiden tartuntalujuudet mitattiin standardia SFS-EN 1542 soveltaen. Jokaisesta koekappaleesta määritettiin kuusi vetolujuustulosta (standardin kerrannevaatimus on viisi). Kuvassa 13 on esitetty vetopäiden sijainnit ja koejärjestelyt. Jokaiseen testilaattaan porattiin lieriöterällä pinnoitteen läpi kuusi pintabetoniin 10...15 mm:ä ulottuvaa halkaisijaltaan 50 mm ja leveydeltään 2 mm:ä olevaa ympyräuraa. Tämän jälkeen pinnoitteen annettiin kuivua kaksi vuorokautta. Ennen vetonastojen liimaamista pinnoitteen korkeimmat huiput hiottiin BOSCH - epäkeskohiomakoneella. Pinnoitteen kyseinen kohta ja teräksiset vetonastat (halkaisija 50 mm ja paksuus 20 mm) puhdistettiin erikoisbensiinillä rasvasta ja liasta ennen liimausta. Vetonastojen pintaan levitettävä liima oli Cascon Pikaepoksia. Vetonastat painettiin pinnoitteen pintaan ja teipattiin maalarinteipillä asemaansa liiman kovettumisen ajaksi. Liiman annettiin kovettua vähintään yhden vuorokauden ajan ennen vetolujuustestiä suorittamista. Vetokokeet tehtiin Roell+Korthaus RK 250/50 -yleis-aineenkoestuslaitteella. Vetokokeessa pintaa vastaan kohtisuoraa kuormitusta lisättiin tasaisesti nopeudella $0,05 \pm 0,01$ MPa/s murtoon saakka.



a) testilaatta ja liimatut vetonastat



b) vetopisteiden etäisyydet



c) yleiskuva koejärjestelystä



d) yksityiskohta koejärjestelystä

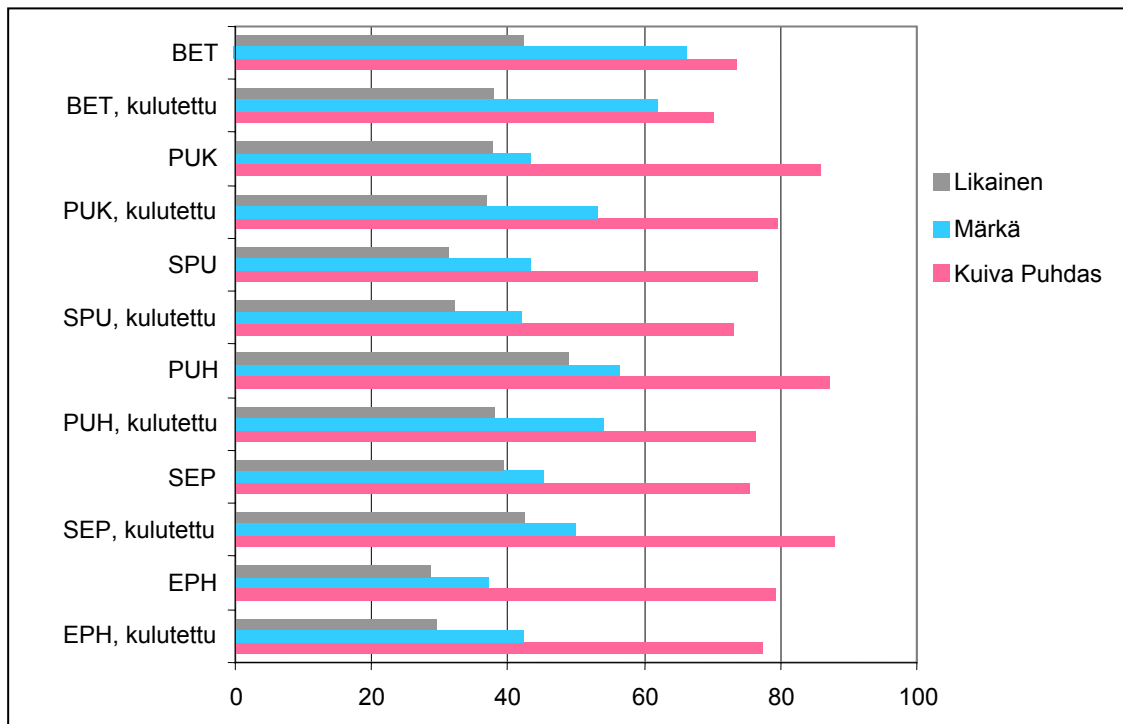
Kuva 13. Vetolujuusmittausten koejärjestelyt. Kuvat Juha Komonen.

3.3 Tulokset

3.3.1 Kitka

SRT – laitteella tehdyissä mittauksissa pintojen kitkassa näkyy selviä eroja (kuva 14). Kuivista ja puhtaista pinnoista saatiin suurimmat lukuarvot (keskiarvo 78, vaihteluväli 47–94). Betonilla pinnan kastelu alensi kitkaa huomattavasti muovipintoja vähemmän. Märkäkitka (keskiarvo 50, vaihteluväli 28–87) oli lähes poikkeuksetta parempi kuin liatun pinnan kitka (keskiarvo 37, vaihteluväli 21–55), suurimmat erot olivat hyvän märkäkitkan omaavalla betonilla. Kulutus alensi kitkaa kaikkien muiden materiaalien paitsi sementtiepöksen kitkaa. Sementtiepöksen pinnan kitka oli suurempi kulutettuna sekä kuivana, märkänä että likaisena. Tällä menetelmällä mitattua pinnan kitkaa pidetään riittävänä, mikäli se on vähintään 30. Tanskalaisen FarmTest-neuvontajärjestön kotieläintilojen lattioista tekemien mittausten mukaan lukuarvon 66 ylittävät alustat ovat liian karheita ja arvon 24 alittavat liian liukkaita (Fredriksen & Hviid 2005).

FIOH -mittausten mukaan mitatut pinnat voidaan luokitella kaikilla mittauskombinaatioilla erittäin pitäviksi. Vain likaisen sementtipolyuretaanin pinnan kitka on hiukan pienempi ja se voidaan luokitella pitäväksi. Sekä erittäin pitäviksi että pitäviksi luokitelluilla pinnoilla työntekijän liukastumisriski on hyvin pieni.



Kuva 14. SRT – laitteella mitattu eri materiaalien kitka. Kitkaa on mitattu sekä uudesta että kulutusta pinnasta, mikä on puhdas kuiva, märkä tai likainen. Materiaalien selitykset taulukossa 6 ja 8.

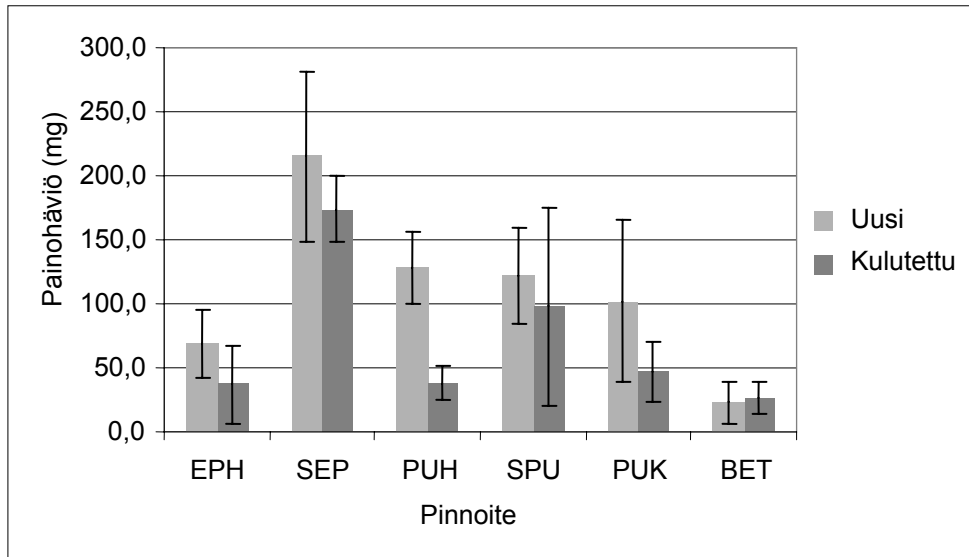
Vakolan kitkamittauksissa sementtiepoksipinnan (SEP), hiekalla karhennetun polyuretaanipinnan (PUH) ja kumirouheella karhennetun polyuretaanipinnan (PUK) liikekitka-arvot olivat suurimmat varsinkin uusina. Epoksin (EPH) ja betonin (BET) liikekitka-arvot olivat pienimmät. Liisteriliialla käsiteltynä kitka oli yleensä pienin ja kuivan pinnan kitka oli suurin.

Eri pintojen lepokitka-arvojen suuruusjärjestys oli liikekitka-arvojen järjestyksen kaltainen. Suurimmat lukemat mitattiin kuivana sementtiepoksille (SEP), hiekkakarhennetulle polyuretaanille (PUH) uutena ja kumikarhennetulle polyuretaanille (PUK) myös uutena. Pienimmät lepokitka-arvot mitattiin betonille (BET) ja epoksille (SEP) liattuna.

Eri mittalaitteilla mitatut liikekitka-arvot eivät ole suoraan keskenään vertailukelpoisia vaikka tulokset ovatkin samansuuntaisia. Liitteessä 1 on esitetty taulukko eri materiaaleista uutena ja kulutettuna FIOH – menetelmällä mitatut kitka-arvot, SRT – menetelmällä saadut liikekitka-arvot sekä Vakolan mittalaitteella saadut lepo- ja liikekitkat. Liitteessä 2 on esitetty samat mittaustulokset graafisina.

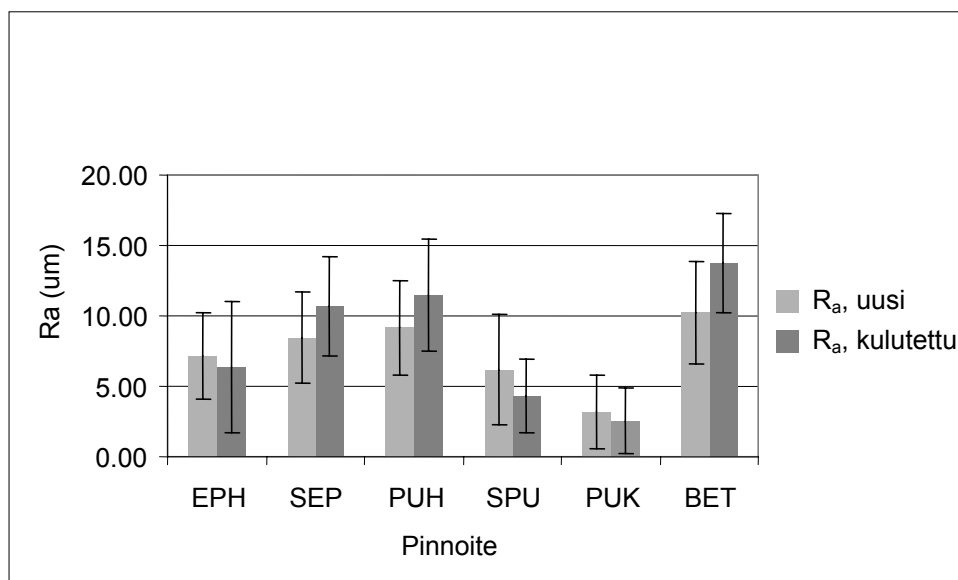
3.3.2 Karkeus ja pinnan tasaisuus

Liitukokeiden mukaan kuluttavin pinnoite oli sementtiepoksi (SEP) (kuva 15). Myös hiekalla karhennettu polyuretaani (PUH) oli varsinkin uutena melko kuluttava. Vähiten kuluttavia olivat epoksi (EPH) ja vertailukappaleena ollut päällystämätön betoni (BET), johon kulutus ei näyttänyt vaikuttavan. Betonilaatta oli teräshierretty. Puuhierrettynä betoni olisi ollut kuluttavampi materiaali. Kulutetut pinnoitteet kuluttivat liitua vähemmän, kuin uudet pinnoitteet betonia lukuun ottamatta.



Kuva 15. Eri materiaalien suhteellinen karkeus liidun keskimääräisellä painohäviöllä ilmaistuna. Jana kuvaa keskihajontaa, muovimateriaalien lyhenteet taulukon 6 mukaisia, BET tarkoittaa betonia.

Neulaprofilometrimittauksissa epätasaisimmaksi osoittautui sementtiepoksi (SEP) (kuva 16). Sileimpiä olivat epoksihiertomassa (EPH) ja sementtipolyuretaani (SPU). Kumirouheella karhennetun polyuretaanin (PUK) R_a -arvo on mittaustuloksissa liian hyvä, koska mittaus jouduttiin suorittamaan karkeiden kumirouhekohtien välistä. Betonissa (BET) oli huokosista johtuvia kuoppia, jotka nostivat sen R_a -arvoa.



Kuva 16. Eri materiaalien pinnan tasaisuuden aritmeettiset (R_a) keskipoikkeamat neulaprofilometrimittauksissa. Jana kuvaa keskihajontaa, muovimateriaalien lyhenteet taulukon 6 mukaisia, BET tarkoittaa betonia.

Laserprofilometrimittauksen tuloksena saaduista käyristä laskettiin pinnan huippuja ja kuoppia kuvaavat seuraavat lukuarvot:

Rvm (Roughness of valleys, mean value)

= syvimpien kuoppien keskiarvo valitulla näytepituudella

Rpm (Roughness of peaks, mean value)

= korkeimpien huippujen keskiarvo valitulla näytepituudella

Rtm (Roughness total, mean value)

= korkeimpien huippujen ja kuoppien erotusten keskiarvo valitulla näytepituudella

Pc (Peak count)

= valitun leikkaustason ylittävien huippujen lukumäärä valitulla näytepituudella (100 mm)

Pa (Peak average)

= keskimääräinen, valitun leikkaustason (0,2 mm) ylittävien huippujen korkeus

Rsk (Roughness skewness)

= profiilin mittaustulosten jakauman vinous. Rsk –lukuarvojen perusteella pinnan ominaisuuksista voidaan tehdä seuraavanlaisia tulkintoja:

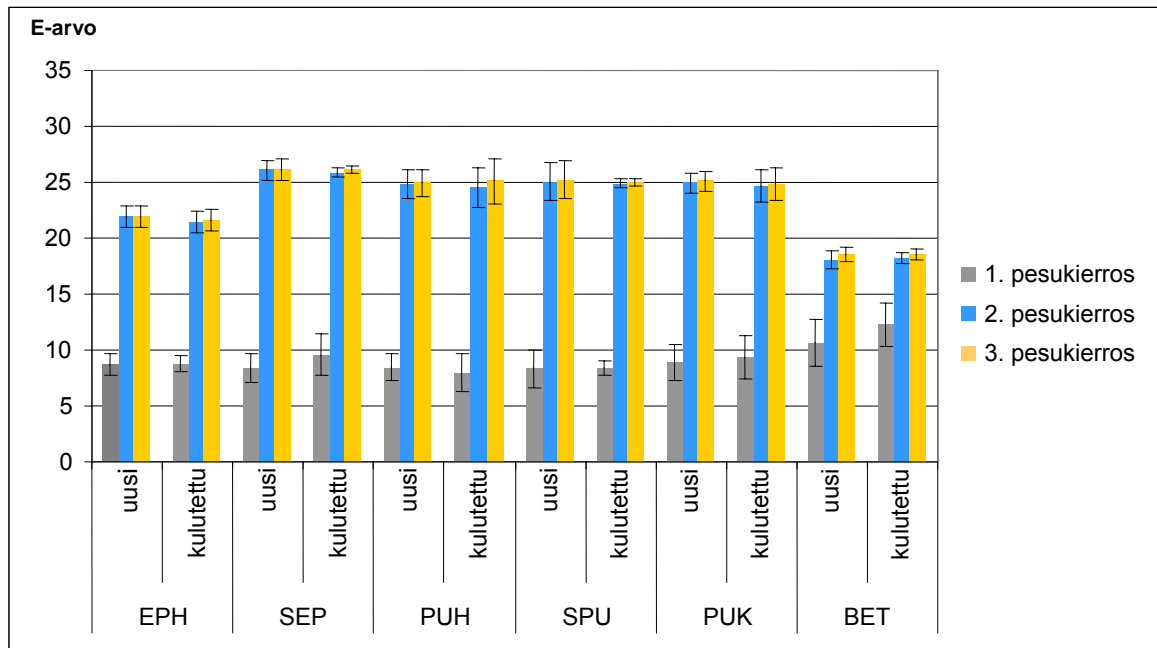
- Rsk > 0 => korkeita huippuja muutoin suhteellisen tasaisessa pinnassa
- Rsk = 0 => huippuja ja kuoppia tasaisesti
- Rsk < 0 => syviä kuoppia muutoin suhteellisen tasaisessa pinnassa.

Tulosten mukaan tasaisimmat materiaalit olivat polyuretaanimassa (PUH) ja sementtipolyuretaani (SPU). Betonissa (BET) oli huokoisuudesta johtuvia kuoppia. Sementtiepoksi (SEP) oli kaikkein epätasaisin, siinä olivat syvimmät kuopat ja korkeimmat huiput. Myös epoksihiertomassa (EPH) oli epätasainen sekä uutena että kulutettuna. Kumirouheella karhennetussa polyuretaanissa (PUK) oli uutena korkeita nystyröitä, mutta kulutuksessa ne vähenivät merkittävästi. Kulutuksen jälkeenkin kumirouhekarhennetuissa koepaloissa oli eniten nystyröitä muutoin suhteellisen tasaisella pinnalla. Tulokset on esitetty liitteessä 3.

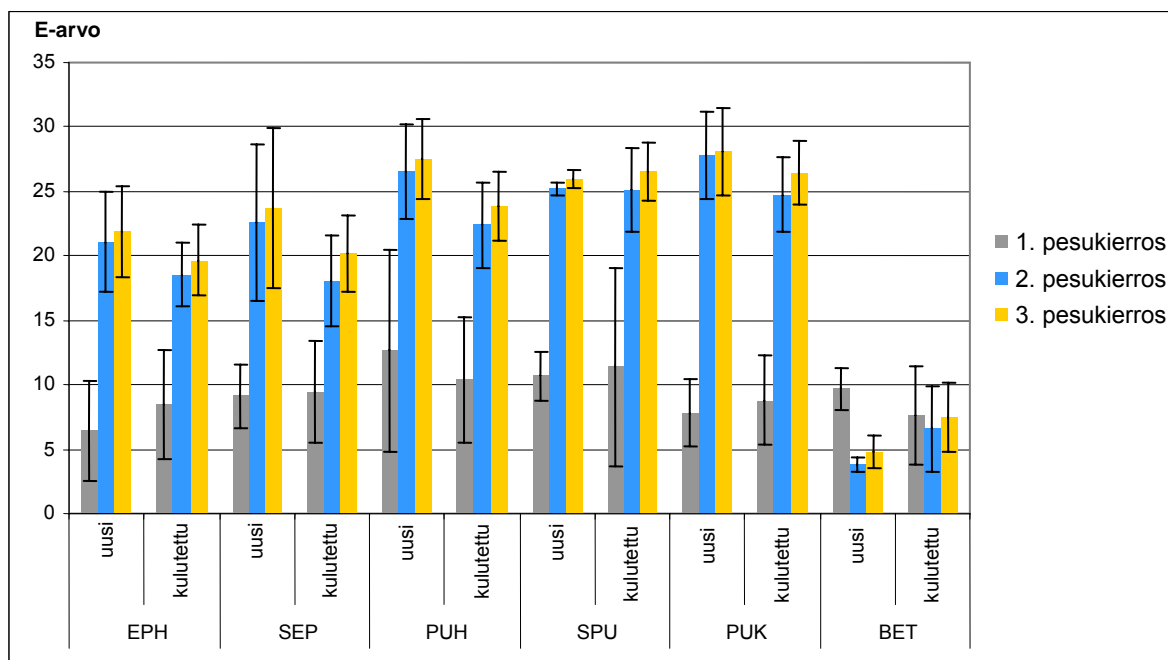
3.3.3 Puhdistettavuus

Värimittauksen perusteella pesulämpötilat eivät aiheuttaneet merkittävää eroa pintojen puhdistuvuuteen liisteriliasta. Kuvassa 17 on siten esitetty vain lämminpesun (40 °C) tulokset. Kuluttamattomien ja kulutettujen pintamateriaalien puhdistuvuus liisteriliasta oli samanlainen (kuva 17). Pinnoitteiden puhdistuvuus tästä liasta oli hieman betonin puhdistuvuutta parempi. Pinnoittamaton betoni (BET) puhdistui liisteriliasta huonoiten ja epoksihiertomassa (EPH) toiseksi huonoiten. Ensimmäisellä pesukierroksella lika lähinnä kostui ja toisella kierroksella pinnat alkoivat puhdistua. Kolmas pesukierros ei enää lisännyt materiaalien puhdistumista.

Lantaliika puhdistui pinnoitteista värimittausten perusteella selvästi paremmin kuin betonista. Liisterilian irtoamisessa ei niin suurta eroa havaittu. Pinnoittamaton betoni (BET) puhdistui lantaliasta selvästi pinnoitettuja heikommin (kuva 18). Pintamateriaalien puhdistuvuudessa lanta- ja liisteriliasta oli eroja, mutta ne olivat muiden kuin pinnoittamattoman betonin osalta pieniä ja osin erisuuntaisia. Ensimmäisellä pesukierroksella lika lähinnä kostui. Useimmat pinnat puhdistuivat lantaliasta selvästi toisella pesukierroksella eikä kolmas kierros enää lisännyt puhdistumista, kuten kävi myös liisteriliikaa pestäessä. Toinen pesukierros ei kuitenkaan lisännyt kuluttamattoman ja kulutetun betonin (BET) puhdistumista. Näiden kokonaispuhdistuvuus lantaliasta oli siis heikoin.



