

Helposti puhdistettavat pinnat maatararakentamisessa –laboratoriotutkimus

Jenni Määttä¹⁾, Hanna-Riitta Kymäläinen¹⁾, Risto Kuisma¹⁾, Maarit Puumala²⁾, Riitta Mahlberg³⁾, Liisa Salparanta³⁾, Anna-Maija Sjöberg¹⁾

¹⁾Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Agroteknologian laitos, PL 28 (Koetilantie 3), 00014 Helsingin yliopisto, jenni.maatta@helsinki.fi, hanna-riitta.kymalainen@helsinki.fi, risto.kuisma@helsinki.fi, anna-maija.sjoberg@helsinki.fi

²⁾Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, maarit.puumala@mtt.fi

³⁾Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT, Uudet materiaalit, PL 1000, 02044 VTT, riitta.mahlberg@vtt.fi, liisa.salparanta@vtt.fi

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittaman kolmivuotisen (2005-2007) tutkimushankkeen ”Helposti puhdistettavat pinnat maatararakentamisessa” tavoitteena oli selvittää likaa ja kosteutta hylkivien pintamateriaalien toimivuutta maatalouden tuotanto-olosuhteissa. Tutkimuksessa keskityttiin olemassa olevien pinnoitteiden lianhylkivyyteen ja kulutuskestoon vaikuttavien tekijöiden kartoittamiseen ja pinnoitettujen tuotteiden käyttöiän arvioimiseen. Tutkittavana oli perinteinen betoni, kaksi tiivistysaineella käsiteltyä betonia, kolme betonin muovipinnoitetta (epoksi, polyuretaani ja polyesteri), akryylibetoni ja kolme sementtipohjaista sauma-ainetta. Pintamateriaalien puhdistuvuustulokset esitettiin yksinkertaistettujen mallilikojen lisäksi myös muilla mallilioilla. Menetelminä käytettiin uusia radiokemiallisia ja biokemiallisia menetelmiä. Lisäksi materiaalien topografiaa karakterisoitiin SEM-kuvin (pyyhkäisyelektronimikroskooppi) ja laserprofilometrimittauksin. Pintojen lian hylkivyysominaisuuksia selvitettiin kontaktikulmamittauksin.

Tutkimuksen aihe on merkittävä, koska tuotantotilojen puhtaudella ja puhtaana pysymisellä on suuri merkitys kotieläinten hyvinvointiin ja terveyteen. Kotieläinten hyvinvointi ja terveys vaikuttavat puolestaan suuresti maatalouden kannattavuuteen. Tuotantotilojen ongelmana on orgaanisen materiaalin kuormitus, joka on lähtöisin ruokinnasta ja eläimistä itsestään (esim. rehut, lanta). Tilojen kosteusolosuhteet ja mikrobikasvustoille otollinen lämpötila lisäävät kuormituksen epäsuotuisaa vaikutusta. Kotieläintaloudessa tapahtuva rakennemuutos ja yksikkökoon voimakas kasvu yhdistettynä maataloutta uhkaavaan työvoimapulaan korostavat paitsi tämän aihealueen taloudellista merkitystä myös sen merkitystä elintarvikkeiden hygieeniseen laatuun, eläinten ja rakennuksissa työskentelevien ihmisten hyvinvointiin vaikuttavana tekijänä.

Asiasanat: puhdistuvuus, eläinsuojat, lattia, radiokemia, gammaspektrometria, nestetuikelaskenta, ATP, bioluminesenssi, SEM, kontaktikulma

Johdanto

Karjasuojien materiaalivalinnat vaikuttavat eläinten hyvinvointiin, pintojen ja tuotteiden hygieenisyyteen ja työntekijöiden työskentely-ympäristöön. Lattiat eivät saisi aiheuttaa eläimille sairauksia, tauteja tai stressiä (Baxter 1984). Puhdistuvuus on yksi näkökohta valittaessa pintamateriaaleja maatilarakentamiseen. Yleisesti sileämpi pinta on helpompi puhdistaa kuin karhea pinta (Hörndahl 1995). Täytyy kuitenkin muistaa, että liian sileä pinta voi olla hyvin liukas ja aiheuttaa onnettomuuksia sekä eläimille että työntekijöille. Lian ja kosteuden määrä lattialla vaikuttavat myös lattian ominaisuuksiin, erityisesti liukkauteen (Nilsson 2005).

