

PESUAINNEEN VAIKUTUS PESUKONEIDEN MIKROBIKANTAAN

Paula Kanth

Opinnäytetyö
Marraskuu 2010

Laboratorioala
Tekniikka ja liikenne





Tekijä(t) KANTH Paula	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 30.11.2010
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi PESUAINEN VAIKUTUS PESUKONEIDEN MIKROBIKANTAAN		
Koulutusohjelma Laboratorioala		
Työn ohjaaja(t) SALO Esa, lehtori		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Tekstiilihygienian vaikutus hyvinvointiin on merkittävä. Energiaa säästävät pesukoneet ja matalien pesulämpötilojen suosiminen heikentävät pesutulosta, vaikka pesuaineiden pesuteho on lisääntynyt. Puutteellinen tekstiilihygienia altistaa kuluttajat terveydelle haitallisille mikrobeille ja pienhiukkasille.</p> <p>Suomi on kieltämässä fosfaattipitoiset pesuaineet, vaikka niiden aiheuttama ympäristöriski on erittäin pieni, johtuen tehokkaasta kunnallisesta jätevedenkäsittelystä ja haja-asutusalueiden uudesta jätevesilaista. Markkinoilla on fosfaatin lisäksi pääosin vain zeoliittipohjaisia pesupulvereita, eikä zeoliitin terveysvaikutuksista ole riittävästi tieteellistä tutkimusaineistoa. Zeoliitti huuhtoutuu huonosti pyykistä, ärsyttää hengityselimistöä, aiheuttaa iho-oireita, ja kerääntyy pesukoneisiin, putkistoihin ja vesistöihin. Jotkut zeoliitit aiheuttavat syöpää.</p> <p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako pesuaineen koostumus pesukoneissa esiintyviin mikrobikantoihin. Työssä tuli esiin, että pesukoneissa kasvaa paljon sekä ihmisperäisiä patogeeneja, että ympäristön mikrobeja. Työmenetelmistä ja otannasta johtuen näyttöä pesuaineen vaikuttavuudesta mikrobikantaan ei saatu todennettua.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tekstiilihygienia, zeoliitti, pöly, sisäilma, pyykinpesuaine, biofilmi.		
Muut tiedot		



Author(s) KANTH Paula	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 30.11.2010
	Pages 53	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title THE EFFECT OF DETERGENT ON MICROBES IN LAUNDRY MACHINES		
Degree Programme Laboratory Sciences		
Tutor(s) SALO Esa, Senior Lecturer		
Assigned by		
Abstract <p>A high level of hygiene is an essential part in preventing infections. New energy-friendly machines and low washing temperature cannot wash well enough even with new active laundry detergents in the market. We put clothes in the machine and think that they will be clean after the washing. However from the aseptic point of view, laundry is far from sterile.</p> <p>Finland is planning to forbid phosphates in laundry detergents. There are no good substitutive detergents on the market. Almost all present laundry detergents consist of phosphates or zeolites, which act as a water softener in detergents. Zeolite is an irritable agent the content of which in washing powder may be as high as 35%. Zeolite is also very dusty and difficult to rinse. It causes respiratory problems especially to asthmatic persons. There is no adequate scientific research on long-term exposure to zeolite. In addition, some zeolites cause cancer.</p> <p>This thesis consists of two sections. The main theme is the microbiological research and basic identification of bacteria and biofilms in laundry machines. The other theme is the differences between findings when compared with the detergent used. The result proves that there is active life in our washing machines. All the investigated machines were strongly contaminated by bacteria but differences between detergents were not proved.</p>		
Keywords Laundry detergent, Zeolite, indoor air, biofilm.		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 PESUAINIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	6
2.1 Pesuaineet ja yhteiskunta.....	6
2.1.1 Lainsäädäntö	6
2.1.2 Ympäristövaikutukset	7
2.2 Zeoliitin vaikutukset	9
2.2.1 Zeoliitti	9
2.2.2 Pesukoneet, putkistot ja jätevedenpuhdistusprosessi.....	10
3 TEKSTIILIHYGIENIA JA HUONEPÖLY	11
3.1 Zeoliitti huuhtoutuu huonosti.....	11
3.2 Pöly ja sisäilma	11
3.3 Zeoliitin terveysvaikutukset.....	14
4 PESUAINIEN KEMIAA	17
4.1 Pesuaineen toimintamekanismi.....	17
4.1.1 Pesuprosessi	17
4.1.2 Eri menetelmiä	20
5 MIKROBIT KOTONAMME	21
5.1 Asuinympäristömme mikrobit	21
5.1.1 Pesukoneen mikrobit	22
5.1.2 Sisäilman mikrobit	22
6 MIKROBIOLOGIA	23
6.1 Bakteerien perusidentifiointi	23