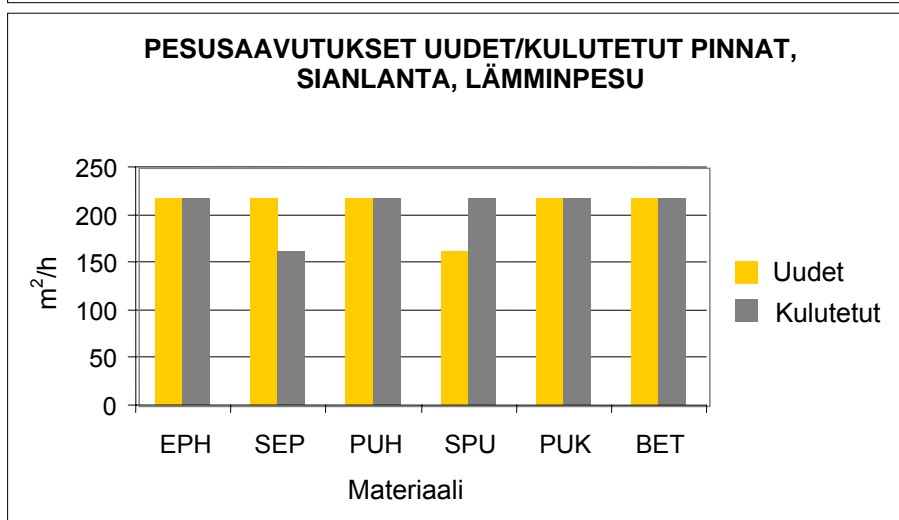
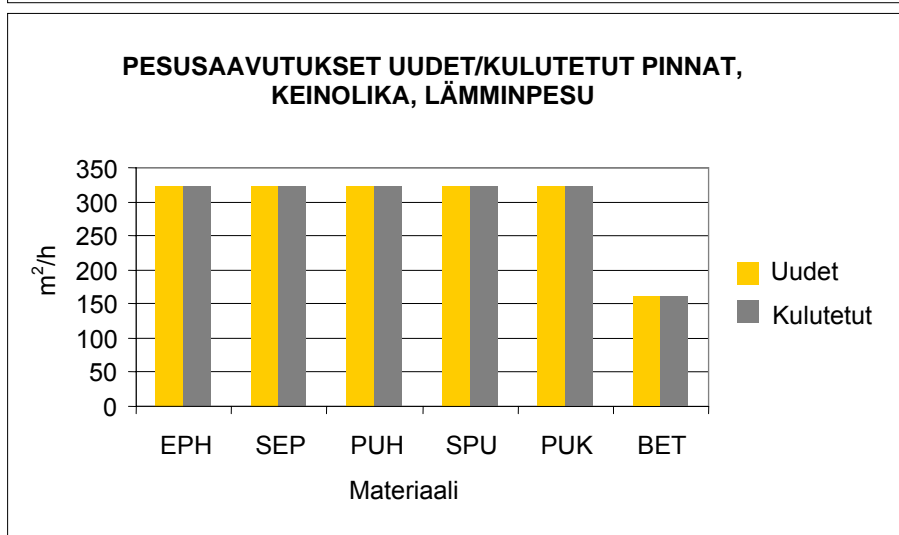
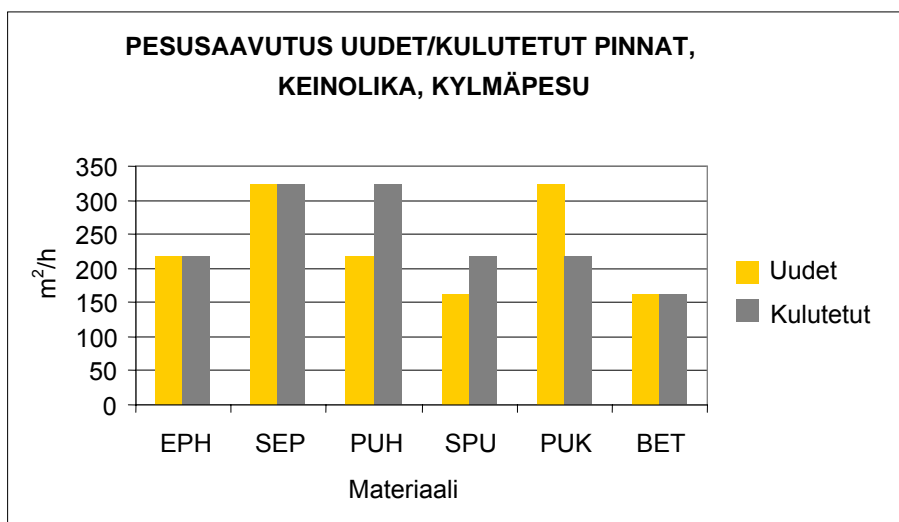
Kuva 17. Uusien ja kulutettujen lattiapintojen puhdistuvuus liisteriliasta lämminpesussa (40 °C) kolmen pesukierroksen aikana. Tulokset ovat 5 rinnakkaiskokeen keskiarvoja (pylväs) ja keskihajontoja (\pm SD, jana). Mitä korkeampi E-arvo on, sitä paremmin pinta puhdistui. E-arvo sisältää valkoisuus- ja värisävyarvot. Muovimateriaalien lyhenteet taulukon 6 mukaisia, BET tarkoittaa betonia.



Kuva 18. Uusien tai kulutettujen lattiapintojen puhdistuvuus lantaliasta lämminpesussa (40 °C) kolmen pesukierroksen aikana. Tulokset ovat 5 rinnakkaiskokeen keskiarvoja (pylväs) ja keskihajontoja (\pm SD, jana). Mitä korkeampi E-arvo on, sitä paremmin pinta puhdistui. E-arvo sisältää valkoisuus- ja värisävyarvot. Muovimateriaalien lyhenteet taulukon 6 mukaisia, BET tarkoittaa betonia.

Silmämääräisessä arvioinnissa pesutuloksissa ei ollut juuri eroja uuden ja kulutetun pinnan välillä. Myöskään eri pinnoitteiden puhdistuvuudessa ei havaittu eroja. Pinnat puhdistuivat pääsääntöisesti toisella pesukierroksella. Ensimmäinen pesukierros toimi lähinnä liotuksena. Betonipinnoite oli ainoa poikkeus. Sille jäi punaista väriainetta kolmannenkin pesukierroksen jälkeen. Eri vedenlämpötilat eivät aiheuttaneet myöskään eroja pesutuloksiin. Tulokset silmämääräisistä havainnoista on esitetty liitteessä 4.

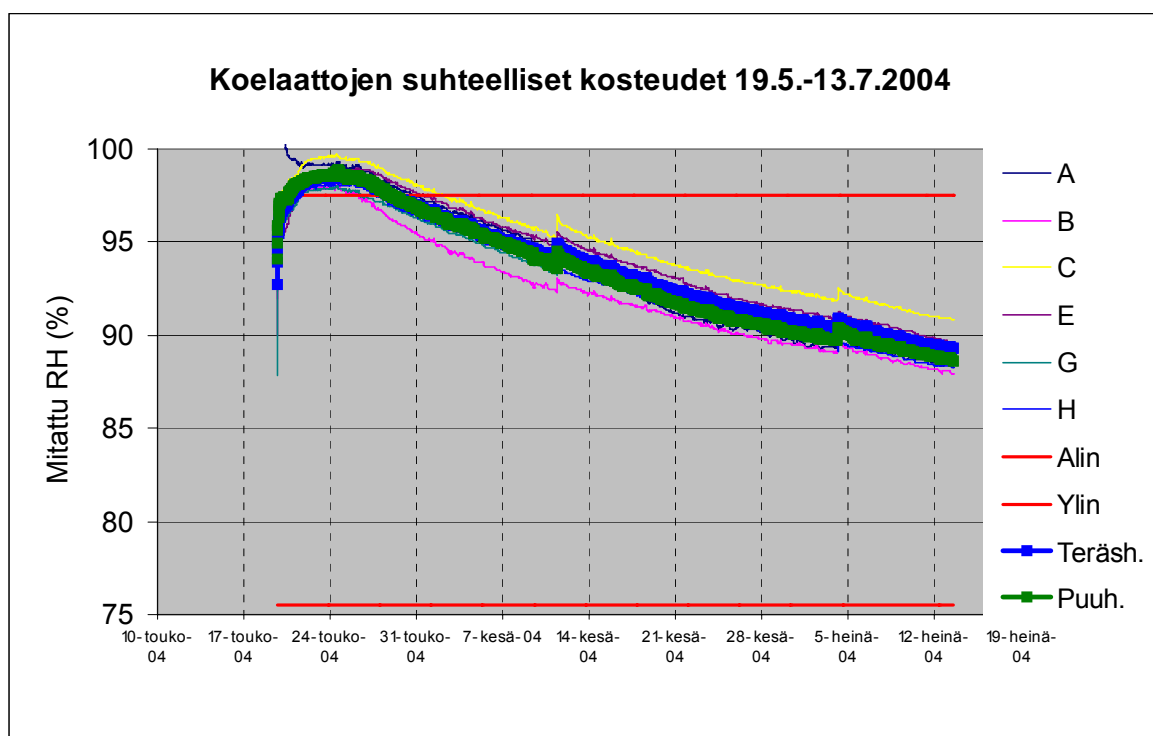
Sianlanta tarttui pintoihin selvästi tiukemmin kuin liisterilika ja se irtosi pääsääntöisesti kolmannella pesukierroksella. Kuvassa 19 on esitetty eri materiaalien laskennallinen pesutulos m^2/h eri pesumenetelmiä käytettäessä. Kyseinen pesutulos on lähinnä teoreettinen, eikä sitä voida rinnastaa käytännön pesutuloksiin. Sitä voidaan kuitenkin käyttää vertailtaessa eri materiaaleja keskenään.



Kuva 19. Erilaisten likojen ja pesulämpötilojen vaikutus uuden tai kuluneen pinnan teoreettiseen pesutulokseen aistinvaraisen arvioinnin perusteella. Muovimateriaalien lyhenteet taulukon 6 mukaisia, BET tarkoittaa betonia.

3.3.4 Betonin pinnoitettavuus

Alusbetonilaattojen pinnoitettavuusajankohta määritettiin kuudella eri koelaatan keskelle sijoitetulla kosteusanturilla. Alusbetonilaatoista mitatut kosteuspitoisuudet on esitetty kuvassa 20. Kuvassa on esitetty kaikkien kuuden mittausanturin yksittäiset tulokset sekä puu- että teräshierretystä alusbetonilaatasta mitattujen tulosten keskiarvot. Molemmat koebetonilaatat saavuttivat suurimmat kosteuspitoisuutensa viikon kuluttua valusta, jonka jälkeen laatat alkoivat kuivua. Puuhierretty alusbetonilaatta (vihreä paksu käyrä) näyttää kuivuvan hieman nopeammin kuin teräshierretty alusbetonilaatta (sininen paksu käyrä). Ero on tosin aivan marginaalinen. Kuvasta havaitaan, että molemmat alusbetonilaatat saavuttavat vaaditun RH 90 %:n suhteellisen kosteuspitoisuuden eli pinnoituskelpoisuuden kahden kuukauden kuluttua valusta. Kuvassa on myös esitetty punaisella janalla kosteusmittareiden kalibrointiarvot, joiden välissä mittarit näyttävät todellisia kosteuspitoisuuksia.



Kuva 20. Alusbetonilaattojen (1200 mm x 1125 mm x 100 mm) kuivuminen. Kosteusmittarit asennettiin laattaan (= mittaus aloitettiin) kahden vuorokauden kuluttua valusta (valettu 17.5.2004). Vihreä paksu käyrä näyttää puuhierretyn alusbetonilaatan kuivumisen (käyrien A, B ja E keskiarvo) ja sininen paksu käyrä teräshierretyn alusbetonilaatan kuivumisen (käyrien C, G ja H keskiarvo). Punaiset janat osoittavat kosteusmittareiden kalibrointiarvot.

3.3.5 Pinnoitteiden tartunta pohjabetoniin

Tartuntalujuustulokset

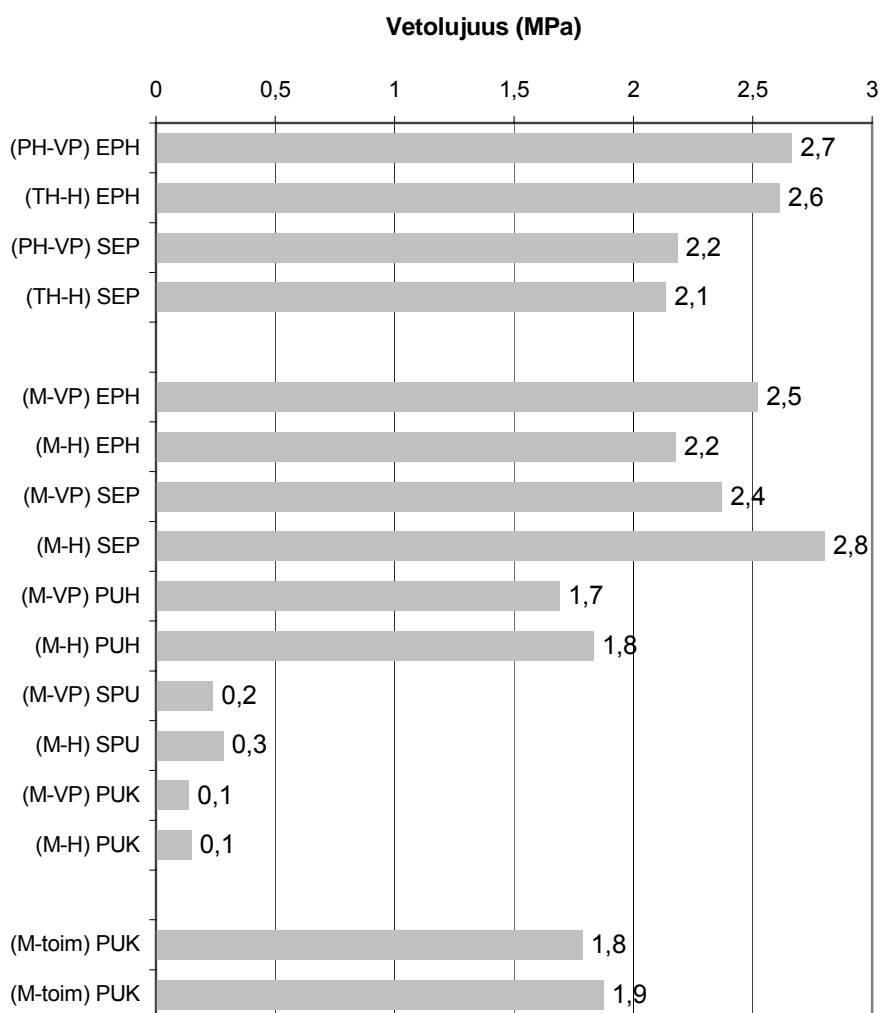
Pinnoitteiden vetolujuustulokset on esitetty kuvassa 21. Kaikki yksittäiset tulokset, keskiarvot, hajonnat ja varianssit on koottu taulukkoon 9. Tartuntalujuustulosten esittelyn yhteydessä kuvassa 24 ja taulukossa 6 käytetyt alusbetonin käsittelykoodit on esitetty taulukossa 8.

Jotta pinnoitus mekaanisesta rasituksesta huolimatta pysyy kiinni alustassaan, pinnoitteen vetolujuuden tulisi olla yli 1,5 MPa. Sementtipolyuretaanipinnoitteen (SPU) vetolujuuden perusteella sen tartunta alusbetoniin oli heikko. Pinnoite tulisi todennäköisesti mekaanisesti

rasitettuna irtoamaan hyvin nopeasti alustastaan. Kumirouheella karhennetusta polyuretaanipinnoitteesta (PUK) saatiin hyvin ristiriitaisia tuloksia. Urakoitsijan tekemien pinnoitusten vetolujuus oli todella pieni. Materiaalitoimittajan tarkasti tekemien pinnoitusten vetolujuus oli samaa suuruusluokkaa kuin hiekkakarhennetun polyuretaanipinnoitteen (PUH). Tämä kuvanee sitä, että polyuretaani+kumi –pinnoitteet ovat hyvin herkkiä seossuhteelle. Muiden pinnoitteiden vetolujuudet olivat tasolla, joka kuvastaa hyvää tartuntaa betonialustaan.

Taulukko 8. Tartuntalujuustuloksien yhteydessä kuvassa 24 ja taulukossa 9 käytetyt alusbetonin käsittelyä kuvaavat lyhenteet.

Lyhenne	Merkitys
PH	puuhierto; tuore betonipinta hierrettiin puulastalla
TH	teräshieronta; tuore betonipinta hierrettiin teräslastalla
VP	vesihiekkapuhallus; kovettunut betonipinta vesihiekkapuhallettiin ennen pinnoitusta
H	hionta; kovettunut betonipinta hiottiin ennen pinnoitusta
M	muottia vasten valettu betonipinta
toim	pinnoite asennettiin materiaalitoimittajan tiloissa ja –toimesta



Kuva 21. Vetolujuuskokeiden tulokset. Jokainen tulos on kuuden vetolujuustestin keskiarvo. Pinnoitetyypin vasemmalla puolella suluissa olevat lyhenteet kuvaavat alustalle ennen pinnoittamista suoritettuja käsittelyjä. Näiden lyhenteiden selitykset on kuvattu taulukoissa 6 ja 8. Kuvaan on ylimmäksi ryhmitetty valupintaan asennetut pinnoitteet, keskelle testilaatan alapintaan eli muottia vasten valettuun betonipintaan asennetut pinnoitteet ja alimmaksi materiaalitoimittajan asentamat pinnoitteet.

Taulukko 9. Vetolujuuskokeiden tulokset. Pinnoitetyypin vasemmalla puolella suluissa olevat lyhenteet kuvaavat alustaa tai alustalle ennen pinnoittamista suoritettuja käsittelyjä. Näiden lyhenteiden selitykset on kuvattu taulukoissa 6 ja 8.

Pinnoite	Vetolujuus (MPa)								
	1	2	3	4	5	6	k.a.	hajonta	var.
(PH-VP) EPH	2,73	2,67	2,59	2,80	2,66	2,53	2,66	0,1	3,8 %
(TH-H) EPH	2,92	2,64	2,38	2,74	2,73	2,27	2,61	0,24	9,2 %
(PH-VP) SEP	2,27	2,31	1,86	2,56	1,90	2,20	2,18	0,26	11,9 %
(TH-H) SEP	2,29	2,08	1,88	2,51	2,26	1,79	2,14	0,27	12,6 %
(M-VP) EPH	2,56	2,17	2,60	2,52	2,24	3,04	2,52	0,31	12,3 %
(M-H) EPH	2,55	1,64	2,23	1,85	2,04	2,74	2,18	0,42	19,3 %
(M-VP) SEP	3,08	2,05	2,66	2,03	1,99	2,41	2,37	0,44	18,6 %
(M-H) SEP	2,79	2,96	2,78	2,71	3,06	2,50	2,8	0,2	7,1 %
(M-VP) PUH	1,52	1,16	1,64	1,81	2,36	1,65	1,69	0,39	23,1 %
(M-H) PUH	2,05	1,99	2,10	1,41	1,65	1,80	1,83	0,27	14,8 %
(M-VP) SPU	0,20	0,33	0,29	0,22	0,19	0,20	0,24	0,06	25,0 %
(M-H) SPU	0,27	0,31	0,33	0,28	0,26	0,24	0,28	0,03	10,7 %
(M-VP) PUK	0,13	0,14	0,19	0,12	0,13	0,12	0,14	0,03	21,4 %
(M-H) PUK	0,12	0,16	0,14	0,16	0,15	0,15	0,15	0,02	13,3 %
(M-toim) PUK	1,90	1,56	1,99	1,61	1,56	2,09	1,79	0,24	13,4 %
(M-toim) PUK	1,39	2,08	2,17	1,99	1,91	1,69	1,87	0,29	15,5 %

4 Käytännön kokeet

4.1 Kenttäkokeen taustatiedot

Kenttäkokeiden koepaikkana oli Tuorlan maatalousoppilaitoksen peruskorjattu emakosikala Kaarinassa. Koeruudut (12 + 12 kpl) tehtiin sekä porsitus- että vieroitusosastoille. Koeruudut sijoitettiin siten, että ennen koetta käytössä olleet karsinat eivät kuuluneet koearielaan. Osaston toisesta päästä jäi kaksi karsinaa kummastakin rivistä ulkopuolelle ja toisesta päästä yksi kummastakin.

4.1.1 Koekohteen lattian materiaali- ja valmistustietoja

Kyseisen sikalan maanvarainen, lattialämmityksellä varustettu 100 mm paksu, raudoitettu (htv 6 mm#150) betonilattia oli valettu kesällä 2004. Lattian alapuolella oli muovikelmu ja kelmun alla eristeenä solupolystyreenilevy R 50. Reuna- ja lattialämmitysalueilla (lämmitysputkistot) käytettiin levyä R 100. Lattialämmitysputkistot sijaitsivat porsimiskarsinoissa erityisesti porsaspesän kohdalla. Vieroitulosaston lattiat oli lämmitysputkitettu kauttaaltaan.

Sikalan tuotantotilojen betonilattioiden valmistuksesta on mainittu rakennusselostuksessa ja työohjeessa seuraavaa: ”Betoni on tehonotkistettu K40 # 16 + 25 % # 32 mm. Betonin vesimenttisuhde lasketaan tehonotkistinta käytettäessä niin, että vesimäärä suhteutetaan

5...10 sVB -notkeusluokasta 1..2 sVB -luokkaan. Lattian esijälkihoito aloitetaan jo hieרתון aikana. Lattian jälkihoitoaika on vähintään 3...5 työpäivää. Lattia peitetään heti seuraavana päivänä pinnan hierron jälkeen muovilla ja kastellaan säännöllisesti.”

Näistä jälkihoito-ohjeista huolimatta lattiassa oli 11.11.2004 näkyvissä noin 7 metrin välein olevia, suurimmillaan 1 mm:n levyisiä kutistumishalkeamia. Lattialämmitys oli tuolloin päällä.

4.1.2 Suhteellisen kosteuden mittaus

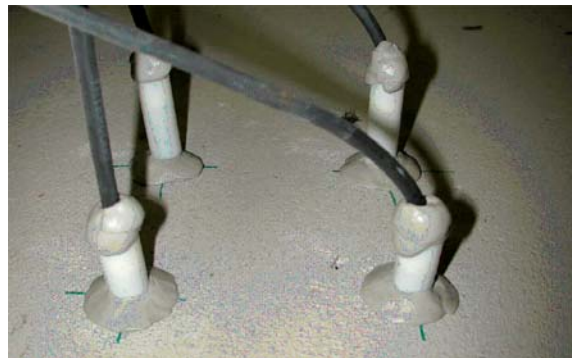
Sikalan lattiaan porsitusosaston yhteen karsinaan asennettiin suhteellisen kosteuden mitta-
usanturit 11.11.2004, kuva 22. Lattian kosteuspitoisuus eli päällystettävyyys määritettiin Vaisalan HMP 233 -mittausantureilla. Kyseiset anturit mittaavat ympäristönsä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Kaikki neljä mitta-anturia kalibroitiin ennen mittauksia Vaisalan HMK 15 -kalibraattorissa. Kalibraattorissa käytetyt referenssikosteuspitoisuudet 75 ja 97 % saatiin aikaan kylläisillä suolaliuoksilla. Kosteuspitoisuudessa 75 % käytettiin suolana kalsiumkloridia (CaCl) ja 97 %:ssa kaliumsulfaattia (K₂SO₄).

Lattian kosteusjakauma selvitettiin porsitusosaston lattiaan, emakon paikalle asennetuilla neljällä HMP 233 -mittausanturin mittauspisteellä, kuva 22b. Lattiaan porattiin 16 mm:n poralla kahteen syvyyteen neljä reikää (2 kpl 40 mm syviä ja 2 kpl 20 mm syviä). Reiät porattiin ruudukkoon, jonka jokainen reuna on noin 100 mm. Porauksen jälkeen mitta-reiät imuroitiin puhtaiksi betonijätteestä ja puhdistettiin paineilman avulla. Reikiin asennettiin 80 mm pitkät, ulkohalkaisijaltaan 16 mm olevat muoviputket (hoonattu sähköputki), jotka tiivistivät reiät sekä sivuilta että päältä. Tällöin tulokseksi saadaan se suhteellinen kosteus, mikä vallitsee reiän pohjalla eli halutulla syvyydellä. (Yhteen suuntaan kuivuvan maanvaraisen laatan oikea mittaussyvyys on laatan pinnasta mitattuna 40 % laatan paksuudesta, Merikallio 2002). Muoviputken ja betonilattian pinnan rajapinta tiivistettiin Mal-kitillä. Sitten muoviputkiin asennettiin noin 70 mm pitkät HMP 233 -mittausanturit. Muoviputken yläpäähän ja mitta-anturin johdon välinen sauma myös tiivistettiin Mal-kitillä. Jokainen mitta-anturi suojattiin lisäksi asennussuojalla, joka suojasi mittapäitä likaantumiselta ja kolhuilta sekä tasasi ympäristön ja mittapään lämpötilaeroja. Mittausjärjestelyt on esitetty kuvassa 25a. Mittaustulokset rekisteröitiin GRANT 1000 Series SQUIRREL METER/LOGGER -tiedonkeruulaitteeseen 30 minuutin välein.

Mitta-anturit kalibroitiin HMK 15 -kalibraattorissa myös mittauksien jälkeen. Näiden jälkikalibrointien perusteella määritettiin lattian todellinen suhteellinen kosteus.