Aikaisemmissa tutkimuksissa maatilapintojen puhdistuvuutta on tutkittu muun muassa visuaalisin (Sundahl 1974, Hörndahl 1995, Puumala ja Lehtiniemi 1993, Larsson 2000), mikrobiologisin ja biokemiallisin menetelmin (Larsson 2000, Pelletier ym. 2002, Small ym. 2007). Kymäläinen ym. (2007) käyttivät radiokemiallisia ja kolorimetrisia menetelmiä tutkiessaan sikalan betonipintojen ja muovipinnoitteiden puhdistuvuutta. Radiokemiallinen menetelmän etuna on, että se antaa kvantitatiivista tietoa pintojen likaantumisesta ja puhdistuvuudesta ottaen huomioon myös pintoihin imeytyneen lian määrän. Tämä on erityisen tärkeää tutkittaessa huokoisia materiaaleja, kuten betonia. Biokemiallinen ATP menetelmä antaa tietoa pinnan orgaanisesta kontaminoitumisesta. Menetelmää on käytetty mittaamaan orgaanisen lian puhdistuvuutta pinnoilta elintarviketeollisuudessa, sairaaloissa ja julkisissa rakennuksissa (Poulis ym. 1993, Kuisma ym. 2003, Larson ym. 2003, Pesonen-Leinonen ym. 2003, Aycicek ym. 2006, Redsvén ym. 2007).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia maatalouden tuotanto-olosuhteisiin, lattiaan ja ruokintapöytään tarkoitettujen pintamateriaalien puhdistuvuutta erilaisilla mallilioilla, joista osa oli radiokemiallisesti leimattuja ja osa leimaamattomia. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää ja soveltaa uusia puhdistuvuuden määrittämenetelmiä kyseisten maatilojen pintamateriaalien tutkimiseen.

Aineisto ja menetelmät

Tutkitut materiaalit on kuvattu taulukossa 1. Epoksi, polyuretaani, akryyli ja polyesteri valittiin pinnoitemateriaaleiksi. Kiviaineetonta betonipastaa muunneltiin hylkivyyksäsittelyn ja epäorgaanisen tiivistysaineen avulla. Näiden lisäksi tutkittavina oli kolme erilaista sauma-ainetta, joista kaksi oli sementtipohjaisia ja yksi epoksipohjainen. Määttä ym. (2007a) ovat esitelleet tutkitut näytteet tarkemmin koostumukseltaan ja valmistukseltaan.

Taulukko 1. Tutkittujen materiaalien koodit ja mahdollinen käyttöpaikka karjasuojissa

| Koodi | Ainesosat | | Kokeellinen materiaali (Koe) tai käytössä oleva materiaali (Käytössä) | Mahdollinen sijoituspaikka | | |
|-------|---|-----------------------------|---|----------------------------|---------------|-------|
| | Alusta | Pinnoite tai käsittely | | Lattia | Ruokintapöytä | Sauma |
| J1 | Sementtipohjainen saumauslaasti | Ei mitään | Koe | - | - | X |
| J2 | Lisäaineistettu sementtipohjainen saumauslaasti | Fluorokemikaali | Koe | - | - | X |
| J3 | Epoksisauausmassa | Ei mitään | Käytössä | - | - | X |
| C1 | Sementtipasta | Teräshierretty | Käytössä | X | X | - |
| C2 | Sementtipasta | Fluoatointi* | Käytössä | X | X | - |
| C3 | Sementtipasta | Epäorgaaninen tiivistysaine | Koe | X | X | - |
| Co1 | Kuitusementti (mineriitti) | Akryylipinnoite | Käytössä | X | X | - |
| Co2 | Kuitusementti (mineriitti) | Polyuretaanipinnoite | Käytössä | X | X | - |
| Co3 | Sementtipasta | Epoksipinnoite | Käytössä | X | X | - |
| Co4 | Betoni | Polyesteripinnoite | Käytössä | - | X | - |

- ei sovellu

* käsittely pii-fluoridipohjaisella pintakyllästysaineella

Tutkittujen pintamateriaalien puhdistuvuuden määrittämiseen käytettiin seitsemää erilaista mallilikaa, joista neljä oli lanta- ja rehupohjaista mallilikaa sekä radiokemiallisesti leimattuna että ilman leimausta. Kolme muuta vakioitua mallilikaa oli radiokemiallisesti leimattuja kemiallisia seoksia (Taulukko 2). Malliliat on