	2
6.1.1 Pesäkemorfologia	24
6.1.2 Värjästekniikat	25
6.1.3 Oksidaasi – ja katalaasireaktio	25
6.2 Bakteerien kasvuolosuhdevaatimukset.....	26
6.2.1 Lämpötila.....	26
6.2.2 Ravinteet	27
6.2.3. Muut vaatimukset.....	27
7 BIOFILMIT	28
8 TYÖN TOTEUTUS.....	30
8.1 Prosessin vaiheet.....	30
8.1.1 Tiedonhaku.....	30
8.1.2 Kasvualustat ja reagenssit.....	31
8.1.3 Näytteet	31
8.2 Työmenetelmät	33
8.2.1 Kasvattaminen ja puhtasviljelmät.....	33
8.2.2 Viljelymenetelmät.....	34
8.2.3 Pesäketunnistus ja mikroskopiointi.....	34
8.2.4 Muut tunnistamismenetelmät	35
8.3 Tulosten analysoiminen.....	35
9 TULOKSET	36
9.1 Taulukoiden tulkintaohje	36
9.2 Tulokset taulukoituna	38
9.3 Analyysi	46
10 POHDINTA.....	48

LÄHTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö sai alkunsa zeoliitin tukkimasta pyykinpesukoneen nukkasuodattimesta. Harmaanvalkea lieju suodattimessa paljastui syylliseksi tunkkaiseen hajuun koneessa ja pestyssä pyykissä sekä allergisiin iho-oireisiin. Tapaus herätti kysymyksiä ja halun selvittää asiaa laajemmin.

Zeoliitin haittavaikutuksista on hyvin vähän tutkimustietoa siihen nähden, miten moni ihminen sille altistuu. EU:n ja Suomen vireille laittamat suunnitelmat kieltää fosfaattien käyttäminen pesuaineissa nostaa ajankohtaiseksi korvaavien pesukomponenttien etsimisen, koska nyt markkinoilla olevat tuotteet ovat pääosin zeoliittipohjaisia.

Kulutustottumuksia ohjataan siihen suuntaan, että laatu ja hygieniataso kärsivät energiatehokkuuden vuoksi. Energiaa ja vettä säästävät pesukoneet ja ohjelmat linkoavat pesupulvereiden sisältämän zeoliitin kiinni kankaan kuituihin, mikä lyhentää tekstiilin käyttöikä, haalistaa värejä ja ennen kaikkea levittää zeoliittipölyä huoneilmaan tekstiiliä käytettäessä.

Sisäilmaongelmat ovat merkittävä ympäristöhygieeninen riski, ja valtaosa sisäilman pienhiukkasista on peräisin tekstiileistä. Tekstiileihin pesun jälkeen jääneet mikrobit, mikrobitoroksiinit ja kemikaalijäämät, kuten zeoliittipöly, leviävät huoneilmaan ja heikentävät sisäilman laatua. Pöly ja siihen sitoutunut zeoliitti toimivat myös ilman muiden pienhiukkasten ja mikrobien kuljettimena.

Sairaalaolosuhteissa on jo pitkään tiedostettu pölyhiukkasten rooli mikrobien kuljettimena ja kasvualustana. Infektioiden torjumisen perustana onkin - ei vain steriili - vaan mahdollisimman pölytön ympäristö. Sairaalatekstiilit pestään ja huolletaan ammattitaitoisesti laatustandardien mukaan. Avosairaanhoidon lisääntyessä tulisi kiinnittää huomiota myös kotitalouksien tekstiilihygieniaan.