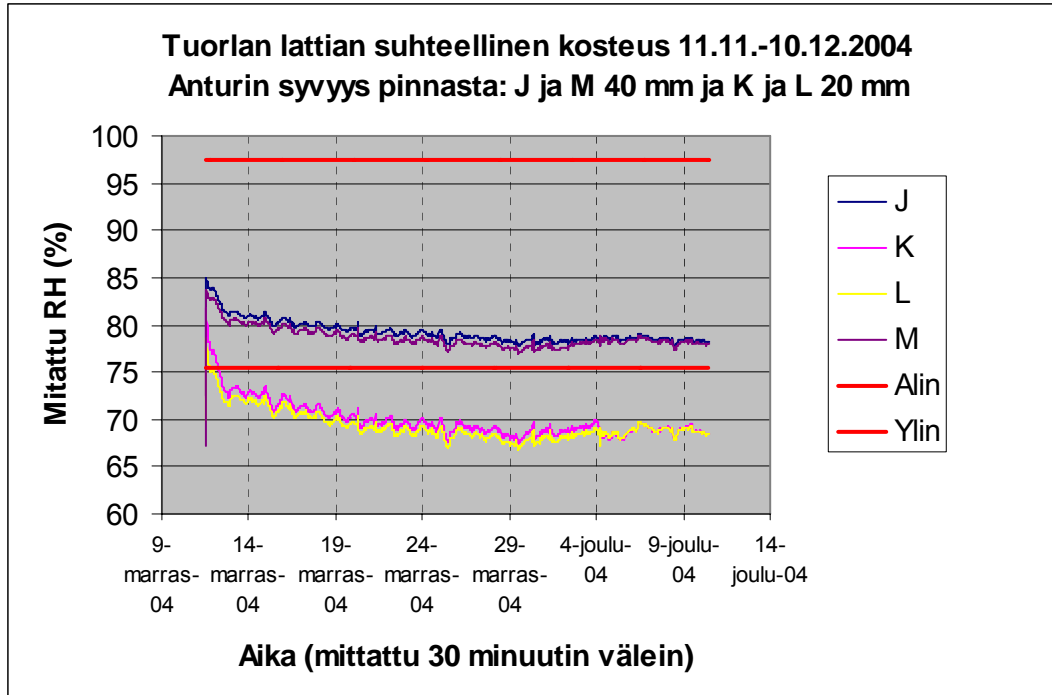
a) karsinan lattiaan suhteellisen kosteuden mittaus



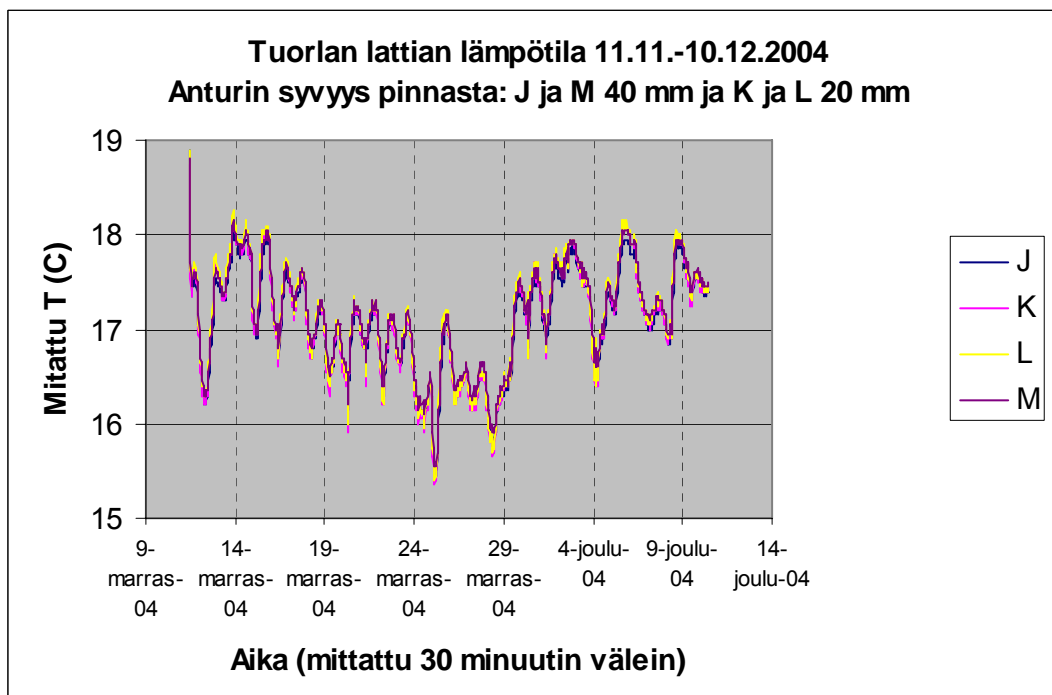
b) kosteusmittauspiste

Kuva 22. Porsitusosaston lattiaan suhteellisen kosteuden mittaus. Kuvat: Juha Komonen.

Koekohteen lattian mitatut kosteuspitoisuudet on esitetty kuvassa 23. Kuvassa on esitetty kunkin yksittäisen mittausturinin tulos. Mittaus osoitti lattian suhteellisen kosteuspitoisuuden olevan reilusti alle kyseisten pinnoitteiden vaatiman 90 % eli lattia oli pinnoituskelpoinen. Itse asiassa mitattu kosteuspitoisuus alle 80 % osoitti, että lattia olisi kosteutensa puolesta kelvannut jopa kaikkein vaativimpien lattiamateriaalien, parkettien, asennusalustaksi. Kuvasta havaitaan lisäksi, että lattia, loogisesti, oli pinnastaan kuivempi. Kuvassa 24 on esitetty lattiasta mitatut lämpötilat.



Kuva 23. Koekohteen porsitusosaston lattiasta mitatut suhteelliset kosteuspitoisuudet. Lattia oli valettu toukokuussa 2004. Punaiset janat osoittavat kosteusmittareiden kalibrointiarvot.



Kuva 24. Koekohteen porsitusosaston lattiasta mitatut lämpötilat. Lattia oli valettu toukokuussa 2004.

4.2 Koeruutujen materiaalit ja pinnoitustyö

Koemateriaaleiksi valittiin laboratoriokokeiden perusteella polyuretaanipinnoite, jossa käytettiin hiekkakarhennusta 0,5–1,2 mm ja kumirouhekarhennusta 2-3 mm. Vertailumateriaalina oli betonipinta. Koeruudut tehtiin neljänä kerranteena.

Porsitusosastolla koemateriaalit pyrittiin sijoittamaan siten, että muovipinnoitetut koeruudut olivat vierekkäin, jolloin vältyttiin ylimääräisiltä saumoilta. Pinnoitusten ajaksi porsituskarsinoiden emakkohäkit purettiin ja väliaitoja nostettiin, jolloin pinnoite saatiin jatkumaan myös niiden alta. Pinnoitetun kiinteän lattian pinta-ala oli porsituskarsinoissa 2,0 m x 1,6 m.

Vieroituskarsinoiden kiinteän lattian pinta-ala oli 2,05 m x 1,5 m. Karsinat olivat symmetrisiä. Pinnoitukset ryhmiteltiin kuten porsitusosastollakin ylimääräisten saumojen välttämiseksi. Pinnoitteet nostettiin ruokintaruuhien reunoille n. 20 mm, millä estettiin kosteuden pääsy pinnoitteiden alle. Kaikki koeruudut olivat samalla vieroitusosastolla.

Lattioiden pinnoitustyö aloitettiin hiomalla pinnoitettavien karsinoiden lattiat lattiahiomakoneen kuparilaikalla. Hiottu karsinat pohjustettiin samoin kuin koelaatat aiemmin. Varsinainen pinnoitustyö tehtiin kahtena seuraavana päivänä. Sopivan pintakarkeuden varmistamiseksi tehtiin esikokeita. Näiden kokeiden perusteella kumirouhepinnoitettuihin karsinoihin tuli kahta eri karkeutta. Alueelle, jolle porsaat asettuvat imiessään, tehtiin pinnan hionta ja kolminkertainen lakkaus. Muulle osalle kumirouhepinnoitetta tehtiin hionta ja kaksinkertainen lakkaus. Hiekkakarhennus tehtiin koko karsinanalalle laboratoriokokeissa käytetyn karhennuksen mukaisena.

Kumirouhepinnoitettu polyuretaanipinnoite ei kestänyt käytössä. Jo muutaman päivän käytön jälkeen emakot olivat saaneet kaivetuksi siihen reikiä. Muovimassa oli myös muuttunut pehmeäksi niin, että sitä saattoi rapsuttaa irti kynän kärjellä. Pinnoitus uusittiin samalla työmenetelmällä, mutta toisellakaan kerralla se ei onnistunut. Massa oli edelleen pehmeää. Tämän jälkeen se päädyttiin korvaamaan laboratoriokokeessa mukana olleella hiekkakarhennetulla epoksinpinnoitteella. Valmis pinta ei kuitenkaan vastannut kyseistä epoksinpinnoitetta koska pyöreärakeisen epoksihiekan tilalla urakoitsija oli käyttänyt puhallushiekkaa.

4.3 Koeruuduista tehdyt mittaukset

4.3.1 Vetolujuusmittaukset

Koekohteeseen asennetussa pinnoitteessa havaittiin yllättävä vaurio. Polyuretaanipohjainen kumirouhetta sisältävä pinnoite (PUK) irtosi paikka paikoin levyinä karsinan lattian pinnasta emakon alta. Ongelman selvittämiseksi kyseisen pinnoitteen todellinen tartuntalujuus mitattiin vetokokeella. Vierotusosaston karsinaan (koesuunnitelman ruutu 33) porattiin lieriöterällä pinnoitteen läpi neljä pintabetoniin ulottuvaa halkaisijaltaan 50 mm ja leveydeltään 2 mm olevaa ympyräuraa, kuva 25a. Tämän jälkeen pinnoite kuivattiin paperilla, rätillä ja kuumailmapuhaltimella. Lisäksi pinnoitteen korkeimmat huiput hiottiin BOSCH -epäkeskiohiomakoneella, kuva 25b. Pinnoitteen kyseinen kohta ja teräksiset vetonastat (halkaisija 50 mm ja paksuus 20 mm) puhdistettiin erikoisbensiinillä rasvasta ja liasta ennen liimausta. Vetonastan pintaan levitettävänä liimana käytettiin Cascon Pikaepoksia. Vetonastat painettiin pinnoitteen pintaan ja teipattiin maalarinteipillä asemaansa liiman kovettumisen ajaksi, kuva 25c. Liiman annettiin kovettua kolme tuntia ennen vetolujuustestien suorittamista. Vetokoe tehtiin TESTELEn kannettavalla Duty Tension Tester -laitteella, kuva 25d.



a) pinnoitteen läpi poratut ympyräurat



b) lattiapinnoitteen hionta



c) teräsnastojen liimaus



d) vetolujuuslaitteisto



e) Vieroitusosaston lattian PUK- pinnoitetta. Murtuminen on tapahtunut pinnoitteessa. Irtivedetty vetonasta on oikealla.

Kuva 25. Vieroitusosaston lattiapinnoitteen vetolujuuden määrittäminen. Kuvat: Juha Komonen.

4.3.2 Lattioiden tasaisuuden mittaus

Lattioiden tasaisuutta mitattiin laboratorioskokeissa käytetyllä laserprofilometrillä. Laitteella oli mahdollista mitata lattioiden profiilit ennen niiden käyttöönottoa ja puolen vuoden käytön jälkeen.

Lattiaprofiilit mitattiin porsitusosastolla poikkisuuntaan karsinoiden valurautaritilän puoleiselta reunalta ja pituussuuntaan (väliseiniä suuntaisesti) keskialueelta. Vieroitusosastolta profiilit mitattiin vain keskikohdasta karsinan pituussuuntaan. Mittaukset tehtiin neljä kertaa rinnakkain ja mittauspituus oli 250 mm.

Kenttäkoe kohteen porsituskarsinoiden lattioiden keskimääräiset huippuja ja kuoppia kuvaavat arvot uutena ja käytettynä on esitetty liitteen 5 diagrammeissa. Laserprofilometrillä mitatuista käyristä pinnan karkeutta kuvaavat luku-arvot on saatu laskemalla samoin kuin laboratoriokoheen yhteydessäkin. Hiekkakarhennetun polyuretaanipinnoitteen huippujen lukumäärä ja korkeus on selvästi pienentynyt. Paljaan betonipinnan huippujen korkeus on puolestaan kasvanut ja niiden lukumäärä vähentynyt. Kumikarhennettu polyuretaanipinnoite korvattiin hiekkakarhennetulla epoksilla. Koska pinnoitus valmistui kesäkuussa 2005, se ei ehtinyt olla käytössä niin kauaa, että kulumisesta johtuvaa pinnanmuutosta olisi pystynyt luotettavasti mittaamaan.

4.4 Emakoiden ja porsaiden tarkkailu

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla kahden erilaisen lattian pintamateriaalin vaikutusta eläinten hyvinvointiin. Vertailussa oli mukana betoni (BET) ja polyuretaanilla pinnoitettu hiekkalla karhennettu lattia (PUH). Kumirouhekarhenteinen lattia jätettiin pois tarkastelusta sen irrottua osittain lattiasta.

Lattian kuluttavuuden arvioimiseksi mitattiin emakon ja porsaiden ihovaurioita imetyskaudella noin 28 päivän aikana. Lattian liukkauden arvioimiseksi mitattiin emakoiden makuulle menoon käyttämää aikaa.

Koe suoritettiin tammikuun ja syyskuun välillä vuonna 2005. Kaikkiaan tarkasteltiin 24 laktaatiojaksoa, joista 13 betonilla ja 11 polyuretaanipinnoitteella. Emakot olivat joko maatiaisrotuisia tai maatiaisen ja Yorkshirerodun risteytyksiä; ne porsivat joko ensimmäistä tai toista kertaa. Emakko pahnueineen pidettiin standardikarsinassa, joissa oli osin ritilälattia. Karsina oli varustettu emakkohäkillä sekä pesäkopilla ja lämpölampulla porsaille. Pesäkopissa käytettiin kutterinlastua kuivikkeena. Käytössä oli 4 betoni- ja 4 pinnoitettua karsinaa, jotka täytettiin vapautumisjärjestyksessä.

Emakon käyttäytymistä havainnoitiin kahdella eri kerralla, molemmilla kerroilla pyrittiin havainnoimaan kolme makuulle laskeutumista. Jokaisesta makuulle käynnistä havainnoitiin sen kesto siitä hetkestä kun emakon ensimmäinen etupolvi kosketti maahan siihen asti kunnes emakon takapää oli kokonaan kiinni lattiassa. Liukastumisliikkeitä ei havaittu. Emakon ihovauriot arvioitiin kahdesti: ensiksi silloin kun se siirrettiin porsimisosastolle, lähellä porsimisen ajankohtaa ja toisen kerran vierotuksen aikoihin 21–28 päivän kuluttua porsimisesta. Tuloksissa on käsitelty emakon ihovaurioiden muutosta imetyskauden aikana. Vammojen vaikeusastetta mitattiin asteikolla: 0 = terve iho, 1 = ihossa muutos mutta iho ei rikki, 2 = haava tai iho rikkoutunut. Ihovaurioiden koko mitattiin viivoittimella. Ihovaurioiden mittaamenetelmä on mukailtu Boyle et al. (2000) käyttämästä menetelmästä.

Porsaiden ihovaurioita mitattiin niiden etujalkojen polvista ja nilkoista. Vaurioituneet sorkan puoliskot laskettiin samoin kuin vaurioituneet nisätkin. Saporoiden ihovauriot kirjattiin. Porsaat punnittiin, mutta ei merkitty yksilöllisesti. Mittaukset tehtiin ensin 5 – 12 päivän kuluttua porsimisesta ja toisen kerran vierotuksen yhteydessä 21 – 28 päivän kuluttua poikimisesta. Ensimmäisen ja toisen havaintokerran välillä kuolleiden porsaiden lukumäärä kirjattiin.

4.5 Tulokset

4.5.1 Vetolujuuskokeet

Polyuretaanipinnoitteista saadut vetolujuustulokset olivat 0,79, 0,84, 0,74 ja 0,71 MPa eli keskiarvoksi saatiin 0,77 MPa. Tyypillinen irtivedetty pinnoite ja vetonasta on esitetty kuvassa 27e. Saatu vetolujuustulos on niin paljon pienempi kuin kontrolloiduissa olosuhteissa valmistetun vastaavan PUK pinnoitteen tulos 1,9 MPa [katso (M-toim) PUK taulukossa 9 ja kuvassa 24], että tämä koekohteeseen nyt asennettu pinnoite on tartunnaltaan ja koostukseltaan jollain tavalla erilainen.

4.5.2 Emakoiden ja porsaiden tarkkailun tulokset

Emakoiden ihovaurioiden pinta-alaa ja lukumäärää vierotuksen aikoihin tarkasteltiin huomioimalla muutos alkutilanteeseen, kun emakko tuotiin koe-karsinaan porsimaan, taulukko 10. Karsinoiden takaosassa olleen ritilälattian takia on tarkastelusta jätetty pois takajalkojen havainnot. Lattiamateriaalit eivät aiheuttaneet eroja emakoiden nisä- ja ihovaurioiden määriin ei eronnut materiaalien välillä, ei myöskään emakon makuulle käyttiliikkeisiin käyttämään aikaan. Tässä tutkimuksessa ei havaittu kahden materiaalin ominaisuuksien aiheuttamia eroja emakoiden käyttäytymisessä ja vaurioissa. Taulukossa 11 on esitetty porsaista tehdyt havainnot kultakin havaintokerralta niiden keskiarvoina.

Taulukko 10. Emakon ihovaurioiden määrän muutos imetyskaudella (keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe).

	BET N = 11	PUH N = 9
Vammojen pinta-ala, 1-luokka cm ²	21,72 (11,26)	19,68 (4,06)
Vammojen pinta-ala, 2-luokka cm ²	0,58 (0,50)	4,41 (3,51)
Vammojen lukumäärä yhteensä	0,66 (0,71)	1,63 (0,62)
Nisävauriot % (betonilla N=10)	22,61 (4,74)	32,07 (4,73)
Makuullekäynti aika (1. ja 2. havainto) sek	12,71 (1,72) N = 9	11,50 (0,87) N = 10

Taulukko 11. Porsaiden mittaustulokset ensimmäiseltä ja toiselta havaintokerralta (keskiarvo, keskiarvon keskivirhe) betonilattia (BET) ja PUH-pinnoite

1. Havainto 5-12 pv iässä	BET N = 13	PUH N = 11
Vammojen pinta-ala, 1-luokka cm ²	0,85 (0,24)	0,42 (0,10)
Vammojen pinta-ala, 2-luokka cm ²	2,44 (0,37)	2,91 (0,33)
Vammojen lukumäärä, 1-luokka	1,01 (0,19)	0,63 (0,12)
Vammojen lukumäärä 2-luokka	2,33 (0,25)	2,55 (0,17)
Vammojen lukumäärä yht.	3,34 (0,16)	3,17 (0,18)
Nisävauriot %	4,77 (6,75)	3,24 (3,95)
Sorkkavauriot %	10,71 (15,73)	10,31 (20,10)
Saparovauriot %	11,82 (15,61)	13,20 (20,18)
Paino	4,00 (1,05)	3,72 (1,02)
2. Havainto 21-28 pv iässä		
Porsaiden lukumäärä	8,77 (1,69)	9,36 (1,36)
Vammojen pinta-ala, 1-luokka cm ²	5,51(0,65)	4,71 (0,45)
Vammojen pinta-ala, 2-luokka cm ²	1,28 (0,29)	1,39 (0,20)
Vammojen lukumäärä, 1-luokka	2,46 (0,22)	2,23 (0,13)
Vammojen lukumäärä 2-luokka	1,07 (0,21)	1,10 (0,15)
Vammojen lukumäärä yht.	3,53 (0,23)	3,34 (0,19)
Nisävauriot %	3,99 (4,08)	4,54 (4,01)
Sorkkavauriot %	3,83 (6,97)	10,97 (10,33)
Saparovauriot %	6,84 (10,13)	15,17 (21,65)
Paino	7,60 (1,47)	7,23 (1,03)
Päiväkasvu g	282 (20)	255 (13)

Porsaiden iho-, nisä- tai saporovaurioiden määrässä tai päiväkasvussa ei havaittu eri materiaalien aiheuttamia eroja hajonnan ollessa suurta. PUH-pinnoitteella kasvaneiden porsaiden sorkissa havaittiin enemmän vaurioita verrattuna betonilla (BET) kasvaneisiin vierotuksen yhteydessä. Kirjallisuudessa ei löydy viitteitä porsaiden sorkkien vaurioista tai lattian ominaisuuksien vaikutuksesta niihin, joten sorkkavaurioiden merkitystä hyvinvoinnin kannalta on hankala arvioida. Sorkkavaurioiden syntyä ja niiden paranemisprosessia täytyisikin tutkia, jotta lattiamateriaalin vaikutusta voitaisiin selvittää yksityiskohtaisemmin.

Emakoille kehittyi noin 23 cm² lisää haavaumia imetyskauden aikana. Keskimäärin porsailta mitattiin noin 3 haavaa porsasta kohti. Tutkituista 230 porsaasta vain 7 oli terveitä polvihaavojen suhteen noin 9 päivän iässä. Kirjallisuudessaakin on raportoitu suuria porsaiden ihovaurioiden määriä (mm. Boyle et al. 2000, Phillips et al. 1995, Bengtsson et al. 1982 ja Gråvas 1979), joten tuloksemme ovat samansuuntaisia. Sopivan lattiamateriaalin löytäminen olisi tärkeää porsaiden ja emakoiden kannalta, sillä haavojen kautta taudinaiheuttajille avautuu reitti elimistöön ja tulehdukset voivat heikentää kasvua tai aiheuttaa hylkäyksiä teurastamolla. Koska lajinnukaisesti käyttäytyvä emakko rakentaa porsimispesän risuista ja pehmeistä kasvinosista porsaiden imemiskäyttäytyminen on sopeutunut porsimispesän olosuhteisiin. On mahdollista, että sileän lattian karkeus- ja liukkausominaisuuksia kehittämällä ei päästä kokonaan eroon porsaiden polvien ihovaurioista, vaan kysymystä voisi lähestyä esimerkiksi pintakuviointia tai pehmeyttä lisäämällä. Sen sijaan että pyrittäisiin pienentämään kulutusta porsaiden liikkuvien polvien alla, pyrittäisiinkin estämään lipsuminen tarjoamalla porsaille mahdollisuus tukevaan "jalansijaan" esimerkiksi lisäämällä pitoa ja joustoa.

Taulukko 12. Yhteenveto lattiaominaisuuksien vaikutuksista emakoihin ja porsaisiin

Liukkaus	Karkeus			Kasvu
Makuulle käynti liikkeisiin käytetty aika	Haavat emakko	Haavat porsaat	Sorkat porsaat	Porsaat
Ei eroa	Ei eroa	Ei eroa	Hiekkakarhennettu polyuretaani aiheutti enemmän vaurioita kuin betoni	Ei eroa

4.5.3 Käyttäjien kokemukset eri materiaaleista

Tuorlan kenttäkoekohteessa tehdyn loppuhaastattelun perusteella eläintenhoitajat (2 henkilöä) arvioivat pinnoittamattoman betonin (BET) paremmaksi vaihtoehdoksi kuin pinnoitetut materiaalit. Pinnoitteista ei saa heidän mielestään mitään sellaista lisäarvoa, että pinnoitus kannattaisi tehdä. Betonin päivittäinen puhdistus lastalla ei eläintenhoitajien kokemuksen mukaan eronnut merkittävästi pinnoitettujen karsinoiden (PUH) puhdistuksesta. Betoni kuitenkin imi likaa enemmän kuin pinnoitetut lattiat ja painepesu oli vähän hitaampaa ja työläämpää kuin pinnoitettujen lattioiden pesu.

Polyuretaani + hiekka (PUH)-pinnoitettu karsina pysyi melko puhtaana ja painepesurilla pestessä lattiapinta puhdistui helposti. Kastuessaan pinnoite oli kuitenkin liukas. Eläintenhoitajien arvion mukaan, pinnoite muuttui kuluessaan eläimille paremmiksi sopivaksi.

Polyuretaani + kumirouhe (PUK)-pinnoitteen päivittäinen puhdistaminen oli eläintenhoitajien mukaan vaikeaa tai mahdotonta, koska pinta oli röpelöinen; lastalla puhdistettaessa lanta ym. lika liiskaantui kiinni lattiaan.