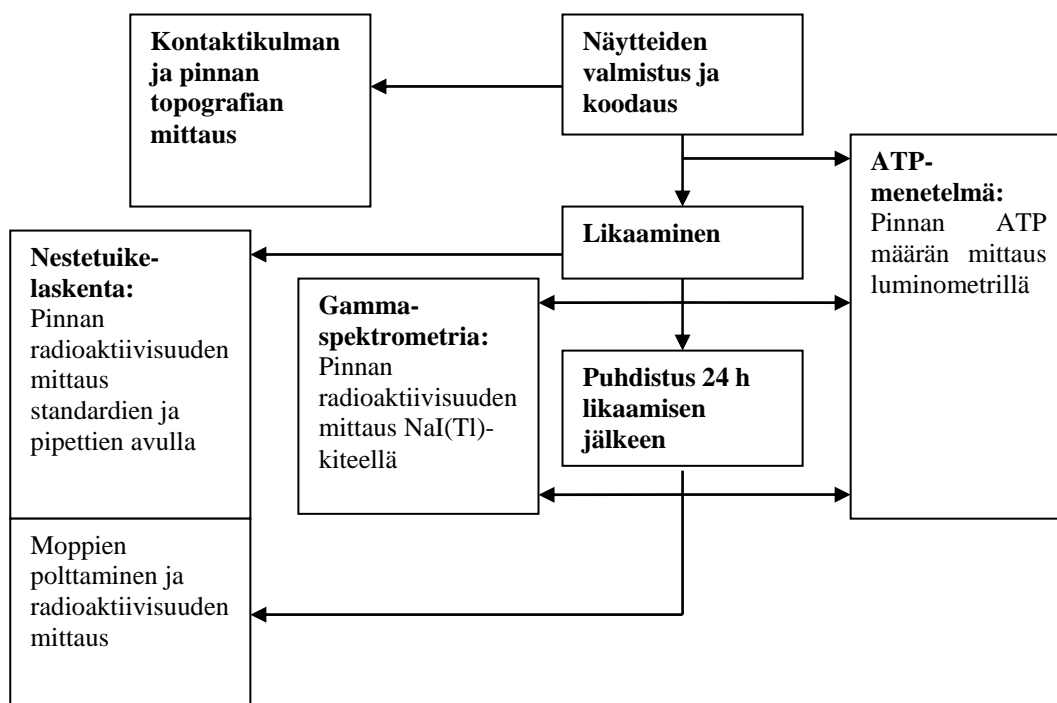
kehitetty aiemmissa pintamateriaalien puhdistuvuustutkimuksissa (Määttä ym. 2007b). Mallilikana käytetty lantalika oli kerätty suomalaisesta navetasta ja homogeenoinnin jälkeen pakastettu. Lanta sisälsi kuiva-ainetta (16,5%), tuhkaa (2,8%), raaka-rasvaa (1,5%), proteiinia (2,9%) ja hiilihydraatteja (9,3%). Mallilikana käytetty rehulika oli kaupallinen vasikoille tarkoitettu maitopohjainen rehuvalmiste, joka sisälsi raaka-rasvaa (4,7%), proteiinia (18,3%), kuitua (5,3%), tuhkaa (8,2%), kalsiumia (1,1%), fosforia (0,7%), magnesiumia (0,4%) ja natriumia (0,4%).

Taulukko 2. Mallilikaseosten käyttö eri tutkimusmenetelmissä ja niiden havainnoitava aineisosa

| Koodi | Menetelmä | Havainnoitu ainesosa | Lian muut ainesosat | Radioisotooppi |
|--------|---------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| Lika 1 | Radiokemia | Epäorgaaninen partikkeli | Öljy | ⁵¹ Cr |
| Lika 2 | Radiokemia | Orgaaninen partikkeli | Öljy | ⁵¹ Cr |
| Lika 3 | Radiokemia | Öljy | Epäorgaaninen partikkeli | ¹⁴ C |
| Lika 4 | Radiokemia | Lanta | - | ⁵¹ Cr |
| Lika 5 | Radiokemia | Rehu | - | ⁵¹ Cr |
| Lika 6 | ATP-menetelmä | Lanta | - | - |
| Lika 7 | ATP-menetelmä | Rehu | - | - |

- ei sisällä.