Diabetes ja useat muut yleissairaudet aiheuttavat iho-oireita, joiden hoitoa heikko tekstiilihygienia vaikeuttaa. Mikäli ihoa vasten olevia vaatteita ei voida tai osata pestä

puhtaaksi saati steriiliksi, patogeeniset mikrobit pyörivät potilaan ympärillä hoito-toimenpiteistä huolimatta. Multiresistenttien bakteerien ja säärihaavojen lisääntyminen ovat sekä kansanterveyden että kansantalouden kannalta merkittäviä rasitteita, kun ajatellaan tulevaisuuden kotisairaanhoidoa. Se mikä kodin, tekstiilien ja potilaan hygienian tasossa säästetään, maksetaan alati kasvavissa kotisairaanhoidon kustannuksissa.

Tekstiilihygieniasta ja zeoliitin vaikutuksista sisäilmaan ei ole juuri lainkaan suomenkielisiä tieteellisiä julkaisuja, eikä aiheesta muutenkaan sen arkaluontoisuuden vuoksi puhuta. Tavallinen kuluttaja ja kotisairaanhoidon asiakas seikkailevat energiansäästöväkinkien, vettä säästävien pesukoneiden ja tarjouspesupulvereiden viidakossa täysin tietämättömänä pyykinpesun laatustandardeista ja zeoliittipölyn riskeistä.

Pesuaineita kehitetään ja markkinoidaan niiden pesuteholla mahdollisimman matalissa lämpötiloissa. Ajatellaan, että vaate on puhdas, mikäli siinä ei ole näkyvää likaa. Monet pesevät pyykkinsä enintään 40 °C:ssa, mikä ei riitä eliminoimaan mikrobeja. Vaikka pesukoneiden käyttöohjeissa neuvotaan pyörittämään säännöllisesti kuumiin 95 °C pesuohjelma koneen puhdistamiseksi, harva näin kuitenkaan tekee.

Pesukoneissa elävää mikrobilajistoa ei ole juurikaan tutkittu. Nukkasuodattimeen kerääntyneet mikrobit antavat tietoa sekä pyykin sisältämästä mikrobistosta että mahdollisesti koneen pinnoille kehittyneestä biofilmistä. Myös koneen käyttäjän elintavat ja mahdollisesti myös pyykinpesuaineiden laatu vaikuttanevat koneen mikrobistoon.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli korostaa tekstiilihygienian merkitystä sisäilman laatutekijänä sekä verrata zeoliitti- ja fosfaattipitoisen pesuaineen vaikutusta pyykinpesukoneen mikrobipitoisuuteen ja määrittää minkälaisia bakteereita pesukoneissa useimmiten esiintyy. Työn tarkoituksena oli myös mikrobiologisten työmenetelmien omaksuminen ja yleiseen pesuainekemiaan perehtyminen.

2 PESUAINIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

2.1 Pesuaineet ja yhteiskunta

Lähes kaikki teollistuneiden maiden asukkaat ovat päivittäin tekemisissä erilaisten kemikaalien kanssa, ja etenkin pyykinpesuaineita käytetään kotitalouksissa ja laitoksissa päiväkodeista vankiloihin. Vuonna 2009 tekstiilien pesu- ja puhdistusaineita myytiin Suomessa 53,6 miljoonalla eurolla (Kotimaan myyntitilastot 2009). On selvää, että pyykinpesuaineiden merkitys ympäristön kuormittajana on suuri.

2.1.1 Lainsäädäntö

Suomessa on säädetty 14.8.1989 kemikaalilaki, jonka tarkoituksena on ehkäistä ja torjua kemikaalien aiheuttamia terveys- ja ympäristöhaittoja sekä palo- ja räjähdysvaaroja (Kemikaalilaki 1989). Kemikaalilakia täydentää EU:n kemikaaliasetus, REACH, joka tuli voimaan 2007. Sen tavoitteena on edistää terveyden ja ympäristönsuojelua sekä ylläpitää EU:n kemianteollisuuden kilpailukykyä. (REACH- EU:n uusi kemikaaliasetus.)

Ruotsi ja muutama muu EU:n jäsenvaltio on kieltänyt fosfaattipitoiset pesuaineet. Suomi on asettanut tavoitteeksi kieltää fosfaatin 2012 alkaen. Myös Itämeren suoje-
luohjelman tavoitteissa mainitaan pesuaineiden fosfaatin vähentäminen. (Fosfaattien kieltäminen pesuaineissa 2009.)