Epoksi-pinnan puhdistaminen oli hoitajien mukaan helppoa. He arvioivat myös, että hiekkapuhallushiekka karhenteena oli liian karhea pikkupossuille, vaikka emakoille karheus voi olla sopiva. Karsinan, jossa oli pyöreäsärmäistä raetta, pinta oli kuin lasia. Pienet posset liukastelivat ja jalat vaurioituivat.

4.5.4 Koeruuduista saatujen tulosten yhdistely

Tuorlassa tehtyjen karkeusmittausten ja hyvinvointihavainnointien tulokset on esitetty taulukossa 13. Puhdistuvuusarakkeessa on esitetty sikalan hoitajien mielipide pinnoitteista.

Taulukko 13. Sikalan lattiapäällysteiden pinnoitteiden ominaisuudet Tuorlan kenttäkokeessa.

Materiaali	Tutkittu ominaisuus		
	Karheus	Hyvinvointi	Puhdistuvuus
Epoksi	Materiaalista on tiedot vain uutena.	Ei tutkittu	Puhdistaminen helppoa
PUH	Profiilin korkeus pienentynyt selvästi n. puolen vuoden käytössä. Huippujen lukumäärä selvästi laskenut käytössä. Huippujen jakauman vinous muuttunut hieman negatiivisesta positiiviseen.	Eri materiaalien aiheuttamien emakoiden ja porsaiden iho- tai nisävammojen määrä tai eläinten käyttäytyminen ei eronnut olennaisesti	Puhdistaminen helppoa
BET	Profiilin korkeus hieman kasvanut puolen vuoden käytön aikana. Selitys voisi olla materiaalin kemiallisessa kulumisessa. Huippujen lukumäärä selvästi laskenut käytössä. Huippujen jakauman vinous muuttunut hieman negatiivisesta positiiviseen.	Eri materiaalien aiheuttamien emakoiden ja porsaiden iho- tai nisävammojen määrä tai eläinten käyttäytyminen ei eronnut olennaisesti. Porsailla oli vähemmän sorkkavaurioita kokeen lopussa.	Päivittäinen puhdistustyö ei eroa muovipinnasta. Puhdistustulosta ei ole vertailtu. Lika irtoaa huomattavasti, joten pesu hiukan hitaampaa ja työläämpää.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Pinnoitteiden tarttuvuus

Epoksimassojen vetolujuus oli noin 2 MPa ja polyuretaani+ hiekka massojen noin 1,5 MPa. Sen sijaan polyuretaani + kumi -pinnoitteiden vetolujuus vaihteli huomattavasti. TKK:lla tehtyjen koekappaleiden vetolujuus oli selvästi alle 1 MPa. Tuorlan koeruutupinnoituksista tehtyjen vetolujuustestien tulokset olivat 0,77 ja 0,91 MPa. Piimat Oy:n tekemien koekappaleiden vetolujuudet olivat puolestaan 1,78 ja 1,87 MPa.

Saadut vetolujuudet analysoitiin Systat for Windows 5.0 -ohjelmalla. Vetolujuustuloksien varianssianalyysin perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- 1) Hiertoepoksin (EPH) ja sementtiepoksin (SEP) tartuntalujuuden kannalta on sama, onko tuore betonipinta puuhierretty ja sitten ennen pinnoitteen asennusta vesihiekkapuhallettu tai onko pinta tuoreena teräshierretty ja hiottu ennen pinnoitteen asennusta.
- 2) Hiertoepoksin (EPH) ja sementtiepoksin (SEP) tartuntalujuuden kannalta on sama, onko vesihiekkapuhallettava pinta tuoreena puuhierretty betonipinta tai onko se öljyttyä muottipintaa vasten valettu pinta.
- 3) Hiertoepoksin (EPH) tartuntalujuuden kannalta on sama onko hiottava betonipinta tuoreena teräshierretty tai onko se öljyttyä muottipintaa vasten valettu pinta.
- 4) Sementtiepoksin (SEP) tartuntalujuuden kannalta on sama, onko öljyttyä muottipintaa vasten valettu betonipinta vesihiekkapuhallettu tai hiottu ennen pinnoitteen asennusta.
- 5) Polyuretaani/epoksihiekkä (PUH) pinnoitteella on tartuntalujuuden kannalta sama onko öljyttyä muottipintaa vasten valettu betonipinta vesihiekkapuhallettu tai hiottu ennen pinnoitteen asennusta.
- 6) Sementtipolyuretaani (SPU) -massat ja polyuretaani/kumirouhe (PUK) -massat epäonnistuivat, koska materiaali ei reagoinut oikein.

Polyuretaani osoittautui haastavaksi sideaineeksi, sillä sementtipolyuretaani- (SPU) ja polyuretaani + kumirouhe (PUK) -pinnoitteen vetolujuutta ei asennusvirheen vuoksi voitu kunnolla määrittää. Jo vetonastojen porauksen yhteydessä havaittiin, että polyuretaani oli jäänyt pehmeäksi eikä ollut kovettunut. Syynä voi olla:

- kahden osakomponentin väärä sekoitussuhde,
- komponenttien puutteellinen sekoitus,
- komponenttien säilytyksen aikana on ylimääräistä kosteutta ollut läsnä tai
- pinnoitteen valmistuksen tai asennuksen aikana on ylimääräistä kosteutta ollut läsnä.

5.2 Kitka- ja karkeus

Taulukossa 14 on esitetty luokittelu navetoiden lattioiden pito-ominaisuuksista SRT-laitteella saatujen lukuarvojen perusteella (Fredriksen & Hviid 2004). SRT-laitteella on mitattu myös porsaskarsinoiden lattioiden kitkaa. Tulosten perusteella lattiat, joista mitattiin lukuarvot 66 tai yli, olivat liian karheita ja aiheuttivat porsaille vaurioita. Sen sijaan lattiat, joista mitattiin lukuarvot 24 tai sen alle, olivat liian liukkaista. Taulukossa 15 on esitetty MTT:n mittaustuloksia sekä MTT:n koejärjestelyä vastaavilla laitteilla mitattuja kitkakertoimia. Lähteissä esitettyjen päätelmien mukaan kitkakerrointen pitäisi olla materiaalista riippuen vähintään 0,25 ja 0,30 välillä, jotta pinta ei tunnu liukkaalta. Mitään esitettyistä kitkakertoimista ei pidetty liian suurina.

Taulukko 14. Navetoiden lattioiden luokittelu SRT-lukuarvon perusteella (Fredriksen & Hviid 2004)

SRT- laitteen lukuarvo	Arviointi
< 40	Lattiapinta ei ole pitävä
40–50	Lattiapinta on lähes pitävä
50–60	Lattiapinta on pitävä
60–70	Lattiapinta on hyvin pitävä
70–80	Lattiapinta on erinomainen, pinta on jopa liian karkea

Taulukko 15. Eräiden materiaalien liike- ja lepokitkakertoimia vetokokeella mitattuina, vertailu MTT:n mittaustuloksiin.

Kokeen suorittaja	MTT:n mittaus*)		Bähr & Türpitz (1976)	Løken (1978)			Nilsson (1988)
	Lepokitka	Liikekitka		Liikekitka	Liikekitka	Lepokitka veto heti	
Lattia-materiaali							
Betoni, kuiva	0,35-0,36	0,31-0,32	0,46	0,20	0,21	0,25	0,39
Betoni, märkä	0,30-0,32	0,28-0,29	0,65	0,24	0,25	0,30	
Polyuretaani-pinnoite			0,66–0,79				
Polyuretaani-massa, PUH	0,40	0,33-0,37					
Polyuretaani + kumi, PUK	0,43-0,41	0,35-0,36					
Epoksinpinnoite			0,55–0,62				
Epoksimassa, EPH	0,28-0,35	0,25-0,30					
Foss floorepoksi							0,30
Periginol-epoksi							0,21
Kumimatto, kuiva			0,65		0,57		0,67

*) kulutettu pinta – uusi pinta

Taulukossa 16 on esitetty eri lähteistä saatuja kuluttavuus arvoja, jotka on mitattu samantyyppisellä mittaustuloksella kuin tässä tutkimuksessa. Muovimassat SEP, PUH ja SPU olivat karheampia kuin em. kirjallisuudessa esitetyt muovimassat paitsi SPU –massa kuluneena, jolloin se vastasi esitettyjä arvoja. Uusi betonipinta oli vähemmän kuluttava kuin kirjallisuudessa on esitetty.

Taulukko 16. Eräiden materiaalien kuluttavuusarvoja ilmaistuna liidun painohäviönä.

Kokeen suorittaja Lattiamateriaali	Nilsson (1988)		Puumala ja Lehtiniemi (1993)	
	Uusi pinta 10 ⁻² kg/m ²	Kulunut pinta ^{a)} 10 ⁻² kg/m ²	Uusi pinta 10 ⁻² kg/m ²	Kulutettu pinta 10 ⁻² kg/m ²
Hierretty betoni	69 ^{b)}	8 ^{b)}	87	62
Hiottu betoni	21	8		
Kumimaali	15	12		
EP-10 epoksinpinnoite			8	10
Monolithpolyuretaani, karhentamaton			1	4
Monokopolyuretaani, karhennettu	23	12		

a) Lattiat olleet käytössä 9 - 10 kuukautta

b) 150 mm paksu K30 betoni

5.3 Puhdistuvuus

Värimittauksen perusteella pinnoittamaton betoni puhdistui heikommin sekä liisteri- että lantaliasta. Epoksihiertomassan puhdistuvuus oli liisterilian osalta muita pinnoitteita hie- man heikompi, mutta ero muihin pinnoitteisiin ei ollut kovin suuri. Tulos on samansuun- tainen kuin Puumalan ja Lehtiniemen (1993) tutkimuksessa, jossa pinnoitteet puhdistuivat visuaalisen tarkastelun perusteella sahanpuru-liisteriliasta paremmin kuin pinnoittamaton betoni. Sundahlin (1974, ref. Hörndahl 1995) tutkimuksessa hierretyn betonin puhdistu- vuus sian lannasta oli huono, mutta teräshierretyn betonin puhdistuvuus oli hyvä. Nyt teh- dyssä kokeessa verrattiin materiaalien puhdistuvuutta, mutta ei selvitetty lian kerrostumista tai pinttymistä. Lanta happamoituu ajan kuluessa (Mathiasson et al. 1991). Lannasta peräi- sin oleva etikkahappo ja sian happamasta rehu-vesi – seoksesta peräisin oleva maitohappo (De Belie et al. 1996) hajottavat betonia hitaasti (standardi ACI 515.1R, 1985). Pitkäaikai- sessa kokeessa lian vaikutuksen pintaan voidaan siis olettaa korostuvan ja pinnoituksen merkityksen kasvavan.

Sekä värimittauksen että aistinvaraisen arvioinnin perusteella pinnoittamattoman betonin puhdistuvuustulos liisteriliasta oli huonoin. Myös Tuorlan kenttäkokeen perusteella beto- nin puhdistuvuustulos oli pinnoitteita huonompi, vaikka kokonaisuutena kenttäkokeen ha- vainnoitsijat eivät pitäneetkään pinnoitusta tarpeellisena. Nyt tutkittu betoni oli melko huokoista, joten käyttämällä tiiviimpää betonilaatua olisi ehkä mahdollista parantaa sen puhdistuvuutta. Lantalian suhteen eri tutkimusmenetelmien tulokset poikkesivat toisistaan: värimittauksen mukaan lantalika puhdistui pinnoittamasta betonista liisterilikaakin huo- nommin, mutta aistinvaraisen arvioinnin perusteella pinnoituksella ei ollut merkittävää vaikutusta materiaalin puhdistuvuuteen lantaliasta. Aistinvarainen tutkimus edellyttäisi tieteellisessä käytössä tehtävään perehdytettyä ja suurempaa raatia kuin mitä nyt oli mah- dollista käyttää. Pesonen-Leinosen (2005) mukaan värimittaus korvaa aistinvaraisen arvi- oinnin tarpeen, jos värimittauksen koeasetelma on soveltuva, eli esimerkiksi lika on väril- tään tummaa ja pintamateriaali vaalea. Myös Pittsin et al. (1998) mukaan värimittaus so- veltuu pinnan biologisen likaantumisen mittaamiseen. Nyt tehdyssä tutkimuksessa tutkitut pinnat olivat väriltään vaaleahkoja ja lika oli värillistä. Liisterilian osalta tulokseen on kui- tenkin vaikuttanut se, mihin lian komponenttiin punainen väriaine sitoutui. On mahdollista, että väriaine poistui pinnasta nopeammin kuin esimerkiksi tahmea liisteri. Tämä kysymys oli hankala huomioitava myös aistinvaraisessa tutkimuksessa.

Kulutus vähensi kaikkien pintojen karheutta liitukokeen perusteella, mutta kulutuksen vai- kutus profilometrimittauksesta saatuihin karheusarvoihin oli vaihteleva. Kuisman ym. (2005) tutkimuksessa kahden PUR-pinnoitetun PVC-päällysteen karheusarvot alenivat merkittävästi rumpu-hiekka – kulutuksen vaikutuksesta, mutta kulutuksen vaikutus muihin, pääasiassa PUR-pintaisiin PVC-muovipäällysteisiin, oli vähäinen. Eri kulutusmenetelmät vaikuttavat pintojen kulumiseen kuitenkin hyvin eri tavoin (Kuisma 2004). Tässä tutki- muksessa kulumisella ei ollut selvää vaikutusta puhdistuvuuteen kummastakaan liasta.

Tässä tutkimuksessa profilometrillä osoitettu pinnoittavan betonin karheus näytti olevan yhteydessä sen heikkoon puhdistuvuuteen, kun liitukokeen perusteella vastaavaa yhteyttä ei ollut. Kuisman et al. (2005) tutkimuksessa muovipinnan puhdistuvuuden ja kulutuksen tai karheuden välillä ei havaittu selvää lineaarista korrelaatiota. On kuitenkin otettava huomioon, että tutkitut materiaalit ja profilometriset mittausten menetelmät poikkeavat näissä tutkimuksissa huomattavasti toisistaan. Hörndahlin (1995) tutkimuksessa kulutuksella ei ollut vaikutusta naudan lietelannalla liatun ja painepesurilla puhdistetun betonipinnan puh- distuvuuteen, mutta pinnoittamattoman betonin puhdistuvuus arvioitiin hyväksi toisin kuin tässä tutkimuksessa.

Nyt käytetyssä koeasetelmassa kaksi pesukierrosta tuotti useimmilla pinnoitteilla parhaan puhdistumistuloksen. Tämä on tärkeä tulos puhtaanapidon työkustannusten kannalta. Pinnoittamattoman betonin puhdistuvuutta kolmaskaan pesukierros ei parantanut. Avoimeksi jäi, olisiko pesukierrosten lisääminen yli kolmeen lisännyt tämän materiaalin puhdistuvuutta.

5.4 Eri laboratorikokeiden yhdistely

Taulukkoon 15 on koottu sanalliset arviot laboratorikokeiden tuloksista. Kitkamittauksien tuloksia on arvioitu kirjallisuudesta saatujen ohjearvojen perusteella.

Taulukko 15. Lattiapintojen pinnoitteiden tartunta sekä pintojen karheus, kitka ja puhdistuvuus laboratorikokeissa.

Materiaali	Tutkittu ominaisuus			
	Tartunta	Kitka	Puhdistuvuus	Karheus
EPH	Tartunta erittäin hyvä, murtuu betonista	SRT: kuivana liiankin karkea, märkänä ja likaisena hiukan liian sileä FIOH: erittäin pitävä Vakola: uutena hiukan liukas, kulutus tekee liukkaammaksi	Parempi puhdistuvuus kuin pinnoittamattomalla betonilla (BET). Puhdistuvuus ehkä keskimäärin hieman heikompi kuin muilla pinnoitteilla (SEP-PUK).	Liitukokeiden mukaan toiseksi vähiten kuluttava. Profiilin korkeus toiseksi suurin. 1) Profiilissa toiseksi eniten huippuja. 2)
SEP	Tartunta erittäin hyvä, murtuu betonista	SRT: Kuivana liiankin karkea, likaisena ja märkänä melko pitävä FIOH: erittäin pitävä Vakola: uutena hyvä kitka, kuluneena hiukan liukas	Parempi puhdistuvuus kuin pinnoittamattomalla betonilla BET.	Liitukokeiden mukaan karkein materiaali. Profiilin korkeus oli suurin. 1) Profiilissa eniten huippuja. 2)
PUH	Tartunta hyvä, murtuu pääosin betonista	SRT: Kuivana liiankin karkea, likaisena ja märkänä melko pitävä FIOH: erittäin pitävä Vakola: sekä uutena että kuluneena melko hyvä kitka	Parempi puhdistuvuus kuin pinnoittamattomalla betonilla BET.	Uutena toiseksi kuluttavin liitukokeiden mukaan. Kuluttetuna pienimpiä kuluttavuusarvoltaan. Profiilin korkeus pienin. 1)
SPU	Tartunta hyvä, murtuu pääosin betonista	SRT: kuivana karkea, märkänä ja likaisena hiukan liian sileä FIOH: erittäin pitävä tai pitävä Vakola: uutena hyvä kitka, kuluneena hiukan liukas	Parempi puhdistuvuus kuin pinnoittamattomalla betonilla BET.	Karheus säilyi myös kuluttetuna liitukokeiden mukaan. Profiilin korkeus toiseksi pienin. 1)
PUK	Tartunta vaihtelee huomattavasti. Tarkalla suhteutuksella hyvissä olosuhteissa tehtynä tartunta on hyvä.	SRT: kuivana karkea, märkänä ja likaisena hiukan liian sileä FIOH: erittäin pitävä Vakola: sekä uutena että kuluneena hyvä kitka	Parempi puhdistuvuus kuin pinnoittamattomalla betonilla BET.	Liitukokeiden mukaan karkeudeltaan keskinkertainen. Profiilin korkeus keskinkertainen. 1) Huippujen jakaumaltaan korkein arvo varsinkin uutena. 3)
BET		SRT: kuivana karkea, märkänä ja likaisena melko pitävä FIOH: erittäin pitävä Vakola: likaisena sekä uutena ja kuluneena hiukan liukas, muutoin hyvä kitka	Huonompi puhdistuvuus kuin pinnoitteilla. Pesu vaatii pidemmän ajan kuin pinnoitetuilla materiaaleilla	Liitukokeiden mukaan vähiten kuluttava sekä uutena että kuluttetuna. Profiilinkorkeus keskinkertainen 1). Huippujen jakaumaltaan matalin arvo varsinkin kuluttetuna. Huokoinen materiaali 3).

1) Perustui laserprofiilimetrimittauksista tehtyihin laskelmiin, R_{tm} = profiilin korkeus (mm) (tulokset liitteessä 3).

2) R_{pc} = profiilin huiput (kpl)

3) R_{sk} = huippujen jakauman vinous

Vetolujuuskokeiden perusteella parhaimmiksi pinnoitteiksi osoittautuivat hiertoepoksi (EPH), sementtiepoksi (SEP) ja polyuretaani + epoksivärjätty hiekka (PUH). Polyuretaani osoittautui haastavaksi sideaineeksi. Sementtipolyuretaani- (SPU) ja polyuretaani + kumi-rouhe (PUK) pinnoitteiden vetolujuutta ei voitu asennusvirheen vuoksi määrittää. Polyuretaanikumirouhepinnoitteen (PUK) valmistaminen onnistui kontrolloiduissa olosuhteissa.

Puhdistuvuuden yleinen johtopäätös on, että pinnoitus paransi jonkin verran betonilattian puhdistuvuutta. Pinnan kulumisella tai pesulämpötilalla ei ollut selvää vaikutusta puhdistumiseen. Taulukossa mainitut päätelmät perustuvat värimittaustuloksista laskettuihin E-arvoihin, jotka kuvaavat värin kokonaiseron suuruutta likaamattoman ja puhdistetun materiaalin välillä

6 Johtopäätökset ja suositukset

Tavallisen betonin kuivuminen pinnoituksen edellyttämään kosteustasoon on hyvin hidas prosessi. Kuivuminen käytettäessä lattiabetonia, jossa vettä oli vähennetty notkistimella, kesti tutkimustilanteen hyvissä kuivissa ja lämpimissä olosuhteissa kaksi kuukautta. Tällaiset otolliset olosuhteet vallitsevat todellisilla työmailla harvoin. Tämän perusteella betonin kosteus tulee tarkistaa aina ennen pinnoitustyön aloittamista.

Epoksipohjaisen muovipinnoitteiden asennus käytännön olosuhteissa onnistuu hyvin. Polyuretaanipohjaisten pinnoitteiden asennustyö on vaativampaa. Polyuretaanin käytöstä sideaineena tehtiin ja voidaan antaa seuraavat johtopäätökset ja suositukset:

- Komponenttien keskinäiset tilavuussuhteet tulee aina mitata erittäin tarkasti. Mittauksissa kummallakin komponentilla tulee käyttää omaa mittakannua.
- Polyuretaanin osakomponentit tulee aina sekoittaa keskenään koneellisesti. Sekoituksen on jatkuttava riittävän pitkään, vähintään 30 sekuntia.
- Pinnoitteen valmistus- ja asennusolosuhteet tulee vakioida siten, että kosteutta tai vettä ei missään muodossa ole läsnä.

Tutkimuksessa kuitenkin osoitettiin, että valmistajan ohjeita huolellisesti noudattamalla myös polyuretaani + kumi (PUK) pinnoitteen valmistaminen onnistuu. Kyseisen pinnoitteen (M-toim) PUK vetolujuus oli hyvä, lähes 1,9 MPa.

Kuivan muovimassan kitka on hyvä, mutta kosteus ja lika pienentävät useimpien massojen kitkaa oleellisesti. Jotta kitka saadaan hyväksi, tulee muovimassoja karhentaa runsaasti. Siitä seuraa, että ne uutena ovat usein liian karheita. Kulutuksessa niiden karheus pienenee.

Laboratoriokokeiden perusteella porsitus- ja vieroituskarsinoiniin valitut muovimassat olivat uusina liian karkeita. Korvaavana pinnoituksena asennettu epoksimassa oli toisaalta liian karkea, koska siinä oli karhenteena teräväsärmäistä puhallushiekkää, mutta märkänä ja likaisena se oli liukas. Polyuretaanipinnoitteen teko ei onnistunut kumirouheella karhennettuna kenttäkokeessa. Hiekkakarhennettuna se toimi. Pinnoitteiden pitkäaikaiskestävyydestä ei voida olla varmoja tämän tutkimuksen perusteella. Pitkäaikaiskestävyyttä selvittää seuraamalla koekohteen pinnoitteiden kestoa n. 5 vuoden ajan.

Tarkasteltaessa tutkittavina olevien betonin ja hiekalla karhennetun polyuretaanin soveltuvuutta emakoiden ja porsaiden kannalta ei lattiapinnoissa havaittu olennaista eroa. Lattian aiheuttamia vaurioita havaittiin eläimissä kuitenkin säännöllisesti, mikä osoittaa sen että lattiamateriaalien kehittämiseen kannattaa kiinnittää huomioita.

Karsinoiden lattioissa muovipinnoitteiden valintaperusteena tulee olla eläinten hyvinvointi. Puhdistustyö nopeutuu, mutta ei niin oleellisesti, että sillä voitaisiin perustella pinnoitusta. Työntekijän kannalta kaikki pinnoitteet ja myös betoni olivat riittävän pitäviä. Lisäksi työntekijä pystyy jalkinevalinnallaan vaikuttamaan liukastumis- ja tapaturmariskiinsä.

Pinnoittaminen paransi selvästi lattian puhtaustulosta. Pinnoittaminen on siis puhtaustuloksen kannalta hyödyksi kohteissa, joilta edellytetään korkeaa hygieniatasoa. Tämä saattaa tarkoittaa sitä, että pinnoitusta käytetään vain sikalan joissakin kohdissa. Pinnoitteet parantavat myös lattioiden kemiallista kestävyyttä, jolloin esim. ruokintaruuhien ympäristön pinnoittaminen voi olla hyvinkin perusteltua. Pinnoittaminen vaikuttaa myös puhdistuskustannuksiin. Pinnoittamattoman betonin puhdistus vie tämän tutkimuksen perusteella enemmän aikaa kuin pinnoitettujen materiaalien puhdistaminen.