Tutkimuksen vaiheet on esitetty kuvassa 1. Puhdistuvuuden määrittämiseen käytettiin kahta eri mittaamenetelmää: gammaspektrometriaa käytettiin ⁵¹Cr:llä leimattujen likojen mittaamiseen ja nestetuikelaskentaa ¹⁴C-isotoopin havaitsemiseen. Pinnan radioaktiivisuus on verrannollinen pinnalla olevan radioisotoopin määrään. Tämän lisäksi biokemiallisessa ATP-menetelmässä tutkittiin pintamateriaalien puhdistuvuus orgaanisista lioista. Menetelmä perustuu ATP (adenosiinitrifosfaatti)-molekyylin kykyyn muodostaa valoa lusiferaasientsyymin avulla. Mittaamiseen käytettiin luminometriä. Näytteiden pintaominaisuuksia kuvattiin kontaktikulman ja pinnan karheuden avulla.



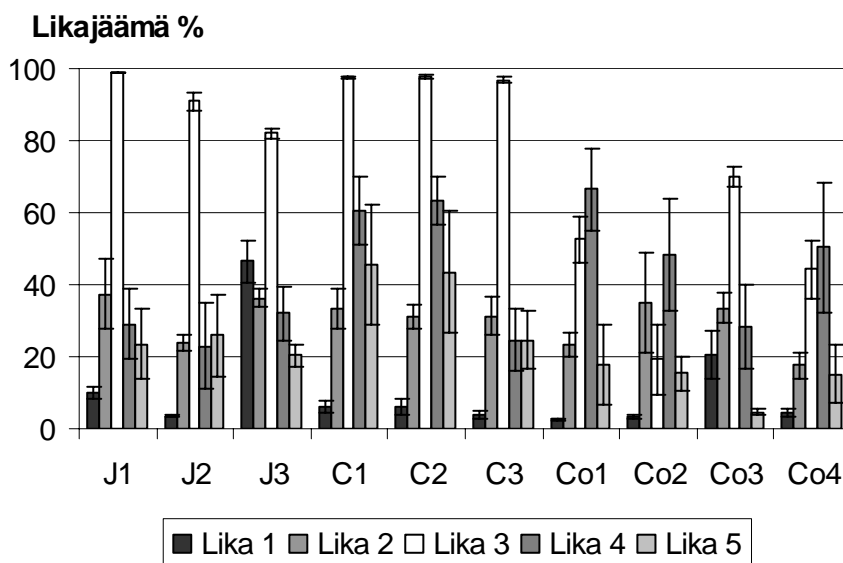
Kuva 1. Puhdistuvuustutkimuksen vaiheet.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Likajäämät radiokemiallisista puhdistuvuuskokeista on esitetty kuvassa 2. Epäorgaaninen lika (lika 1) puhdistui pinnoilta yleensä parhaiten. Mallilikaseoksista yleisesti öljylika (lika 3) puhdistui huonoiten.

Tulosten mukaan pinnoittaminen paransi puhdistuvuutta öljyliasta ($p=0,001$). Tilastollisesti merkitsevästi pinnoittaminen paransi myös puhdistuvuutta rehuliasta ($p<0,05$), mutta ei lantaliasta ($p>0,05$). Yleisesti ottaen orgaanisen mallilian puhdistuvuus oli samaa luokkaa kuin luonnollisten likojen puhdistuvuus, mutta tilastollista korrelaatiota ei havaittu.

Tulosten mukaan polyesteri, akryyli ja polyuretaanipinnoite paransivat puhdistuvuutta eniten (kuva 2), kun taas pinnoittamattomien betonien puhdistuvuus oli heikoin. Kiinnostavaa oli, että epäorgaanisella aineella tiivistetyn betonin puhdistuvuus oli lantaliasta parempi kuin pinnoitettujen betonien. Epoksipinnoite paransi eniten puhdistuvuutta lanta- ja rehupohjaisista mallilioista. Epoksi pohjaisen saumaussmassan puhdistuvuus erosi muista sementtipohjaisista saumausslaasteista. Sementtipohjaiset saumaussaineet puhdistuivat paremmin kuin epoksisaumaussmassa etenkin epäorgaanisesta liasta, mutta huonommin öljy- ja rehuliasta.



Kuva 2. Radiokemialliset likajäämät. Mitä matalampi likajäämä, sitä parempi puhdistuvuus. Materiaalit on esitelty taulukossa 1 ja liat taulukossa 2. Tulokset on esitetty viiden rinnakkaiskokeen keskiarvona ja keskivirheenä (\pm SE).