Kemikaaliteollisuus on pyrkinyt 1960-luvulta lähtien kehittämään pesuaineita ympäristöystävällisempään suuntaan. Biohajoavat aineet, tiivistepesupulverit ja matalassa lämpötilassa toimivat pesukomponentit pienentävät ympäristökuormaa, ja kulutuksen väheneminen vähentää myös tuotteen kuljetuksen, varastoinnin ja siitä syntyneen jätteen määrää.

2.1.2 Ympäristövaikutukset

Arvioitaessa pesuaineiden ympäristövaikutuksia tehdään tuotteelle elinkaarianalyysi. Analyysi on kolmiosainen, ja siinä tutkitaan tuotteen valmistusprosessin, raaka-aineiden kulutuksen, käyttämisen ja hävittämisen aiheuttamaa energian kulutusta ja ympäristökuormaa sekä sen aiheuttamien päästöjen ja jätteiden määrää. Ensin elinkaareen tulevat ja siitä poistuvat ympäristöön vaikuttavat tekijät tutkitaan, minkä jälkeen elinkaaren eri vaiheiden ympäristövaikutukset kartoitetaan, ja lopuksi määritetään ne elinkaaren alueet, joihin tulee kiinnittää huomiota ympäristökuormituksen vähentämiseksi.

Pyykinpesuaineiden ympäristökuormitusta voi parhaiten pienentää energiankulutusta vähentämällä. Pesuveden lämmittäminen, raaka-aineiden valmistaminen ja pakkausjätteet muodostavat suurimman kuorman. Nykyaikaiset jätevedenpuhdistamot pystyvät poistamaan yli 90 % pesuaineen sisältämistä kemikaaleista. (Pyykinpesun tietopaketti 2006.)

Fosfori on välttämätön alkuaine vesiekosysteemeissä, ja se toimii usein järvivesissä minimitekijänä. Vesikasvit ja plankton kykenevät hyödyntämään vain fosfaattimuodossa olevaa fosforia. Vesistöissä ei ole luonnostaan juuri lainkaan fosfaatteja. Asutuksen- ja teollisuuden jätevedet, sekä maatalous ovat suurimpia vesistöjen rehevöittäjiä. Asutusjätevesien fosfaateista huomattava osa on peräisin pesuaineista. On laskettu, että yksi ihminen tuottaa jätevesiin fosforia 3-4 g/vrk (Särkkä, J. 1996, 65).

Seuraavalla sivulla taulukoituna pyykinpesuaineiden yleisimmät komponentit ja niiden mahdolliset ympäristövaikutukset.

TAULUKKO 1. Pesuainekomponenttien ympäristövaikutukset (Ainesosien ympäristövaikutukset 2006)

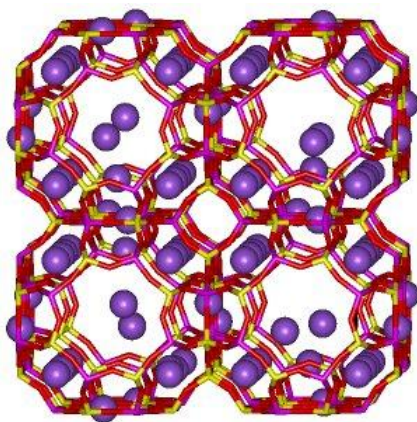
Ainesosa	Vaikutus
Tensidit	Eivät kerry ympäristöön, biohajoavuus yli 90 %
Emäkset, karbonaatit, bikarbonaatit, meta – ja disilikaatit	Neutraloituvat jätevesissä, sitoutuvat likaan ja jäävät jätevedenpuhdistusprosessiin.
Vedenpehmentäjä; Fosfaatit	Rehevöittävä, biologisesti hajoava, saadaan pois jätevedenpuhdistusprosessissa.
Vedenpehmentäjä; Zeoliitti	Ei biohajoava, ei todennettuja ympäristövaikutuksia
Valkaisuaineet; Natriumperboraatti, perkarbonaatti	Boraatit eivät hajoa, ne pyritään korvaamaan karbonaateilla.
Karboksyylihappojohdannaiset, Polymeeriset kompleksinmuodostajat.	Ympäristövaikutuksia ei tunneta, suuren molekyylikoon vuoksi eivät läpäise solukalvoa. Biohajoavia.
NTA, EDTA	NTA hajoaa vedenpuhdistamalla mutta ei luonnossa. EDTA ei hajoa.
Entsyymit	Myrkyttömiä, hajoavat täydellisesti.
Harmaantumisen estäjät; CMC, polykarboksylaattit	CMC ei hajoa kunnolla, muut osittain
Kirkasteet	Optiset kirkasteet hajoavat valon vaikutuksesta, saostuvat lietteeseen.
Paakkuuntumisenestoaineet	Lisäävät suolapitoisuutta
Hajusteet	Luonnollisten aromaattisten yhdisteiden kaltaisia.
Apuaineet	Lisäävät suolapitoisuutta.