Värimittauksella mitataan objektiivisesti pinnalla näkyvää likaa. Menetelmää voi käyttää sekä laboratoriossa että kenttäolosuhteissa. Värimittauksella saatiin tarkempaa tietoa pinnan puhdistuvuudesta kuin aistinvaraisella arvioinnilla. Maatalouden ympäristöön käyttöön otettu värimittaus soveltui nyt tutkittuihin pintoihin ja lantalikaan, mutta yleisesti on otettava huomioon, että tutkittavien pintojen ja lian välisen värieron on tätä menetelmää käytettäessä oltava riittävän suuri.

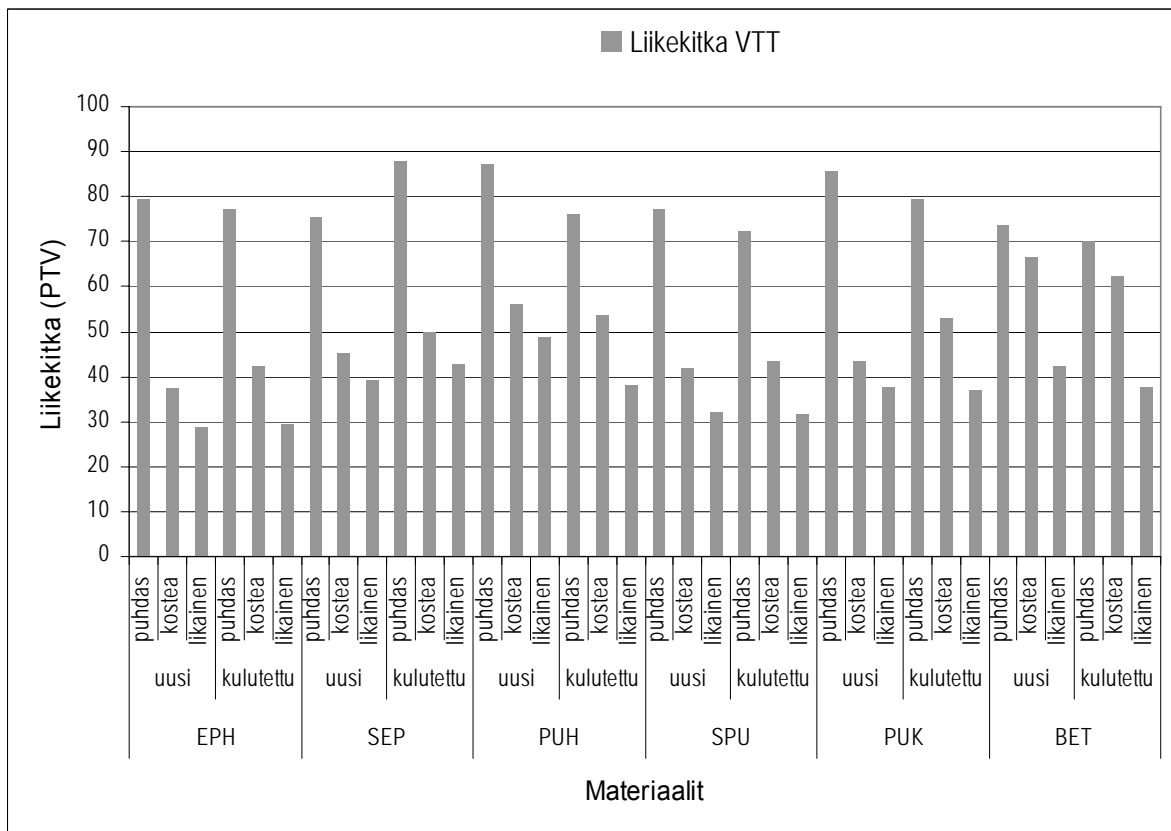
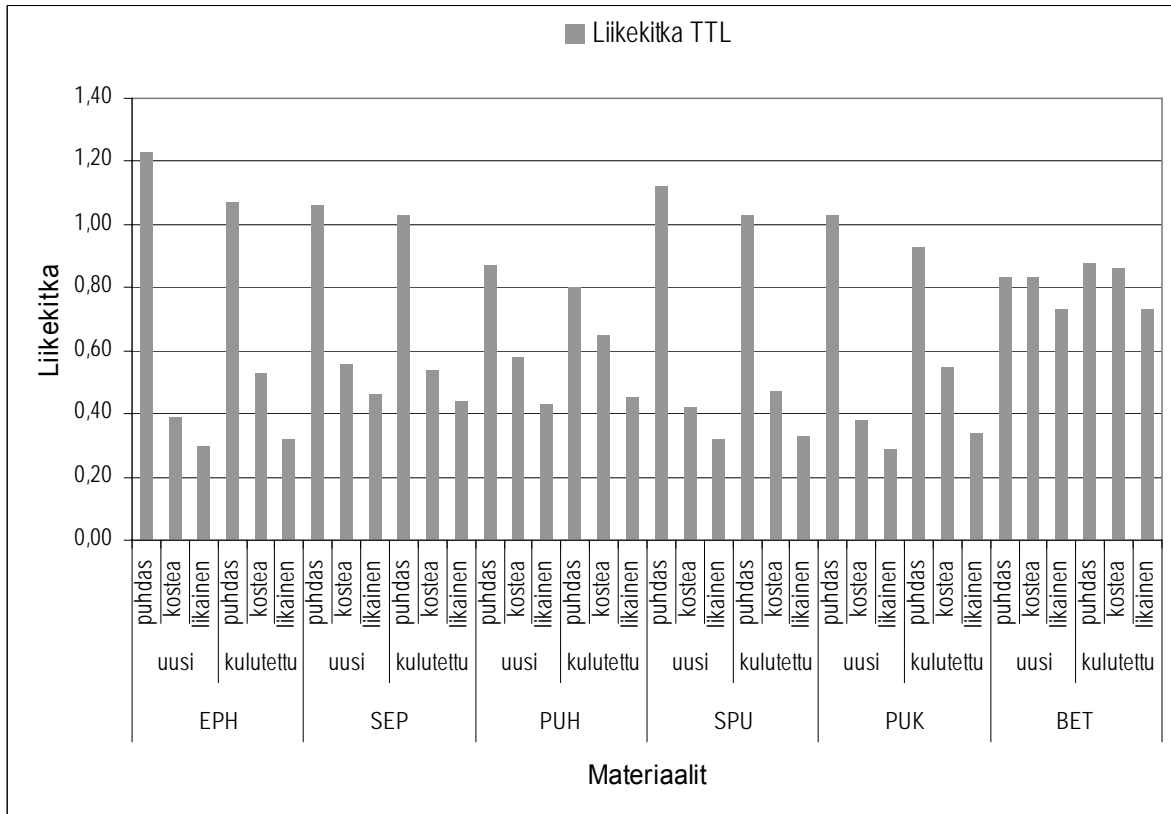
Käytetyistä uusista mittalaitteista laserprofilometri sopi kohtalaisen hyvin lattian pinnan karkeuden arviointiin myös kenttäolosuhteissa. Se olisi sopinut vielä paremmin tähän tarkoitukseen, mikäli laserpää olisi ollut nyt käytettyä tarkempi.

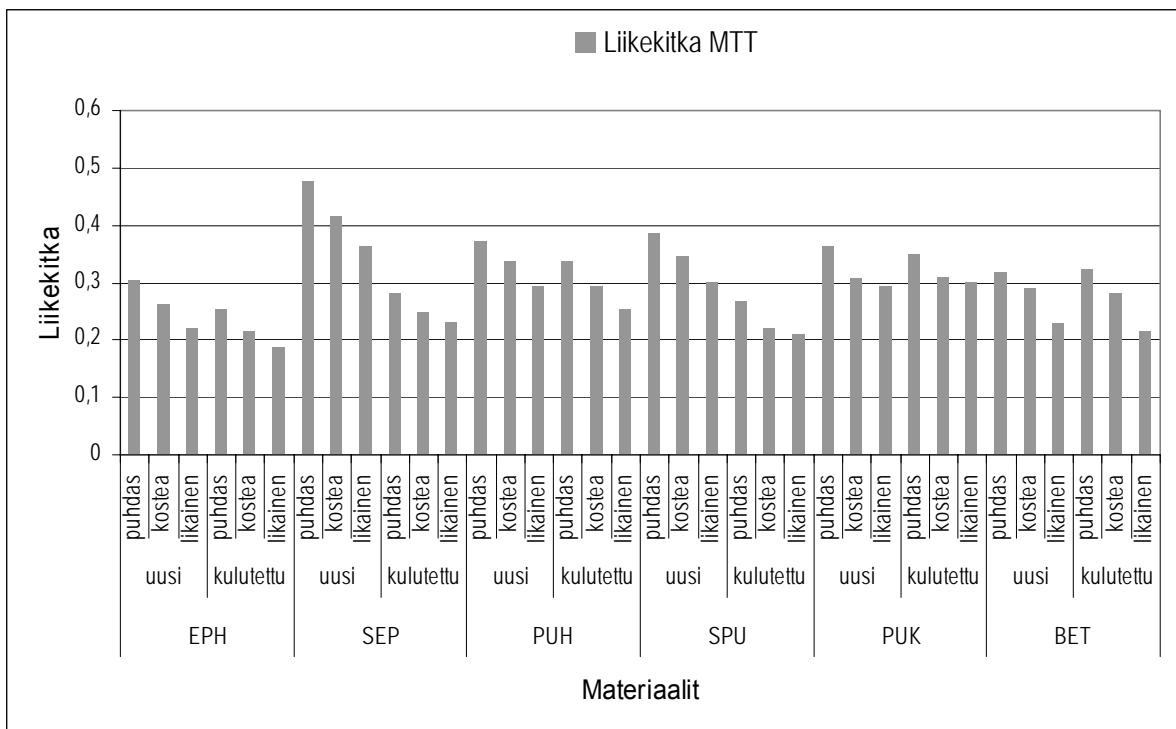
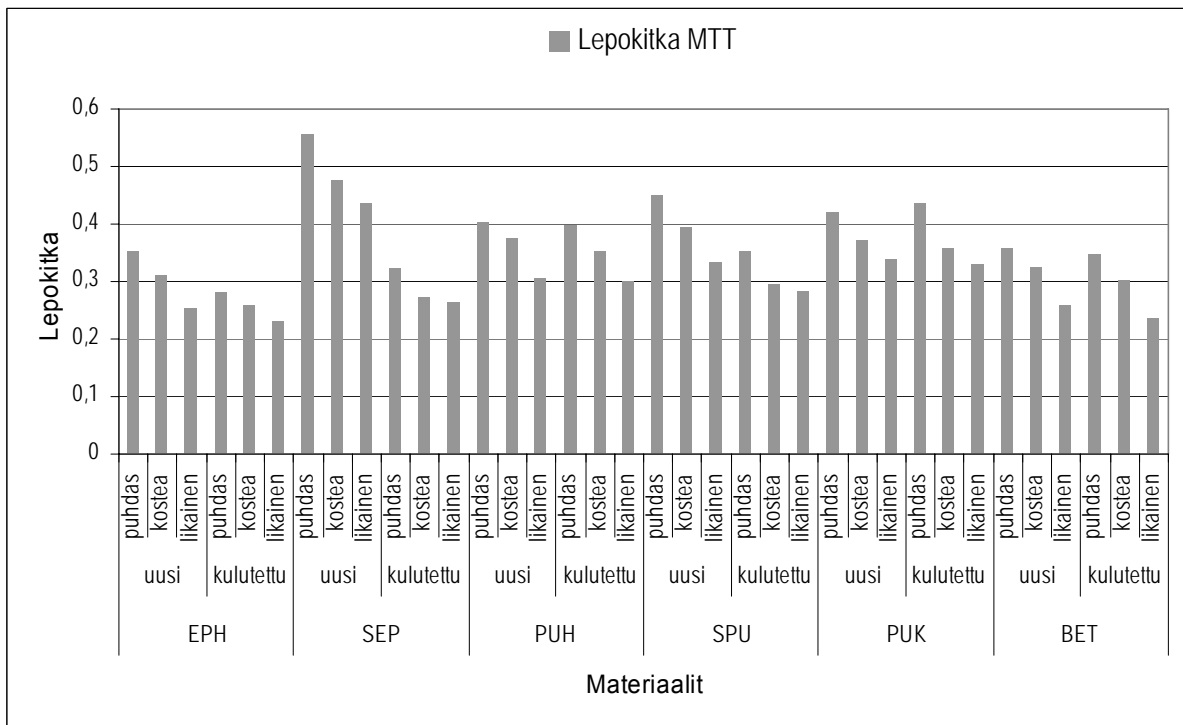
7 Kirjallisuus

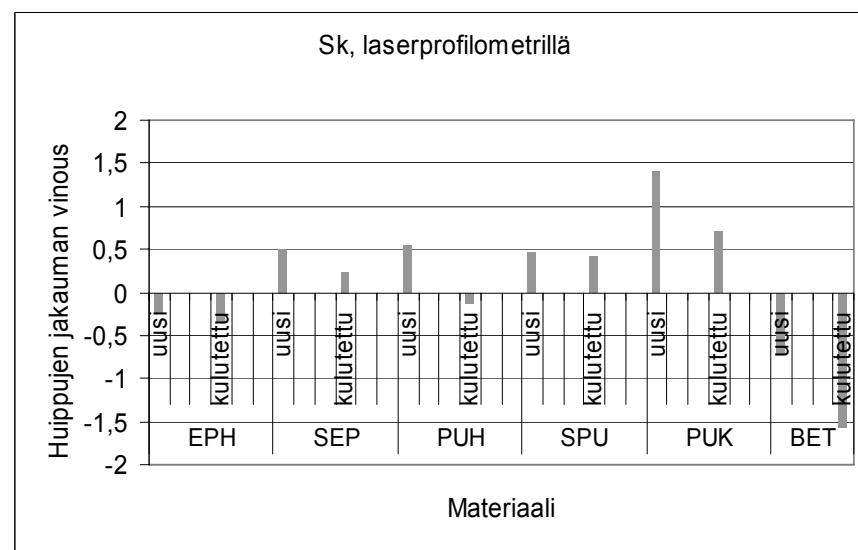
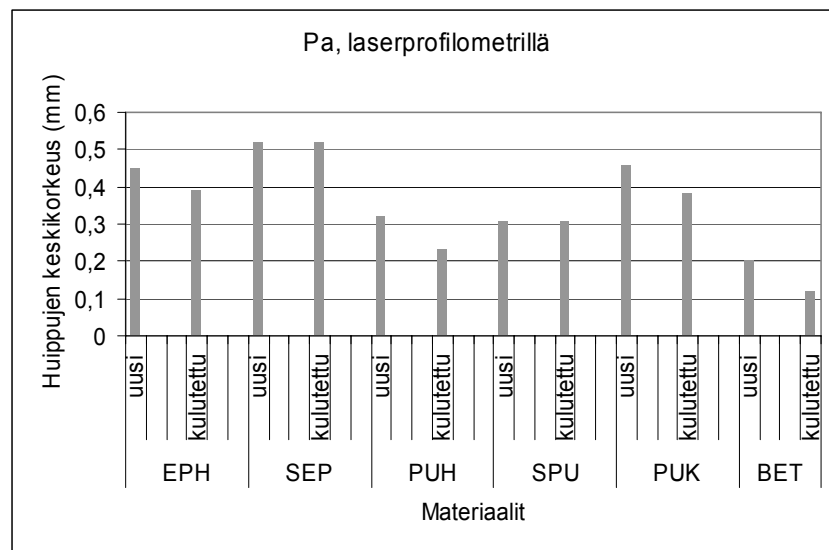
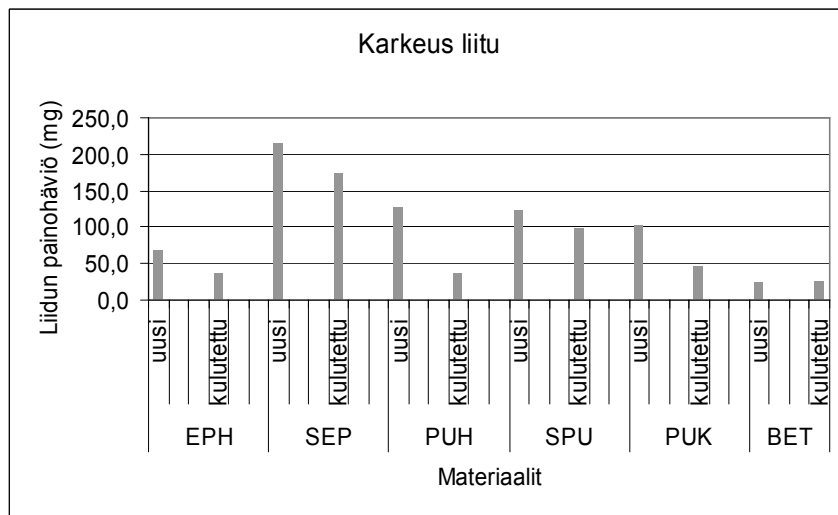
- ACI 515.1R-79, 1985. A guide to the use of waterproofing, damp proofing, protective and decorative barrier systems for concrete. 44 p. In: ACI Manual of concrete practice 1988, Part 5. American concrete institute, USA.
- Andersson, K. 1988. Vassle till slaktsvin - inverkan av inblandningsnivå och lagringstid. *Husdjur* 1988: 11.
- Anon. 1980. Kone- ja tarvikekoetuksia. *Valtion maitotalouden tutkimuslaitos*. 89: 1 - 69.
- Anon. 1981. Kone- ja tarvikekoetuksia. *Valtion maitotalouden tutkimuslaitos*. 91: 1 - 21.
- Anon. 1986. Kone- ja tarvikekoetuksia. *Valtion maitotalouden tutkimuslaitos*. 96: 1 - 29.
- Anon. 1988. Karjasuojan pinnoitteiden ryhmäkoetus. VAKOLAn koetuselostus 1246: ryhmä 210. s. 1
- Anon. 1989. Prøverapport. *Statens Jordbrukstekniske Forsøg*: 699, 702, 703, 708.
- Anttila, S. 1988. Puhtaaksi kylmällä vai kuumalla? *Koneviesti* 16: 18 - 19.
- Beer, G. 1976. Einige neue Prüfungsmethoden für die Tierstallböden. Report from the Working Session of the 2nd Technical Section of Commission International du Génie Rural, Budapest, 21 - 24 September. s. 473 - 478.
- De Belie, N. 1997. Concrete technological and chemical aspects of floor degradation in pig houses. An Abstract in Ph.D. Thesis, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Ghent. 277p.
- De Belie, N., De Blaere, B. & Verschoore, R. 1996. Compounds aggressive to concrete floors in pig houses. *Landwards* 51, 3: 22-26.
- Bengtsson, A.C., Fajersson, P. & Svendsen, J. 1982. Leg injuries of piglets - a comparative study using three different floor types.
- Benskadon på smågrisar – i jämförande undersökning på tre olika golvtyper. Rapport, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet 26, 32.
- Boyle, L.A., Regan, D., Leonard, F.C., Lynch, P.B. & Brophy, P. 2000. The effect of mats on the welfare of sows and piglets in the farrowing house. *Animal Welfare* 9, 39-48.
- Bähr, H. & Türpitz, L. 1976. Die Trittsicherheit von Stallfussböden und der Einflussfaktor Reibwiderstand. *Agrartechnik* 5. pp. 241 - 243.
- Cousin, C. & Bramley, A. 1981. The Microbiology of Milk. *Dairy Microbiology* 1: 1 - 158.
- Englert, G. 1990. Anstriche und Beschichtungen für Gärfuttersilos. *Top Agrar* 9. s. 90 - 94.
- Fredriksen, H. & Hviid, J. 2005. Skridsikkerhed på gangarealer. Dansk Landbrugsrådgivning, Landcentret, Byggeri og Teknik. Århus.
- Gråvas, L. 1979. Behavioural and physical effects of flooring on piglets and sows. *Applied Animal Ethology* 5, 333-345.
- Grönqvist, R., Roine, J., Järvinen, E. & Korhonen, E. 1989. An apparatus and a method for determining the slip resistance of shoes and floors by simulation of human foot motions. *Ergonomics*, 32, 979–995.