ATP:n määrä oli pinnoilla huomattavasti korkeampi lantalialla likauksen kuin rehulialla likauksen jälkeen. Ensimmäinen puhdistuskerta irrotti lantaliasta suurimman osan ja pinnat puhdistuivat lantaliasta lähes kokonaan toisen puhdistuskerran jälkeen. Ensimmäisen puhdistuskerran jälkeen pintatyyppin havaittiin vaikuttavan merkitsevästi puhdistuvuuteen ($p<0,05$). Rehuliasta pintojen ATP-määrä laski likausta edeltävälle tasolle jo ensimmäisen puhdistuskerran jälkeen. Materiaalierot olivat hyvin pienet.

Kontaktikulmat vaihtelivat 19° ja 84° välillä. Pintatyyppin havaittiin vaikuttavan kontaktikulmaan. Pinnoittamattomien betonien kontaktikulmia ei huokoisuuden takia voitu mitata tai ne olivat hyvin alhaisia. Polyesteripinnoite nosti eniten kontaktikulmaa.

Tässä esitellyt tulokset käsittelevät kuluttamattomia pintamateriaaleja. Kulutuksen vaikutus ko. pintojen puhdistuvuuteen määritettynä mm. radiokemiallisin menetelmin tullaan raportoimaan myöhemmin (Määttä ym. 2008). Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin todeta, että kemiallinen rasituksen vaikutus muovipinnoitteiden puhdistuvuuteen vaihteli pintamateriaalista ja kemiallisesta altisteesta riippuen. Käsittelemättömän betonin ja sauma-aineiden puhdistuvuus sen sijaan heikkeni kokonaisvaltaisesti pintojen kemiallisen altistuksen jälkeen. Mekaaninen kulutus heikensi erityisesti sauma-aineiden puhdistuvuutta; muovipinnoitteisiin sen vaikutus oli vähäisin (Määttä ym. 2008).

Johtopäätökset

Pinnoittaminen paransi pintamateriaalien puhdistuvuutta, mikä on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa (Puumala ja Lehtiniemi 1993, Kymäläinen ym. 2007). Siten onkin suositeltavaa käyttää pinnoitteita maatalarakentamisessa tiloissa, joissa vaaditaan tiettyä puhtaustasoa. Kontaktikulmien ja pinnasta otettujen

SEM-kuvien perusteella pääteltiin, että pinnoittaminen tiivisti betonin pintaa ja näin lian imeytyminen pintaan väheni. Samalla pinnan lian hylkivyyks nousi.

Menetelmiä verrattaessa rehulian jättämä ATP:n määrä korreloi radiokemiallisen öljylian likajäämien kanssa. ATP-menetelmä on herkkä mittaamenetelmä ja soveltuu silmille näkymättömän lian määrän määrittämiseen. ATP-menetelmää voidaan käyttää myös laboratorion ulkopuolella, kun taas radiokemiallisen menetelmän käyttö on sidottu laboratorioon. Yksinkertaisten radiokemiallisten mallilikojen likajäämät eivät korreloineet leimattujen lanta- ja rehupohjaisten mallilikojen likajäämien kanssa. Osaksi tämä voi johtua siitä, että mallilioissa mitataan yhtä lian ainesosaa. Lanta- ja rehupohjaisissa mallilioissa radio-isotooppi sekoitettiin likaseokseen, joten mittauksessa ei päästy niin tarkalle tasolle kuin yksinkertaistettujen mallilikojen kohdalla. Radio-isotooppi indikoi kuitenkin koko likaseoksen irtoamista. Aikaisempaa kirjallisuutta isotooppitekniikan käytöstä lannan ja rehun leimaamiseen puhdistuvuuskokeissa ei ollut saatavana. Myöskään kirjallisuutta ATP-menetelmän käytöstä lanta- tai rehulian mittaamisesta ei ollut löydettävissä. Tässä tutkimuksessa tuotettiin uusia määritysmenetelmiä erityisesti maatalouden pintamateriaalien puhdistuvuuden mittaamiseen.

Kirjallisuus

Aycicek, H., Oguz, U. & Karci, K. 2006. Comparison of results of ATP bioluminescence and traditional hygiene swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen. *Int. J. Hyg. Environ.-Health* 209: 203-206.

Hörndahl, T. 1995. Slitstyrka och halksäkerhet hos golv i djurstallar. Inverkan av material och utförand. (Wearing quality and prevention of slipperiness on solid floors in animal houses. Influence of materials and performance). Specialmeddelande 220, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, Lund, Sweden. 49 p.