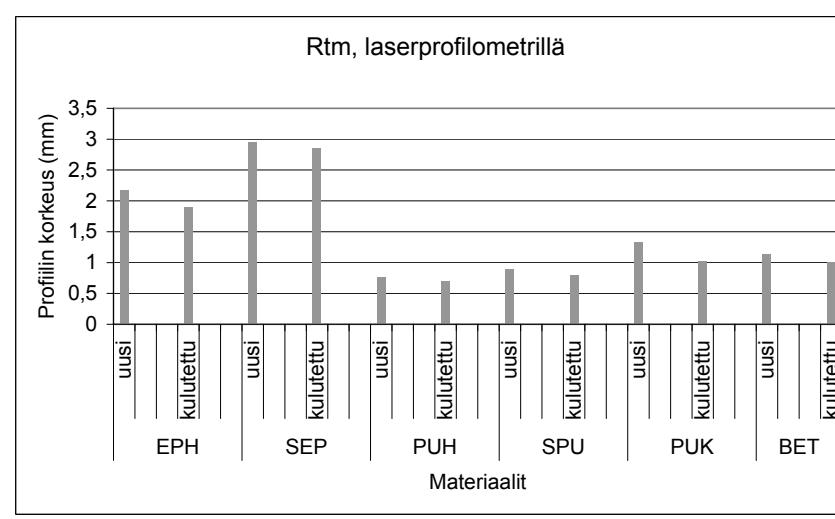
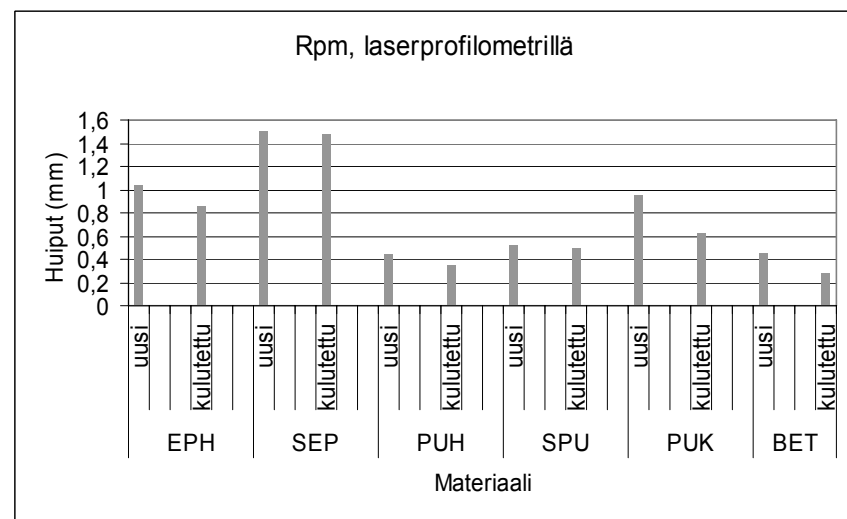
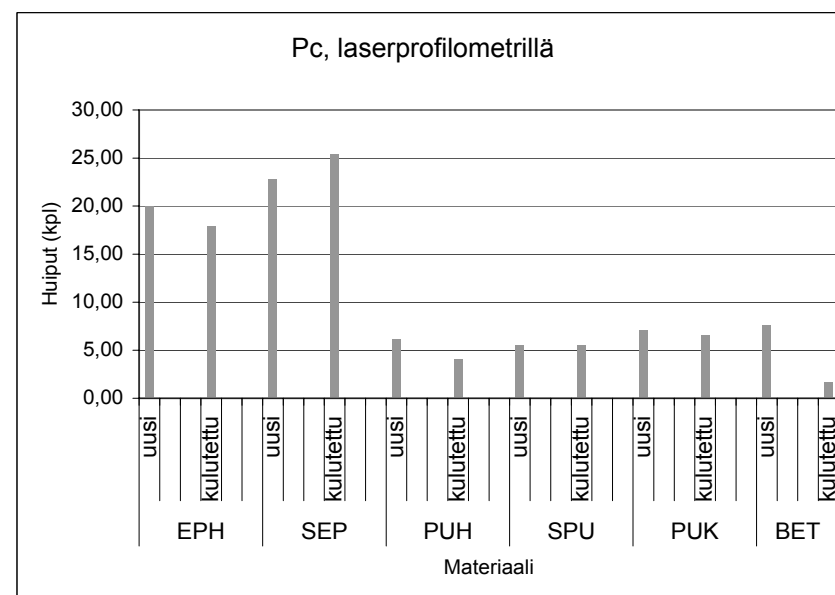
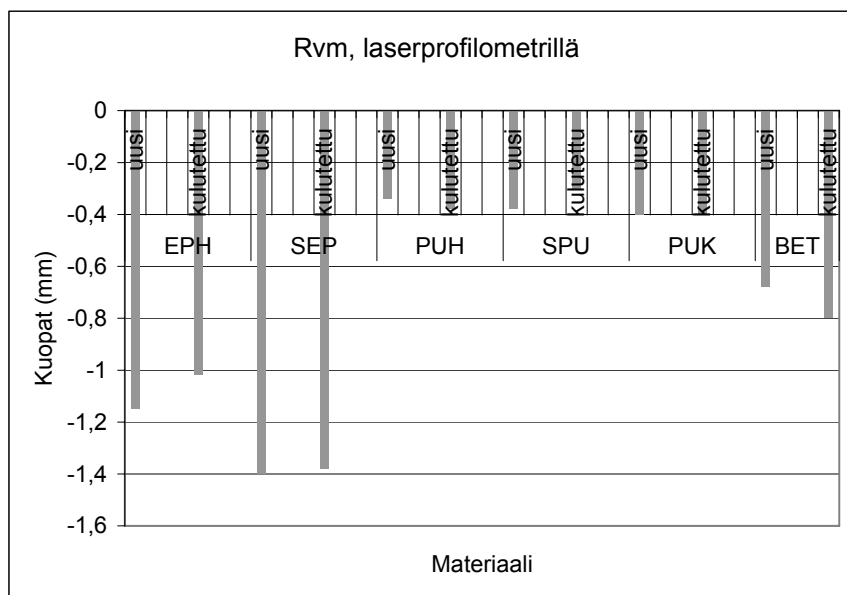
- Grönqvist, R. 2003. Liikkumisturvallisuuteen vaikuttavat tekijät.
- Heikkilä, T., Lampila, M. & Väättäin, H. 1987. Erilaiset nurmirehut lypsylehmien ruokinnassa. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedote 9: 1 - 230.
- Hyvärinen, A. 1978. Maavaraisen betonilattian kuivuminen pinnoituskelpoiseksi. Rakennustaito. 20. s. 6 - 9.
- Hörndahl, T. 1995. Slitstyrka och halksäkerhet hos golv i djurstallar. Inverkan av material och utförande. Specialmeddelande 220, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, Lund, Sweden. 49 p.
- Karhunen, J. & Pyykkönen, M. 1978. Painepesulaitteista ja niiden käytöstä. VAKOLAn tiedote 26. Eripainos Koneviesti N:o 1/1978. Helsinki. s. 1 - 7.
- Kemppainen, E. 1989. Nutrient Content and Fertilizer Value of Livestock Manure with Special Reference to Cow Manure. Annales Agriculture Fenniae 28: 163 - 284.
- Kreula, M. 1979. AIV Silage. Valio laboratory. Publ. 4: 5 - 118.
- Kuisma, R. 2004. Tutkimusmenetelmien kehittäminen kulutus- ja puhdistuvuustutkimuksiin muovipintaisille lattiamateriaaleille. Lisensiaatintutkielma. Helsingin yliopisto, MMTEK – Julkaisuja 18.
- Kuisma, R., Pesonen-Leinonen, E., Redsvén, I., Kymäläinen, H.-R., Sjöberg, A.-M. & Hautala, M. 2005. Soiling tendency of worn, plastic flooring materials related to their surface topography. Tenside Surfactants Detergents 42, 154-162.
- Kylä-Siurola, A-L. 1980. Maatiloilla käytettävät pesu- ja desinfiointiaineet. Erillispainos Karjaloudesta 1980:9. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 159.
- Kylä-Siurola, A-L. 1981. Maatiloilla käytettävät pesu- ja desinfiointiaineet. Erillispainos Karjaloudesta 1981:2. Valtion maitotalouden tutkimuslaitos. 161.
- Løken, K.A. 1978. Methods for Testing Floor Surface Properties. Project No. 32 from The Scandinavian Contact Agency for Agricultural Research. Subproject No. 3. Acta Agriculturae Scandinavica 28: 342 - 347.
- Mathiasson, L., Knutsson, M., Bremle, G. & Mårtensson, L. 1991. Chemical environment in animal buildings. Swedish Journal of Agricultural Research 21, 147-155.
- Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteus ja kuivumisen arviointi. ISBN: 952-5075-45-1.
- Nilsson, C. 1988. Floors in Animal Houses. Technical Design with Respect to the Biological Needs of Animals in Reference to the Thermal, Friction and Abrasive Characteristics and the Softness of the Flooring Material. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institution för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 61. Lund.
- Nilsson, C. & Walberg, K. 1978. Golv i ko- och svinstallar. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 264. Uppsala.
- Pesonen-Leinonen, E. 2005. Determination of cleanability of plastic surfaces. Academic dissertation. University of Helsinki, MMTEK Publications 21.
- Pesonen-Leinonen, E., Kuisma, R., Redsvén, I., Sjöberg, A.-M. & Hautala, M. 2005. Cleanability of plastic flooring materials related to their surface properties. Tenside Surf. Det. 42, 3: 148-153.
- Phillips, P.A., Fraser, D. & Pawluczuk, B. 1995. Effects of cushioned flooring on piglet leg injuries. Transactions of the ASAE 38, 213-216.

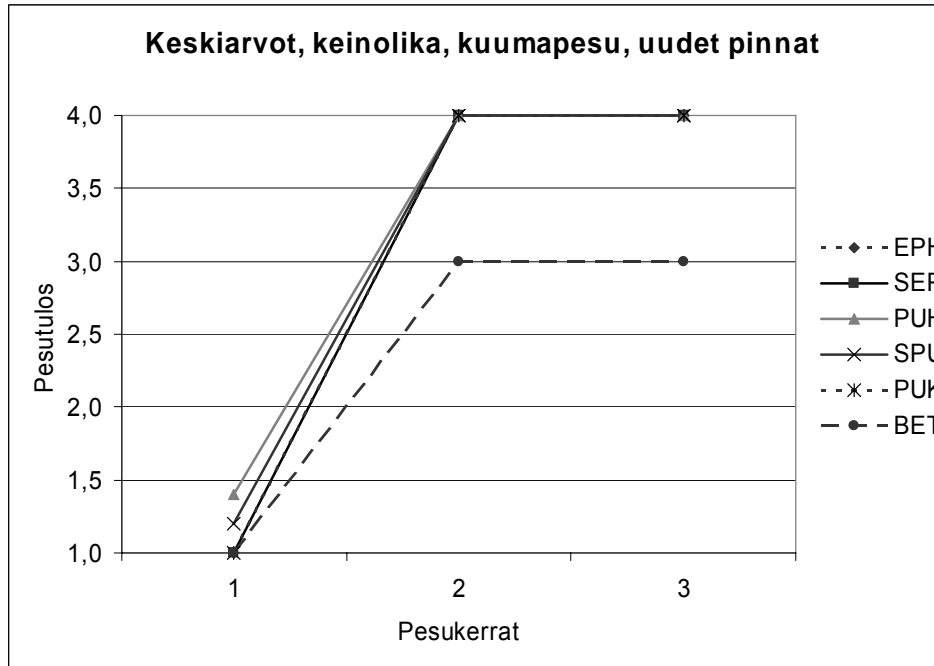
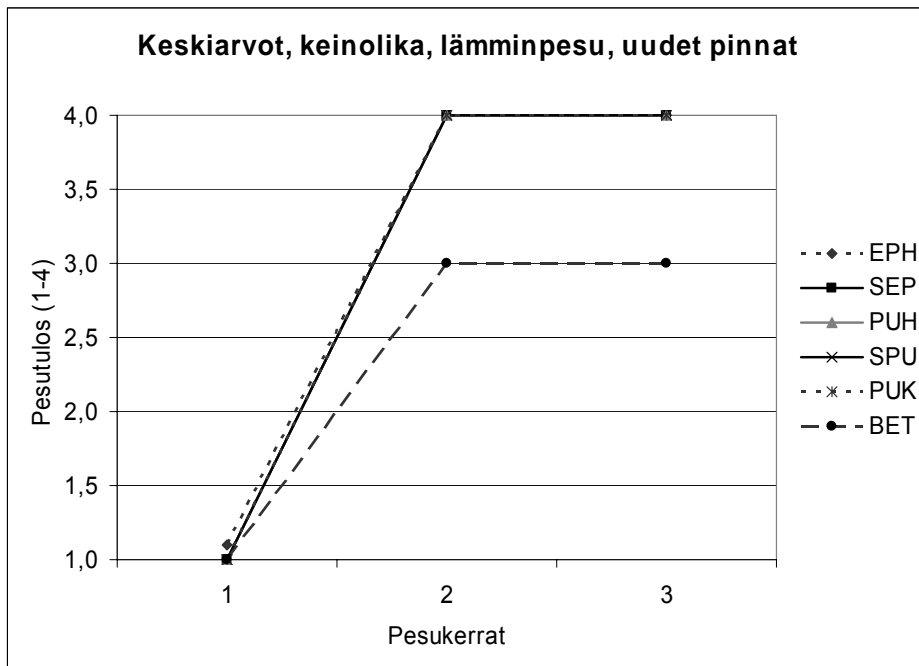
- Pitts, B., Hamilton, M.A., McFeters, G.A., Stewart, P.S., Willse, A. & Zelter, N. 1998. Color measurement as a means of quantifying surface biofouling. *Journal of Microbiological Methods* 34, 143-149.
- Puumala, M. & Lehtiniemi, T. 1993. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. VAKOLAn tutkimusjulkaisu 67, MTT, Vihti.
- Puumala, M. & Paasonen, M. 2001. Lantavarastot ja pihatoiden ritiläpalkistot, Vakolan tiedote 85/2001, MTT, Vihti.
- SFS-EN 206-1 Betoni, Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. Julk. 2002-09-30.
- Sundahl, A.-M. 1974. Byggnadsmaterial i djurstallar, Nedsmutsing – rengöring. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för landbrukets byggnadsteknik, Aktuellt 211, Teknik, Uppsala.
- Suutarinen, J., Lehto, M., Karttunen, J., Salonen, K., Nysand, M., Mäkelä, K. & Manni, J. 2002. Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa. Maa- ja elintarviketalous 6. Vihti: MTT maatalousteknologian tutkimus. 80 s. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/met>
- Tike 2004. Maatilatilastollinen vuosikirja 2004. MMM tietopalvelukeskus. 268 s.

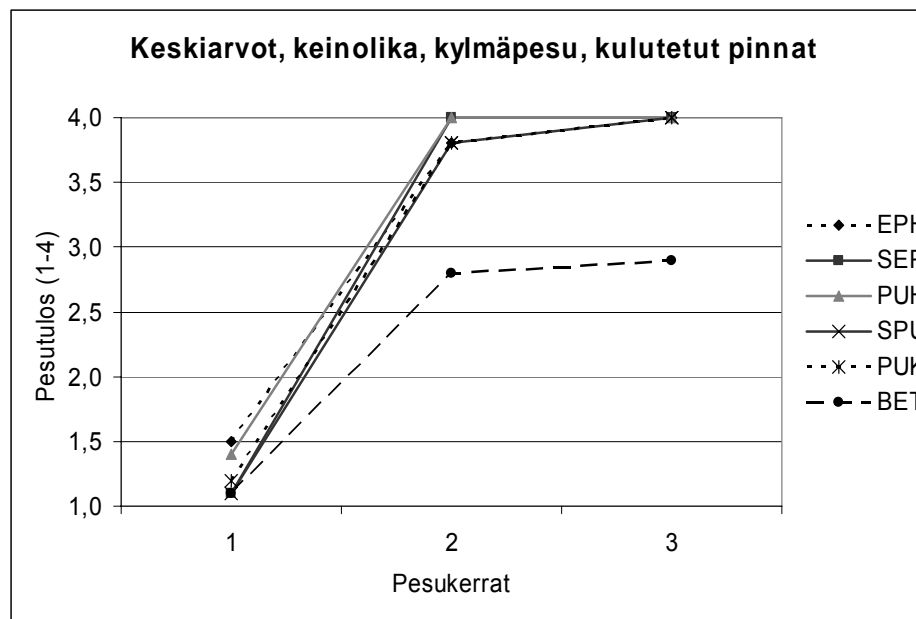
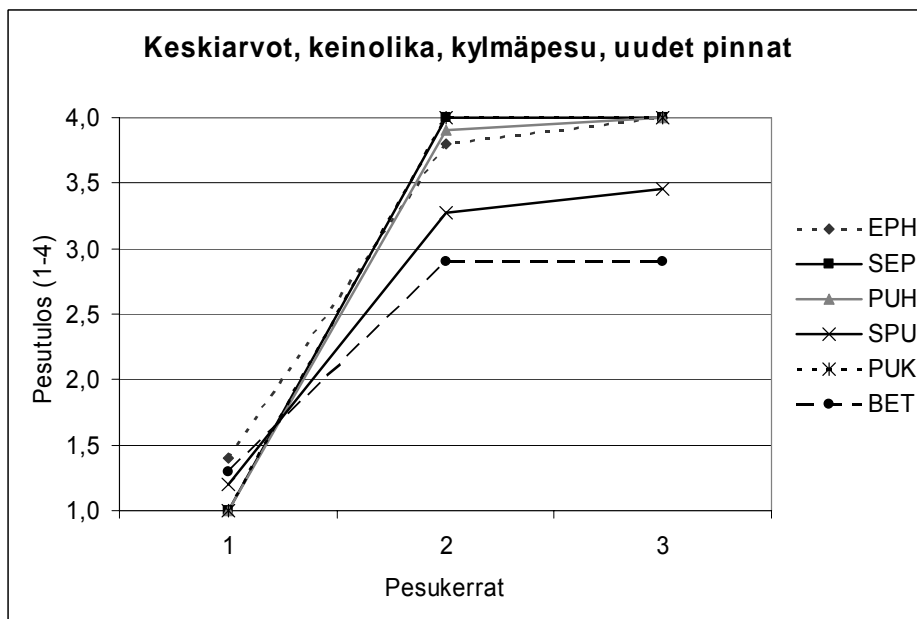


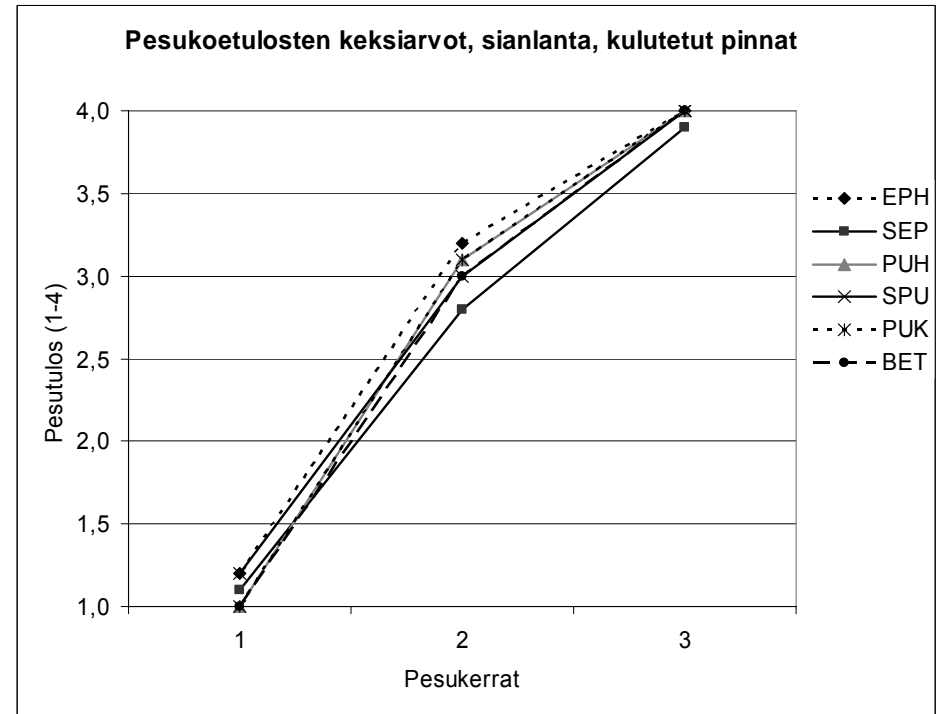
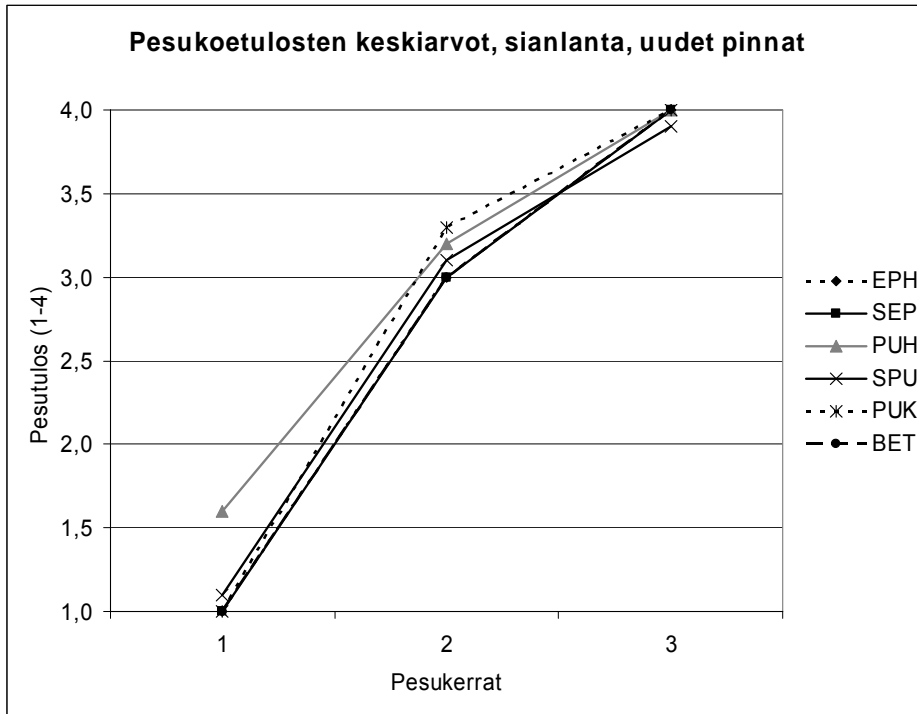


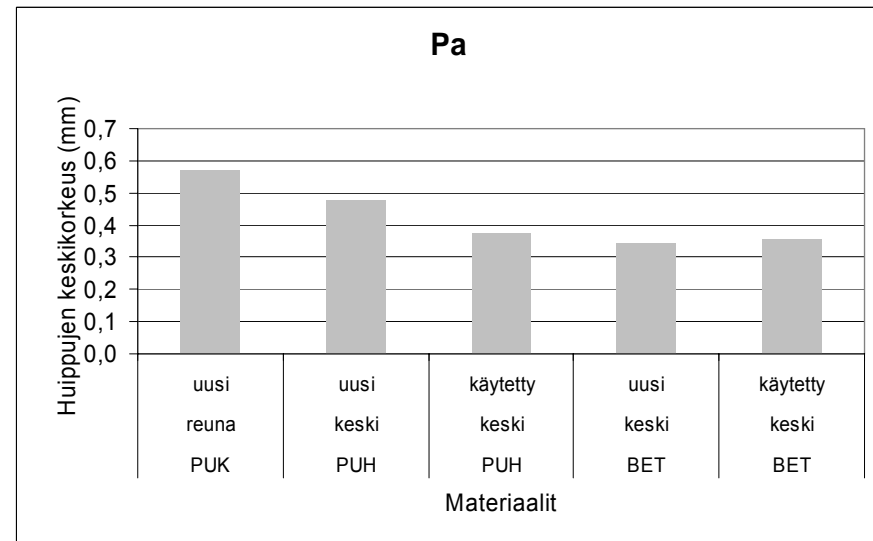
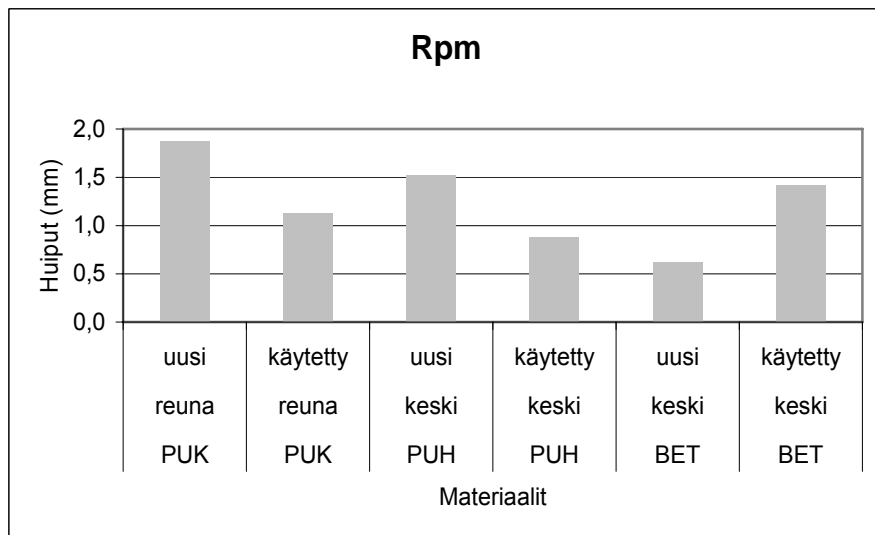
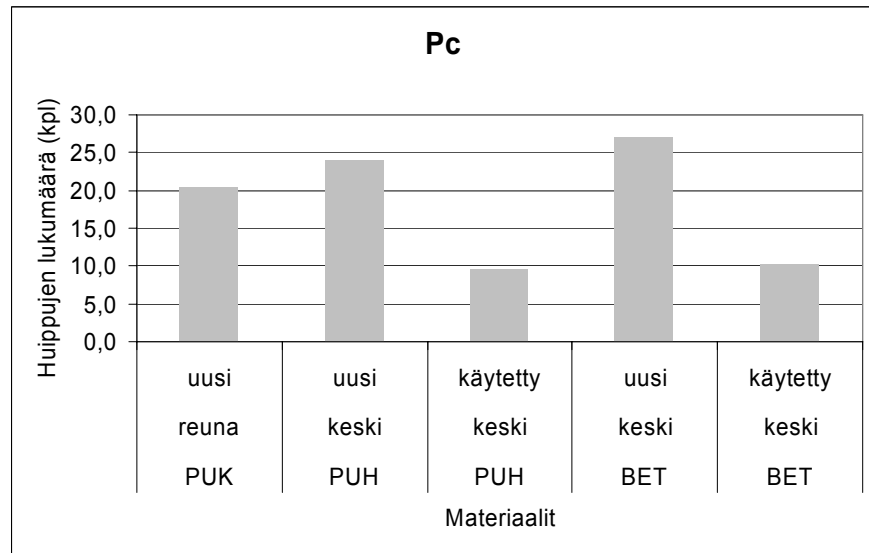
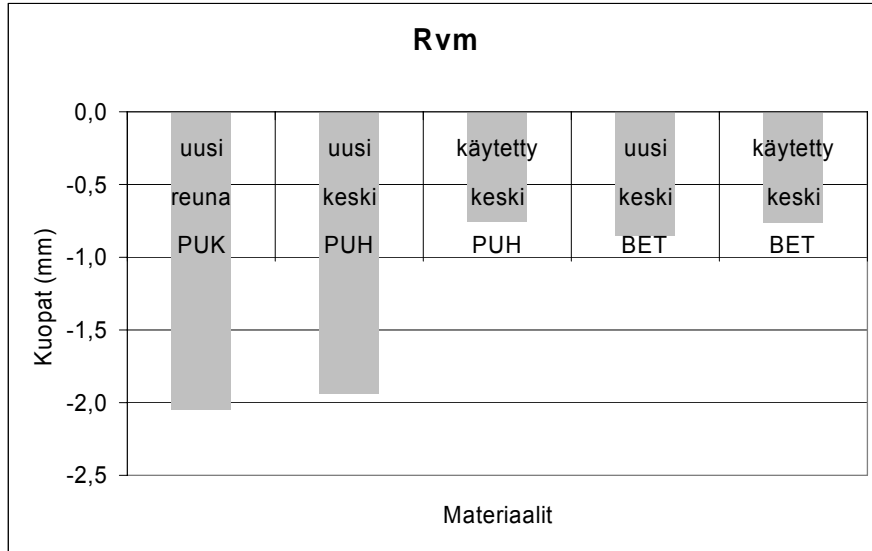


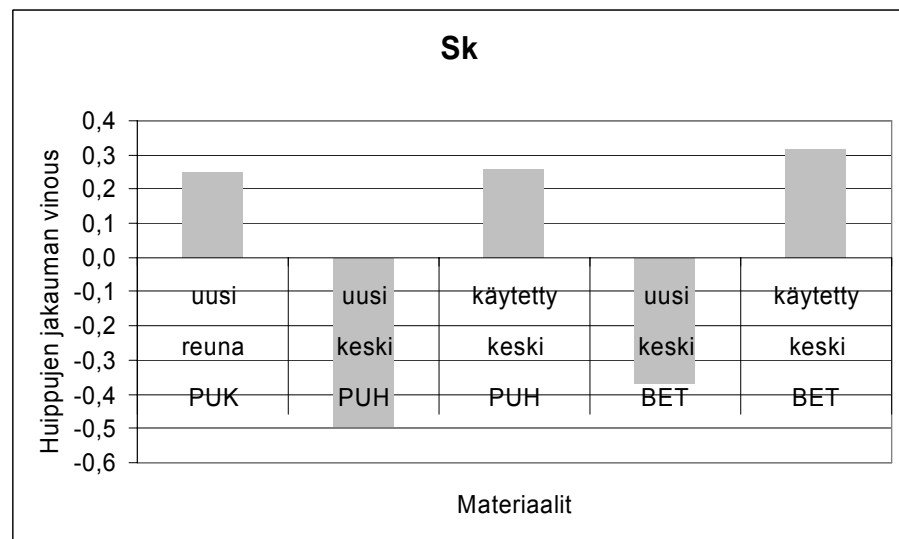
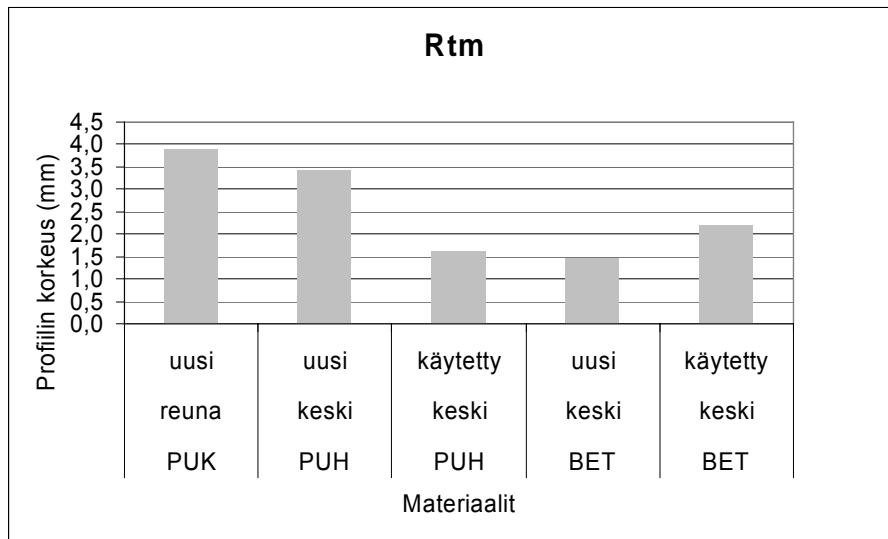












Lattian vaikutukset sian ja naudan hyvin- vointiin

Anna Valros ja Marianna Norring

Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskus, Kliinisen eläinlääketieteen
laitos, Helsingin yliopisto

2004

Sisällysluettelo

1. Johdanto
2. Kosteus ja hygienia-
taso
3. Lämpöominaisuudet
4. Makuu- ja kävelyalustan
pehmeys
5. Liukkaus altistaa
kaatumiselle
6. Karkeus aiheuttaa
hiertymiä
7. Johtopäätökset

1. Johdanto

Tämä kirjallisuuskatsaus on osa maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa tutkimushanketta ”Kotieläinrakennusten lattioiden pinnan laatu eläinten hyvinvoinnin, työturvallisuuden ja puhtaanapidon kannalta”, Dno 361/502/2002. Katsauksessa käsitellään lattioiden fysikaalisia ominaisuuksia ja pyritään kartoittamaan olemassa olevasta tutkimustiedosta kunkin ominaisuuden mahdollisia vaikutuksia eläimen terveyteen tai hyvinvointiin. Katsauksen ovat laatineet FT Anna Valros ja FM Marianna Norring Helsingin yliopiston kliinisen eläinlääketieteen laitokselta Eläinten hyvinvoinnin tutkimuskeskuksesta.

Eläintilan lattian pitäisi täyttää monenlaiset toisilleen vastakkaisetkin vaatimukset; esimerkiksi hygieenisyyden ja puhdistettavuuden kannalta toivottavat ominaisuudet saattavat olla ristiriidassa eläinten hyvinvointia edistävien ominaisuuksien kanssa. Myös eläinten terveyttä ja hyvinvointia ajatellen tilanne on usein monimutkainen, sillä eläinten kävely- tai makuualustalle asettamat vaatimukset voivat olla täysin erilaiset. Myös eläinten painonvaihtelu vaikuttaa lattiamateriaalin sopivuuteen (Lindemann et al. 1985), samoin erikäiset eläimet asettavat erilaisia vaatimuksia lattialle: esim. imettävälle emakolle parhaiten sopiva lattia saattaa olla hyvin epäsopiva sen porsaille (Edwards 1984).

Lattian laatu on selkeästi eläinten hyvinvointiin vaikuttava tekijä, sillä jalkaongelmat ovat yleisiä hoitojen ja poistojen syitä sekä naudalla että sialla. Esimerkiksi joutilailla emakoilla ongelma on ilmeinen: lattian aiheuttamat vammat näkyvät muun muassa makuuhaavoina ja terävien ritilöiden aiheuttamina jalkahaavoina (Gjein & Larssen 1995a). Sorkkaongelmat ovat myös tavallisia emakoilla: (Gjein & Larssen 1995b) raportoi, että sivuseinämän halkeamat sorkan takaosassa, kantapään halkeamat ja ylikasvu sekä valkolinjan halkeamat ovat tavallisia ja varsinkin kantapäähalkeamat ovat usein kivuliaita ja aiheuttavat ontumista. (Robertson & Basinger 1986) tutkimuksessa noin kolmannes emakoista kärsi lattian aiheuttamista jalkavaurioista. Lattian ominaisuudet vaikuttavat vammojen laatuun: Liian sileä betoni aiheuttaa jännevammoja, ja liian karkea tai liian vähän tukeva ritilälattia hankaumia ja halkeamia. Halkeamia esiintyi eniten sorkan lateraaliosassa, sillä sian painosta 78 % on ulommalla sorkalla, (Robertson & Basinger 1986) ja useammin taka- kuin etujaloissa. Takajalka kantaa noustessa suurimman osan eläimen painosta ja takajalka joutuu lisäksi useimmin kosketukseen virtsan ja ulosteen kanssa (Robertson & Basinger 1986). Mahdollisina syinä yleisiin jalkaongelmiin (Gjein & Larssen 1995b) mainitsevat jatkuvan altistuksen betonilattialle yhdistettynä emakoiden korkeaan elopainoon,

sillä vanhemmilla emakoilla oli enemmän jalkaongelmia. Sorkan kestävyys ei myöskään lisääny painon mukaan (Robertson & Basinger 1986).

Kuten (Robertson & Basinger 1986) toteaa, on olemassa useita lattiamateriaaleja, jotka ovat tunnettuja aiheuttamistaan ongelmista. Valitettavasti ei ole vielä olemassa lattiaa, joka ei aiheuttaisi lainkaan epämukavuutta, kipua tai vaurioita.

2. Kosteus ja hygienia-tila

Kosteus on yksi merkittävimmistä lattian laatu-eräistä eläimen kannalta määrittelevä tekijä. Pääosan kosteudesta aiheuttavat eläinten ulosteet ja virtsa joutuessaan lattialle. Pesu, huonosti toimivat juomalaitteet tai rakenteisiin kondensoitunut vesi voivat myös kostuttaa lattiaa. Hyvin toimiva lannanpoistomenetelmä on siis ensiarvoinen kosteuden vähentämisen kannalta. Kuivikkeen käyttö auttaa sitomaan kosteutta, sen lisäksi kuivikkeella on muitakin etuja käytettynä makuualueella. Lattioiden riittävä kaato on tärkeää niiden kuivana pysymisen kannalta, parsissa se voi olla jopa 3-4 % (Ruud 1999).

Kosteus lisää liukkautta ja aiheuttaa eläinten likaisuutta. Sen lisäksi että likaisuus häiritsee eläimiä ja lisää puhdistustyötä, huonontaa se myös hygieniaa. Esimerkiksi ripulitaudit voivat lisääntyä porsailla, emakoiden terveys saattaa heikentyä (Christison et al. 1987) ja likaisuus lisää utaretulehduksen riskiä naudoilla (Bartlett et al. 1992a).

Sorkkien kunnolle niiden kuivana pysyminen on tärkeää. Sorkat kuluvat kosteina nopeammin ja epätasainen kuluminen johtaa liialliseen kasvuun (Raven 1997). Lattioiden märkyys on suurin altistava tekijä sorkkavaivojen syntymiselle naudoilla. Tästä syystä betonilattioiden on havaittu olevan ritiläpalkkeja huonompi nautojen sorkkavikojen kannalta (Blom et al. 1983). Olkikuivitettu pihatto taas on havaittu ritilää paremmaksi ontumisen suhteen (Blom et al. 1983).

3. Lämpöominaisuudet

Ääriämpötilat voivat suoraan aiheuttaa vammoja kuten paleltumia, mutta yleensä lämpötilaan liittyvät ongelmat ovat lievempiä ja liittyvät eläinten kokemaan mukavuuteen ja lämmönsäätelymahdollisuuksiin. Termisen miellyttävyyden lämpötila-alueella elimistön ei tarvitse tehdä mitään lämmönsäätely toimenpiteitä säilyttääkseen ruumiinlämpönsä toivottavana, termoneutraalilla lämpötila-alueella eläin selviytyy kuumasta tai kylmästä esim. asennonmuutoksilla tai hikoilemalla (Blom et al. 1983; Sainsbury & Sainsbury 1988).

Eläinten sopivaksi kokema lämpötila perustuu niiden tuottaman ja menettämän lämmön määrään. Eläinten lämmönsäätely perustuu niiden aineenvaihdunnan tasoon: mitä kii-vaampi aineenvaihdunta sitä enemmän lämpöä tasalämpöinen eläin tuottaa ympäristöönsä. Esimerkiksi tiineillä tai runsaasti maitoa tuottavilla lehmillä tai emakoilla on vilkas aineenvaihdunta (Makkink & Schrama 1998). Muutkin tekijät, kuten ikä, vaikuttavat lämpötilapreferensseihin: nuorelle eläimelle lämpötilapreferenssi on korkeampi (Makkink & Schrama 1998). Vastasyntyneille porsaille hyvin eristetty lattia on omiaan vähentämään emakon alle murskaantumista, sillä kylmä lattia saa porsaas etsiytymään emakon lähelle lämpöön (Svendsen et al. 1986). Kun porsiville emakoille annettiin mahdollisuus itse valita, päätyivät nämä porsimisen yhteydessä lämpimämpään alustaan kun muissa tuotantovaiheissa (Phillips et al. 2000).

Myös lihastyö tuottaa lämpöä, joten paleleva eläin voi tuottaa lisää lämpöä lihaksistonsa avulla värisemällä. Lämmön haihtumisen määrään vaikuttaa mm. eläimen koko, kunto ja turkin paksuus. Eläimet pystyvät myös käyttäytymistään muuttamalla sopeutumaan lämpötiloihin. Esimerkiksi vasikat nukkuvat kylmässä kerälle kiertyneessä asennossa (Hanninen et al.) ja porsaas kasaantuvat sitä lähemmäksi toisiaan, mitä kylmempi ympäristö on (Makkink & Schrama 1998).

Ilman lämpötilaa on suhteellisen yksinkertaista mitata, mutta eläimen kokema lämpötila riippuu monista seikoista. Koettuun lämpötilaan vaikuttaa ilman lämpötila, ilman liike, lämmön säteily, lämmön johtuminen alustaan, kuivikkeen eristyskyky, kosteus makuu-alustassa, turkin eristyskyky, eläimen asento ja eläimen koko. Erilaisiin alustoihin johtuu lämpöä eri nopeudella (Hautala et al. 2001). Lämmön johtumiseen alustaan vaikuttaa

myös eläimen ja lattian kontaktipinnan suuruus. On arvioitu että lepäävän eläimen pinnasta 20 % on kosketuksissa alustaan (Nilsson 1988).

4. Makuu- ja kävelyalustan pehmeys

Pehmeiden mittaamiseen on käytetty lukuisia menetelmiä (Nilsson 1992): on muun muassa mitattu erimuotoisten esineiden uppoamissyvyyttä yhdistettynä vaadittuun paineeseen. Pehmeys ei kuitenkaan ole materiaalin muuttumaton ominaisuus, vaan siihen vaikuttavat materiaalin paksuus, lämpötila, kosteus, puristuksen nopeus, paineen voimakkuus ja paineesta lukeman lukemiseen kuluva aika. Tämän vuoksi on tärkeää kuvailla mittaustilanne, kun pehmeysarvoja raportoidaan (Nilsson 1992).

Varsinkin suurilla eläimillä makuualustan pehmeys on tärkeää. Lypsylehmillä pehmeä makuualusta vähentää loukkaantumisia ja lisää mukavuutta. Nilssonin (Nilsson 1988) mukaan parteen kytketyillä lehmillä vammat vähenivät, kun alustan pehmeys lisääntyi. Vertailtaessa puu- ja betonilattiaa toisiinsa havaittiin betonilattialla enemmän lehmien polvilumpion limapussin tulehdusta (hygromaa) (Saharia et al. 1998). Kova lattia voi aiheuttaa myös makuulle käyntiliikkeiden vaikeutumista. Liian kovalla alustalla voidaan havaita, että lehmät epäröivät ennen makuulle käyntiä tai valmistautumisvaihe makuulle käydessä on pitkittynyt, mikä viittaa lattian epäsopivuuteen (Haley et al. 2001; Chaplin & Munksgaard 2001). Nilssonin (Nilsson 1988) mukaan hyvä makuualusta joustaa 4-10 mm lehmän alla. Porsaiden selviytymiselle on tärkeää, että emakko hallitsee liikkeensä hyvin makuulle mennessä. Jos lattia on liian kova, on polville laskeutuminen ja polvilla seisominen todennäköisesti epä mukavaa, ja emakko saattaa heittäytyä makuulle liian nopeasti, varomatta alle jääviä porsaita (Boyle et al. 2000).

Lehmien mieltymyksiä makuuparsien pohjamateriaalin suhteen on tutkittu pihatoissa tarjoamalla lehmille erilaisia parsivaihtoehtoja valittavikseen (Nilsson 1988; Herlin 1997; Haley et al. 2001; Manninen et al. 2002). Lehmät valitsivat etenkin pehmeimpiä ja runsaasti kuivitettuja parsia. Lattian liiallinen kovuus on todennäköisesti myös osasyynä siihen, että emakot makaavat enemmän ja istuvat vähemmän kumimatolla kuin betonilattialla (Gravas 1979).

Vaikka nuorilla eläimellä onkin painoa vähemmän, saattaa pehmeys olla hyvin tärkeä lattian ominaisuus. Pehmeä ja joustava alusta vähentää esimerkiksi imevien porsaiden polvi-hankaumia selvästi (Phillips et al. 1995).

Myös kävelyalustan pehmeys olisi tärkeä, sillä kova lattia altistaa lehmiiä ontumiselle (White et al. 1984; Barnes 1989; Bargai & Cohen 1992). Tutkiessaan maapohjalla ja betonilla kasvatettujen vasikoiden luuston kasvupisteitä ja White ym. (White et al. 1984) havaitsivat enemmän vammoja kovalla alustalla kasvaneissa vasikoissa. Betonia kävelyalustanaan käyttäneillä sonneilla oli enemmän ontumista ja nivelvaivoja (degenerative joint disease) kuin hiekkapohjaa käyttäneillä (Bargai & Cohen 1992).

5. Liukkaus altistaa kaatumiselle

Liukkauden kuvailussa käytetään kitkakerrointa, joko staattista kitkaa tai liikekitkaa. Matala kitkakerroin kuvaa suurempaa liukkautta. Kitkan mittaamenetelmän pitäisi arvioida materiaaleja eläimen kannalta (Nilsson 1988).

Kuiva sorkka liukastuu helpommin kuin kostea, sillä kostea sorkka painuu tiiviimmin alustan muotoihin (Nilsson 1992). Monia navetoissa käytettyjä materiaaleja on testattu kuivana, kosteana sekä likaisena. Kovilla materiaaleilla staattinen kitka on aina suurempi kuin liikkeellelähtö kitka, kun taas asia on päinvastoin pehmeillä materiaaleilla kuten kumipeiteillä. Kovilla materiaaleilla oli matalin kitka kosteina ja korkein likaisena ja siltä väliltä kuivina.

Kirjallisuudessa on esitetty alhaisimmillaan 0,2 ja korkeimmillaan 1,0 suuruisia kitkakerroimia eläintiloihin (Nilsson 1992). Nilsson (Nilsson 1988) esittää 0,4 - 0,5 sopiviksi liukkautta kuvaaviksi arvoiksi (Taulukko 1).

**Taulukko 1: Eri materiaaleilta veto-menetelmällä mitattuja kitkakertoimia Nilsso-
nin (1988) mukaan.**

Materiaali	Kitkakerroin staattinen kitka	Kitkakerroin liikekitka
kovalevy (particle board)	0,28	0,27
mäntylauta	0,24	0,20
teräsharjattu betoni	0,32	0,28
valettu betoni	0,38	0,34
kova kumimatto	0,47	0,91
pehmeä kumimatto	0,77	0,86
PVC-pinnoitetulla kankaalla päällystetty 20 mm patja	0,41	0,67

Lehmien ja sikojen kokemaa liukkautta voidaan tutkia analysoimalla niiden liukastumisliikkeitä: mitä enemmän liukastumisliikkeitä sitä suurempi liukkaus (Applegate et al. 1988; Hultgren 2001). Liukastumisliikkeet saattavat kuitenkin olla niin pieniä, ettei niitä pelkällä silmällä pysty havaitsemaan. Selkeimmin liukastuminen näkyy sialla etujalasta (Applegate et al. 1988).

Lehmien on havaittu pystyvän erottamaan erilaisen kitkan omaavia lattioita jopa tarkemmin kuin ihmisen on mahdollista niitä erotella (0,5 ja 1,2 mm raekooltaan olevaa täyteainetta) (Phillips & Morris 2002). Phillips ja Morris (Phillips & Morris 2002) eivät kuitenkaan kokeessaan havainneet lehmien suosivan lattioita kitkan perusteella kulkuväylinä. Liukkaalla alustalla eläimen voidaan olettaa muuttavan jalkojensa liikettä, nopeutta ja pituutta liukastumisen estämiseksi, mutta (Applegate et al. 1988) eivät havainneet eroja sikojen jalan asennossa testattavissa lattioissa. Kirjoittajat kuitenkin arvelivat, että asennon muutos saattaa tapahtua muualla kehossa, eikä niinkään tutkitussa alaraajassa.

Liukkaus lisää vammojen syntymisen riskiä. Liukastumisen ylösnousteissa on epäilty lisäävän lehmillä vedinten tallautumista (Barnes 1989; Oltenacu et al. 1990). Emakot saattavat helpommin murskata porsaansa mikäli lattia on liian liukas, sillä lattian liukkaus vaikuttaa eläimen asennonmuutoksiin (Weary et al. 1998) ja liikkeiden hallintaan. Nouseminen ja makuulle meno on liukkaalla lattialla hankalampaa, mikä heijastuu liukastumi-

sina ja lyhyempänä makuulle laskeutumisaikana (Boyle et al. 2000). Vaikka (Christison et al. 1987) havaitsivat lattioiden välillä eroja porsaiden murskaantumisisissa, he eivät pystyneet selittämään eroa pelkällä liukkausteella, eroihin saattaa vaikuttaa moni muukin tekijä, kuten lattian pehmeys.

Gravås (Gravas 1979) toteaa kumimaton olevan emakoille parempi makuupaikka verrattuna betoniin ja epoksi-maalattuun betoniin, joka vaikutti liian liukkaalta. Liukkaus näkyi kirjoittajan mielestä siinä, että emakko vaihtaa useammin makuuasentoa sivulta sivulle nousematta välillä seisomaan. Koska istuminen oli liukkaaksi arvellulla epoxy-pinnalla yleisempää, kirjoittaja päätteli, että emakot sen sijaan siirtyvät kyljeltä toiselle istumisen kautta. Runsasta istumista pidetään myös yleisesti emakon epämukavuudesta kielivänä käyttäytymisenä.

Samassa tutkimuksessa (Gravas 1979) havaitsi, että porsaat myös liikkuvat eniten kumimatonalla, yhtenä syynä tähän saattaa olla lattian korkeampi kitka, joka helpottaa kehittyvien porsaiden motoriikkaa. Lattian epäsopivuus haittaa porsaiden liikkeiden kehitystä (Bengtsson et al. 1982) ja saattaa lisätä murskaantumiskuolemia, koska porsaat eivät pysty liikkumaan tarpeeksi nopeasti pois emon alta (Svendsen et al. 1986). Lisäksi lattian pinnoite vaikuttaa ns. sammakkoporsaiden määrään (Christison et al. 1987). Toisaalta, imeyksien aikana alhainen kitka saattaa vähentää porsaiden hankauksesta syntyviä polvivammoja (Phillips et al. 1995). Kumimatto, joka on emakolle sopiva makuualusta ja vähentää liukkautta, saattaa olla imevien porsaiden polville haitallinen, korkean liikekitkan takia (Bartlett et al. 1992b; Boyle et al. 2000).

Puhtauden ja hyvinvoinnin kannalta olisi lisäksi tärkeää, että eläimet pystyisivät suorittamaan normaalit kehonhoitoon liittyvät toiminnot, kuten puhdistamaan takaosaansa. Jotta tämä olisi mahdollista, olisi eläimen pystyttävä seisomaan kolmella jalalla. Liukastumisliikkeet eläimen nuollessa takaosaansa ovat osoitus lattian liukkaudesta (Castrén 1997).

Kehonhoidon lisäksi myös juokseminen, hyppiminen, nuorten eläinten normaali leikki ja toisten eläinten nopea väistäminen kiistatilanteissa voivat olla mahdottomia liukkauden takia. Monipuolisen käyttäytymisen toteuttaminen aiheuttaa lattian pitävyydelle suurempia vaatimuksia kuin vain varovainen kävely. Poikkeamia normaalista käyttäytymisestä ja

aktiivisuuden muutoksia voidaankin pitää yhtenä hyvinvoinnin arviointikeinona (Castrén 1997).