Kuisma, R., Pesonen-Leinonen, E., Redsvén, I., Ylä-Outinen, I., Hautala, M. & Sjöberg, A.-M. 2003. A practical testing procedure for floor coverings: cleanability and resistance to chemical and mechanical wear. *Tenside Surfact. Deterg.* 40: 25-30.

Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Puumala, M., Kaustell, K.O., Mattila, T., Joutsen, B.-L., Kuisma, R., Hurme, K.-R., Uusi-Rauva, A. & Sjöberg, A.-M. 2007. A laboratory study of the effect of coating on cleanability of concrete flooring for use in piggeries. *Biosyst. Engin.*, available online: doi:10.1016/j.biosystemseng.2007.09.009

Larson, E.L., Allison, E.A., Gomez-Duarte, C., Lin, S.X., Lee, L., Della-Latta, P. & Lindhardt, C. 2003. Bioluminescence ATP monitoring as a surrogate marker for microbial load on hands and surfaces in the home. *Food Microbiol.* 20: 735-739.

Larsson, K. 2000. Rengöring av svinstall. (Cleaning of pig-houses) JTI-rapport Lantbruk & Industri Nr 266, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala, Sweden. 49 p.

Määttä, J., Kymäläinen, H.-R., Puumala, M., Mahlberg, R., Kuisma, R., Salparanta, L., Löija, M., Talibachew, A., Hurme, K.-R., Uusi-Rauva, A., Ritschkoff, A.-C. & Sjöberg, A.-M. 2007a. Properties and cleanability of new and traditional agricultural surface materials. *Agricultural and Food Science* (Accepted to be published).

Määttä, J., Koponen, H.-K., Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., Pesonen-Leinonen, E., Uusi-Rauva, A., Hurme, K.-R., Sjöberg, A.-M., Suvanto, M. & Pakkanen, T.A. 2007b. Effect of plasticizer and surface topography on cleanability of plasticized PVC materials. *Appl. Surf. Sci.* 253: 5003-5010.

Määttä, J. et al. 2008. Effects of chemical and mechanical wearing on cleanability and surface properties of new and traditional surface materials for use in cattle barns – a laboratory study. Unpublished manuscript.

Nilsson, C. 2005. Use of concrete for floors in livestock buildings. In: Proceedings of the V International Symposium "Concrete for a sustainable agriculture", 5-8 June 2005. San Lorenzo de El Escorial, Spain. p. 25-32.

Pelletier, F., DeFoy, C., Marquis, A., Godbout, S., Joncas, R., Gagne, R. & Masse, D. 2002. Effects of different concrete types on gas, odour emissions and sanitation of swine buildings. In: Concrete for a sustainable agriculture, Agro-, aqua and community applications. Proceedings for the IVth International Symposium on 21-24 April, 2002. Ghent, Belgium. p. 287-294

Pesonen-Leinonen, E., Redsvén, I., Kuisma, R., Hautala, M. & Sjöberg, A.-M. 2003. Cleaning efficiencies of mop cloths on floor coverings. *Tenside Surfact. Deterg.* 40: 80-86.

Poulis, J.A., de Pijper, M., Mossel, D.A.A. & Dekkers, P.Ph.A. 1993. Assessment of cleaning and disinfection in the food industry with the rapid ATP-bioluminescence technique combined with the tissue fluid contamination test and a conventional microbiological method. *Int. J. Food Microbiol.* 20: 109-116.

Puumala, M. & Lehtiniemi, T. 1993. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. (Concrete and plastic as floor materials in barns). *Vakolan tutkimusselostus 67*, MTT, Vihti, Finland. 85 p.

Redsvén, I., Kymäläinen, H.-R., Pesonen-Leinonen, E., Kuisma, R., Ojala-Paloposki, T., Hautala, M. & Sjöberg, A.-M. 2007. Evaluation of a bioluminescence method, contact angle measurements and topography for testing the cleanability of plastic surfaces under laboratory conditions. *Appl. Surf. Sci.* 253: 5536-5543.

Small, A., James, C., Purnell, G., Losito, P., James, S. & Buncic, S. 2007. An evaluation of simple cleaning methods that may be used in red meat abattoir lairages. *Meat Sci.* 75: 220-228.

Sundahl, A.-M. 1974. Byggnadsmaterial i djurstallar, Nedsmutsning – rengöring. (Building materials in animal houses, Soiling – cleaning). Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för landbrukets byggnadsteknik, *Aktuellt 211*, Teknik, Uppsala, Sweden. 33 p.