Lattian liukkaus liittyy myös sen kulutuskestävyyteen ja liukkauden muutoksiin käytön myötä pitää varautua. On esimerkiksi epäilty, että käytettäessä automaattisia lantaraappoja voi lattiasta kulua nopeasti liian liukas (Irps et al. 1983).

6. Karkeus (kuluttavuus) aiheuttaa hiertymiä

Kuluttavuus ja kitka kulkevat usein käsi kädessä, liukkauden lisääntyessä kuluttavuus pienenee (Puumala & Lehtiniemi 1993). Nilssonin (Nilsson 1988) kehittämässä menetelmässä kuluttavuutta mitattiin vetämällä tarkasti punnittua testikappaletta (kipsiä tai liitua) lattiaa pitkin ja punnitsemalla se sen jälkeen. Testissä painon vähennyksen määrä kuvaa lattian kulutuskykyä. Testin heikkoutena mainitaan, että testikappale imee vettä mikä voi vääristää sillä saatuja tuloksia kosteissa eläinrakennuksissa. Samaa menetelmää ovat käyttäneet myös Puumala ja Lehtiniemi (Puumala & Lehtiniemi 1993). Testin tuloksia voidaan todennäköisesti verrata käytännön tilanteeseen, sillä saadut tulokset vastasivat sikojen jaloista havaittujen vammojen perusteella saatuja eroja lattiamateriaalien välillä (Taulukko 2.) (Nilsson 1988).

Taulukko 2. Kuluttavuus mittaustuloksia (veto-menetelmällä) eri materiaaleilta ja porsaiden jalkavammojen lukumääriä Nilssonin (1988) mukaan.

Lattian pinta	Mitattu kuluttavuus (kg/m ²)	Vammojen lkm eläintä kohti porsaiden ikä päivissä		
		3	10	21
valettu betoni	20,4 * 10 ⁻²	6,0	2,9	0,2
hiottu betoni	11,5 * 10 ⁻²	3,6	1,6	0,2
kumipinnoitettu valettu betoni	13,2 * 10 ⁻²	4,3	3,7	0,2
kumirouheinen polyuretaani	15,1 * 10 ⁻²	3,6	2,7	0,4

Lattian pitäisi olla niin karkea että se kuluttaa sorkkia, jotta ne eivät kasvaisi liian pitkiksi, mutta toisaalta lattia ei saa kuluttaa sorkkia liikaa tai epätasaisesti. Verrattaessa puu- ja betonilattioita, havaittiin lehmillä puulattialla enemmän liian pitkiksi kasvaneita sorkkia (Saharia et al. 1998). Betonin karkeus vaikuttaa myös sorkkien kulumiseen: kun betonissa oli käytetty rantahiekkaa kulutti se 22 % vähemmän sorkkia kuin betoni, johon oli sekoitettu karkeampaa, louhittua materiaalia (Irps et al. 1983). Eläintilojen lattioissa ei kuitenkaan pitäisi käyttää lainkaan murskattua kiviainesta, sillä terävät sirut voivat vahingoittaa eläimiä (De Belie et al. 2000).

Liian karkea lattia voi aiheuttaa hiertymiä, kulumia tai haavaumia eläimen vartaloon tai jalkoihin sen maatessa. Esimerkiksi lattian aiheuttamat vammat jaloissa ovat yleisiä vierotusikäisillä porsailla (Lindemann et al. 1985) ja alle 2 viikkoisilla porsailla (Furniss et al. 1986). Yli puolet porsaista saattaa kärsiä polvihaavoista (Bengtsson et al. 1982; Furniss et al. 1986). Porsaiden polvivammojen on osoitettu korreloivan makuuajan kanssa (Gravas 1979) ja polvet hankautuvat helposti rikki imetyksien yhteydessä. Lattian karkeus vaikuttaa selvästi polvivammojen esiintymiseen: Furniss ym. (Furniss et al. 1986) havaitsivat selkeästi enemmän jalkavammoja karkealla vanhalla betonialustalla kuin sileämmällä muovipinnoitetulla alustalla kasvatetuilla porsailla. Myös vanhaa betonia vähemmän karkeat materiaalit (fibrocemillä tai lateksilla pinnoitettu ja uudempi paljas betoni), näyttivät aiheuttavan vähemmän haavaumia, vaikka ero ei ollutkaan niin suuri. Toisaalta taas Gravas (Gravas 1979) ei havainnut eroja porsaiden etupolvien vammojen määrissä eri materiaalien välillä, vaikka hiertymien syvyys oli suurin betonilla verrattuna kumimattoon, kun taas halkaisija oli suurempi kumimatolla. Pelkkä betoni tuntuu siis olevan porsaiden polvien kunnan kannalta huonoin lattiavaihtoehto (esim. (Christison et al. 1987). Poikkeavia tuloksia on kuitenkin raportoitu: (Veen et al. 1985) tutkimuksessa havaittiin, että porsailla jotka oli kasvatettu rutiläpohjalla verrattuna olkikuvitetulla betonilla kasvatettuihin oli enemmän vammoja. Myös lehmillä havaittiin enemmän hiertymiä jaloissa betoniparissa kuin hiekkaparsissa (Manninen & Saloniemi 2001).

Kuivikkeita käyttämällä voidaan lattian pinnan hiovaa vaikutusta pehmentää (Nilsson 1992). Jotta kuivike ehkäisisi porsaiden polvihaavoja, pitäisi sitä käyttää niin paljon, että se muodostaisi joustavan patjan. Luontainen porsaspesä on pehmustettu sammaleella ja muulla pehmeällä materiaalilla (Jensen 1986), joka takaa alustan pehmeiden ja joustavuuden. Karsinassakin kuivike voisi toimia samalla tavalla, mikäli sitä olisi tarpeeksi, eikä

se liukuisi niin helposti alta pois. Imetyksien aikana porsaiden polvet liikkuvat lattiaa vasten ja kuivike liukuu helposti pois suojaamasta polvia. Siten vähäisen kuivikkeiden antamaa suojaa ei havaita imetyksien aikana, eikä se tunnu vaikuttavan lattian pinnan aiheuttamiin eroihin haavautumisissa (Furniss et al. 1986). Niukan kuivituksen vähäisestä vaikutuksesta porsaiden polvivammoille raportoivat myös (Bengtsson et al. 1982), jotka havaitsivat porsaille enemmän vammoja jaloissaan olkikuivitetullakin betonilla kuin muovipinnoitetulla tai galvanoidusta metallista tehdyllä alustalla.

(Puumala & Lehtiniemi 1993) havaitsivat pinnan kuluttavuuden vähenevän käytön myötä, jo 9-10 kuukauden käyttö alensi kuluttavuutta. Betonilattiaa hiomalla sen kuluttavaa vaikutusta sikoihin voidaan merkittävästi vähentää (Nilsson 1992). Lakkaamalla tai muovipohjaista pinnoitetta käyttämällä päästiin samaan tulokseen (Nilsson 1988; Puumala & Lehtiniemi 1993; De Belie et al. 2000).

7. Johtopäätökset

Lattioilta vaadittavat ominaisuudet riippuvat niiden käyttökohteista. Eläintiloissakin eläinten käyttäytyminen asettaa erilaisia vaatimuksia lattialle, samanlainen lattia ei useinkaan täytä sekä liikkumisen että makuupaikalle asetettuja vaatimuksia. Alueilla, joissa eläimet liikkuvat, lattioiden tulisi mahdollistaa eläinten monipuolisen käyttäytymisen toteutuminen, niiden tulisi olla mahdollista kävellä, syödä, ulostaa, virtsata, juosta, hyppiä ja puhdistaa itseään nuolemalla joutumatta vaaraan liukastua tai loukkaantua. Makuualustana lattian tulisi turvata eläimelle hyvä lepo eikä makuualusta saisi aiheuttaa vammoja, kylmettymistä tai lisääntyntä likaantumiseriskää.

Kestävyys, puhdistettavuus ja työturvallisuuden toteuttaminen lisää myös eläinten hyvinvointia, sillä esim. halkeillut lattia lisää myös eläinten loukkaantumisen vaaraa.

Lattioiden suorat tai välittömät vaikutukset eläimiin voidaan jaotella toisaalta akuutteihin tapaturmien aiheuttamiin vammoihin, toisaalta hitaammin kehittyviin ongelmiin. Vaikka vammojen synnyssä onkin kyse satunnaisesta hetkellisestä tapahtumasta, voidaan usein havaita altistavia riskitekijöitä, joita pystytään hallitsemaan. Esimerkiksi liukkautta vähentämällä voidaan vähentää kaatumiseriskää. Hitaasti kehittyvistä tilanteista voidaan mainita esimerkkinä hiertymien syntyminen liian kovan tai kuluttavan makuualustan seurauksena.

Tutkittavien materiaalien, lattian mittausvälineistön ja eläinten vammojen arviointi asteikkojen standardisointi olisi tärkeää. Lisäksi kaivattaisiin tutkimuksia, joissa olisi samanlaisesti mitattu sekä lattian fysikaalisia ominaisuuksia että eläinten vammoja vertailukelpoisella tavalla (Webb et al. 1983; Robertson & Basinger 1986; De Belie et al. 2000). (Webb et al. 1983) ovat koonneet erilaisia tapoja ja vammojen mittauksessa käytettyjä asteikoita. Kuivikkeen laatukin täytyy ottaa huomioon lattian ominaisuuksista puhuttaessa sillä kuivike leviää aina eläinten jaloissa jonkin verran. Kuivitettu ja kuivittamattoman lattia eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan.

Eri tuotantovaiheessa olevien eläinten erilaisia vaatimuksia lattian suhteen kuvaa hyvin se, miten vaikeaa on löytää sekä emakolle että porsaille sopivaa alustaa, joka olisi sekä pitävä että kuluttamaton (Edwards 1984). Emakot suosivat porsimisaikaan betonilattiaa verrattuna muovipinnoitettuun tai metallilattiaan (Phillips et al. 1996), ja kumimatto on imettävän emakon kannalta parhaita vaihtoehtoja (Bartlett et al. 1992b; Boyle et al. 2000). Pinnoittamaton betoni ja kumimatto ovat toisaalta korkean kitkan ja karkeuden takia haitallisia porsaille, aiheuttaen polvivammoja. On siis tärkeätä havainnoida tuotantotilaa kokonaisuudessaan ja ottaa huomioon lattian eri ominaisuuksien vaikutuksia eri-ikäisiin ja eripainoisiin eläimiin.

Tuotantorakennuksissa lattiat ovat tärkeässä asemassa eläinten terveyden ja hyvinvoinnin suhteen vaikuttaessaan jatkuvasti eläimiin. Eläinten terveyden ja tarpeiden asettamat vaatimukset rakenteille mm. lattioille tulisi huomioida varsinkin muutettaessa rakenteita tai suunniteltaessa uusia rakennusratkaisuja. Onkin haasteellista yrittää tulkita eläinten biologisia tarpeita teknisten tietojen tai rakennuspiirustusten kielelle tai antaa raja-arvoja materiaalien fysikaalisille ominaisuuksille. Asian tekee yhä moniulotteisemmaksi eläinten huomattava sopeutumiskyky.

Eläinten hyvinvoinnin arviointi on vaikea tehtävä, ja luotettavan kuvan saamiseksi on käytettävä useita havainnointimenetelmiä. Lattian sopivuutta arvioitaessa sopivia havaintoja ovat vaurioiden arviointi ja käyttäytymisen havainnointi (Taulukko 3).

Taulukko 3: Lattian eri ominaisuuksien puutoksien aiheuttamat oireet eläimissä

Alustan ominaisuus	Käyttäytymisoireet	Fyysiset oireet
Liian korkea kosteus		Tartuntataudit, likaisuus, sorkkien kuluminen
Alhainen lämpötila	Kehon värinä, muuttuneet makuuasennot, kasaantuminen porsailla	Paleltumiset, kohonnut murskaantumiseriski porsailla
Lattia liian kova	Makuullemeno- vaikeudet, vähentynyt makaaminen, lisääntynyt istuminen, ontuminen	Makuuhaavat, porsaiden polvihankaumat
Lattia liian pehmeä	Makuullemeno- vaikeudet (hypoteettinen ongelma, ei ole tietäksemme tutkittu)	
Lattia liukkaus	Liukastumisliikkeet, makuullemeno- vaikeudet, kävelyvaikeudet, keuhonhoidon vaikeutuminen, aktiivisuustason lasku	Akuutit vammat, sammakkoporsaat, kohonnut murskaantumiseriski porsailla, jänneongelmat
Karkeus/terävät osat		Makuuhaavat, polvihankaumat, sorkkaongelmat, akuutit vauriot

Lähdeluettelo References

- Applegate,A.L., Curtis,S.E., Groppe,J.L., McFarlane,J.M. & Widowski,T.M. 1988. Footing and gait of pigs on different concrete surfaces. *Journal of Animal Science* 66, 334-341.
- Bargai,U. & Cohen,R. 1992. Tarsal lameness of dairy bulls housed at two artificial insemination centers: 24 cases (1975-1987). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 201, 1068-1069.
- Barnes,M.M. 1989. Update on dairy cow housing with particular reference to flooring. *British Veterinary Journal* 145, 436-445.
- Bartlett,P.C., Miller,G.Y., Lance,S.E. & Heider,L.E. 1992b. Environmental and managerial determinants of somatic cell counts and clinical mastitis incidence in Ohio dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 14, 195-207.
- Bartlett,P.C., Miller,G.Y., Lance,S.E. & Heider,L.E. 1992a. Environmental and managerial determinants of somatic cell counts and clinical mastitis incidence in Ohio dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 14, 195-207.
- Bengtsson,A.C., Fajersson,P. & Svendsen,J. 1982. Leg injuries of piglets - a comparative study using three different floor types
- Benskadorna pa smagrisar - jamforande undersokning pa tre olika golvtyper. *Rapport, Institutionen for lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet* 26, 32.
- Blom,J.Y., (ed.,S.-B.-M.-B. & JAD,M. 1983. Traumatic injuries and foot diseases as related to housing systems. *Farm animal housing and welfare* 216-225, -259.
- Boyle,L.A., Regan,D., Leonard,F.C., Lynch,P.B. & Brophy,P. 2000. The effect of mats on the welfare of sows and piglets in the farrowing house. *Animal Welfare* 9, 39-48.
- Castrén,H. 1997. *Kotieläinten Käyttötyminen Ja Hyvinvointi*. Mikkeli: Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskuksen julkaisu 52.
- Chaplin,S. & Munksgaard,L. 2001. Evaluation of a simple method for assessment of rising behaviour in tethered dairy cows. *Animal Science* 72, 191-197.
- Christison,G.I., Lewis,N.J. & Bayne,G.R. 1987. Effects of farrowing crate floors on health and performance of piglets and sows. *Veterinary Record* 121, 37-41.
- De Belie,N., Lenehan,J.J., Braam,C.R., Svennerstedt,B., Richardson,M. & Sonck,B. 2000. Durability of building materials and components in the agricultural environment, Part III: Concrete structures. *J. agric. Engng Res.* 76, 3-16.
- Edwards,S. 1984. Which floor for farrowing? *Pig Farming* 32, 77, 81.
- Furniss,S.J., Edwards,S.A., Lightfoot,A.L. & Spechter,H.H. 1986. The effect of floor type in farrowing pens on pig injury. I. Leg and teat damage of suckling piglets. *British Veterinary Journal* 142, 434-440.
- Gjein,H. & Larssen,R.B. 1995a. Housing of pregnant sows in loose and confined systems - a field study 1. Vulva and body lesions, culling reasons and production results. *Acta Veterinaria Scandinavica* 36, 185-200.

Gjein,H. & Larssen,R.B. 1995b. Housing of pregnant sows in loose and confined systems - a field study. 2. Claw lesions: morphology, prevalence, location and relation to age. *Acta Veterinaria Scandinavica* 36, 433-442.

Gravas,L. 1979. Behavioural and physical effects of flooring on piglets and sows. *Applied Animal Ethology* 5, 333-345.

Haley,D.B., Passille,A.d., Rushen,J. & de Passille,A.M. 2001. Assessing cow comfort: effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 71, 105-117.

Hanninen,L., Hepola,H., Rushen,J., Passille,A.d., Pursiainen,P., Tuure,V.M., Syrjala,Q.L., Pyykkonen,M., Saloniemi,H. & de Passille,A.M. Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science* Animal Scienceeee.

Hautala,M., Ahokas,J., Ruunaniemi,J., Manninen,E. & Saloniemi,H. 2001. Heat transfer from cow to floor: theory and experiment. Agricultural engineering -kongressi, Tartto .2001. Ref Type: Abstract

Herlin,A.H. 1997. Comparison of lying area surfaces for dairy cows by preference, hygiene and lying down behaviour. *Swedish Journal of Agricultural Research* 27, 189-196.

Hultgren,J. 2001. Effects of two stall flooring systems on the behaviour of tied dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 73, 167-177.

Irps,H., (ed.,S.-B.-M.-B. & JAD,M. 1983. Results of research projects into flooring preferences of cattle. *Farm animal housing and welfare* 200-215, -259.

Jensen,P. 1986. Observation on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 16, 131-142.

Lindemann,M.D., Kornegay,E.T. & Collins-ER,J. 1985. The effect of various flooring materials on performance and foot health of early-weaned pigs. *Livestock Production Science* 13, 373-382.

Makkink,C.A. & Schrama,J.W. 1998. Thermal requirements of lactating sow. In: <*Lactating Sow* (Ed. by M.W.A.Verstegen, P.J.Moughan & J.W.Schrama) Wageningen, The Netherlands, Wageningen Pers.

Manninen,E., de Passille,A.M., Rushen,J., Norring,M. & Saloniemi,H. 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. *Applied Animal Behaviour Science* 75, 281-292.

Manninen,E. & Saloniemi,H. 2001. Nautojen hyvinvointi ja terveys kylmäpihatossa 1997-1999 loppuraportti. *Kotieläinhygienian julkaisuja. Helsingin yliopisto, kliinisen eläinlääketieteen laitos* 38, -29.

Nilsson,C. 1988. Floors in animal houses. Technical design with respect to the biological needs of animals in reference to the thermal friction and abrasive characteristics and the softness of the flooring material. *Rapport, Institutionen for lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet* 61, 249.

- Nilsson,C. 1992. Walking and lying surfaces in livestock houses. In: *Farm Animals and the Environment* (Ed. by C.P.D.Phillips), pp. 93-110. CAB International.
- Oltenacu,P.A., Bendixen,P.H., Vilson,B. & Ekesbo,I. 1990. Tramped teats - clinical mastitis disease complex in tied cows. Environmental risk factors and interrelationships with other diseases. *Acta Veterinaria Scandinavica* 31, 471-478.
- Phillips,C.J.C. & Morris,I.D. 2002. The ability of cattle to distinguish between, and their preference for, floors with different levels of friction, and their avoidance of floors contaminated with excreta. *Animal Welfare* 11, 21-29.
- Phillips,P.A., Fraser,D. & Pawluczuk,B. 1995. Effects of cushioned flooring on piglet leg injuries. *Transactions of the ASAE* 38, 213-216.
- Phillips,P.A., Fraser,D. & Pawluczuk,B. 2000. Floor temperature preference of sows at farrowing. *Applied Animal Behaviour Science* 67, 59-65.
- Phillips,P.A., Fraser,D. & Thompson,B.K. 1996. Sow preference for types of flooring in farrowing crates. *Canadian Journal of Animal Science* 76, 485-489.
- Puumala,M. & Lehtiniemi,T. 1993. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. *Vakolan tutkimusselostus 67. Maatalouden tutkimuskeskus, Vihti. 81s.*
- Raven,T. 1997. *Cattle Footcare and Claw Trimming*. Ipswich: Farming Press.
- Robertson,I.B. & Basinger,D. 1986. Environment and welfare aspects of locomotor disorders. *Report on Pig Health Scheme National Agricultural Centre, Stoneleigh, UK, 30-Stoneleigh, UK, 31.*
- Ruud,L.E. 1999. Stalls that permit lying down - cows' beds
- Liggebasen - kuas seng. *Buskap* 51, 28-29.
- Saharia,J., Saikia,S. & Dutta,G.N. 1998. Effect of flooring type on foot and leg abnormalities in dairy cows. *Indian Veterinary Journal* 75, 579-580.
- Sainsbury,D. & Sainsbury,P. 1988. *Livestock Health & Housing*. London: Baillière Tindall.
- Svendsen,J., Bengtsson,A.C.H. & Svendsen,L.S. 1986. Occurrence and causes of traumatic injuries in neonatal pigs. *Pig News and Information* 7, 159-170.
- Veen,H.v., Vellenga,L., Hoogerbrugge,A. & Van Veen,H.M. 1985. Mortality, morbidity, and external injuries in piglets housed in two different housing systems. II. Rearing period of weaned piglets (age 5.5-10 weeks). *Veterinary Quarterly* 7, 127-132.
- Weary,D.M., Phillips,P.A., Pajor,E.A., Fraser,D. & Thompson,B.K. 1998. Crushing of piglets by sows: effects of litter features, pen features and sow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 61, 103-111.
- Webb,N.G., Nilsson,C., SH-Baxter-MR-Baxter (ed. & JAD,M. 1983. Flooring and injury-an overview. *Farm animal housing and welfare* 226-259, -259.
- White,S.L., Rowland,G.N. & Whitlock,R.H. 1984. Radiographic, macroscopic, and microscopic changes in growth plates of calves raised on hard flooring. *American Journal of Veterinary Research* 45, 633-639.

MTT:n selvityksiä sarjan Teknologia-teeman julkaisuja

- 110 Kotieläinrakennusten lattioiden pinnan laatu. *Puumala ym.* 78 s. Hinta 20 €.
- 108 Käyttöveden riittävyys ja laatu maatalouden suurissa tuotantoyksiköissä. *Sorvala ym.* 34 s. Hinta 15 €.
- 107 Maatalousteknologisen tutkimuksen teknologiastrategia. *Manni ym.* 54 s. Hinta 20 €.
- 99 Kotieläintilojen huoltovarmuus. *Tertsunen ym.* 35 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts99.pdf).
- 94 Johtamisella hyvinvointia – Viljelijöiden johtamistoimea käsittelevän internet- sivuston sisällön luominen. *Leppälä ym.* 28 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts94.pdf).
- 87 Maatilan talouskeskuksen toiminnallinen ja maisemallinen suunnittelu. *Tapani Kivinen.* 67 s. Hinta 20 €.
- 85 Teknologialla tulosta! Toinen teknologiapäivä 11.1.2005. MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vihti. *Kallioniemi (toim.).* 102 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts85.pdf).
- 78 Benefits of agricultural and forestry machinery standardization in Finland. *Teye ym.,* 93 p. Price 20 €.
- 72 Jaloittelutarhat – rakenteet ja varusteet. *Puumala.* 17 s., 7 liitettä. Hinta 15 €.
- 50 Maatalouden uusi teknologia – tarkkuutta ja tehokkuutta. Ensimmäiset teknologia-päivät 1.-2.10.2003. *Kallioniemi (toim.).* 105 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts50.pdf).
- 35 Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut. Olosuhdemittaukset ja toiminnalliset mallit. *Kivinen.* 62 s. Hinta 20 €.
- 23 Esiselvitys kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannuksista ja tehokkuudesta. *Kallioniemi.* 51 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts23.pdf).
- 21 Suomalaisen maatalouskoneteollisuuden tulevaisuuden haasteet. *Manni & Riipinen.* 208 s. Hinta 25 €.
- 18 Sata vuotta tutkittua maataloustekniikkaa. *Kallioniemi (toim.).* 61 s. Hinta 20 €.
- 17 Pihaton lypsyjärjestelmät. *Manninen ym.* 53 s., 2 liitettä. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts17.pdf).
- 16 Parsinavetan lypsykone: Hankitaanko uusi vai korjataan vanha? *Manninen & Nyman.* 10 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts16.pdf).
- 5 Riskienhallinnan menetelmät elintarvikeketjussa. *Suutarinen & Mattila.* 16 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts5.pdf).