2.2 Zeoliitin vaikutukset

Zeoliitilla ei ole todettu olevan haitallisia ympäristövaikutuksia, mutta sen pitkäaikaisvaikutuksista ei ole riittävästi tietoa. Zeoliitti toimii ioninvaihtimena ja kerää itseensä sekä raskasmetalleja ja haitallisia yhdisteitä että radioaktiivisia aineita. Tämä ominaisuus onkin oikealla tavalla hyödynnettyä käyttökelpoinen poistettaessa haitallisia aineita halutuista toimintaympäristöistä. Juuri tämän ominaisuuden vuoksi ei kuitenkaan voida tietää, minkälaisia pitkäaikaisvaikutuksia vesistöihin kulkeutunut zeoliittiliete aiheuttaa. Koska myrkyt sitoutuvat zeoliittiin, voisi päätellä, että se pohjaan painuessaan muodostaa myrkkypitoisen sedimentin, ja sotkee lopulta pohjaeläinten ekosysteemin.

2.2.1 Zeoliitti

Zeoliitit ovat lähes inerttejä huokoisia mineraaleja, jotka koostuvat alumiinista, piistä, hapesta, alkali ja/tai maa-alkalimetalleista ja joskus kidevedestä. Luonnossa esiintyviä zeoliitteja on noin 40 mutta synteettisesti niitä on valmistettu yli 150 erilaista, yleisimmät ovat zeoliitti A, X, Y ja ZMS-5. Zeoliitteja käytetään laajalti niiden adsorptio, suodatus- ja ioninvaihtokyvyn sekä katalyyttisten ominaisuuksien vuoksi. Käyttökohteita ovat mm. pesuaineteollisuus, petrokemia, jäteveden puhdistus, eläinravinteet ja kuivikkeet. (Zeolites 2010.)



KUVIO 1. Zeoliitti A (Bell, R.G. 2001)

Pesuaineissa zeoliittia käytetään veden pehmentimenä vaihtamaan natrium- ja kalsiumioneja. Yleisimmin pesupulvereissa käytetään zeoliitteja A, X ja P. Zeoliitti A:n molekyylikaava on $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \times 27\text{H}_2\text{O}$. Sen sulamispiste on 1700 °C, ja se on veteen huonosti liukeneva. Zeoliitti A:n keskimääräinen partikkelikoko on 3,5 µm. (Zeolite A 2003.)

2.2.2 Pesukoneet, putkistot ja jätevedenpuhdistusprosessi

Zeoliitin kerääntymisestä pesukoneisiin, putkistoihin ja viemäriverkoston ei ole saatavilla tieteellistä tutkimusaineistoa. Ei ole myöskään tietoa siitä, kuinka paljon zeoliittiliete käytännössä kuormittaa jätevedenpuhdistamoita. Sen sijaan saatavilla on runsaasti ei-tieteellistä kuvamateriaalia zeoliitin pinnoittamista pesukoneenosista ja -koneista. Aiheesta siis kyllä puhutaan, mutta sitä ei ole tutkittu. Useissa sanomalehdissä on julkaistu kodinkonehuoltajien ja muiden asiantuntijoiden haastatteluita aiheeseen liittyen. Esim. kemisti, filosofian tohtori Tuula Suontamo ei suosittele zeoliittia ja toteaa, että ”fosfaattipesuaineiden vastustaminen perustuu usein tiedonpuutteeseen” (Laiho-Logren E 2005). Seuraavassa valokuvassa zeoliittijäämiä pesukoneessa.



KUVIO 2 Zeoliittia pesukoneessa (Pesukoneet pilataan liialla pesuaineella 2010)

Myös kuluttajavirasto suosittaa edes satunnaista fosfaattipitoisten pesuaineiden käyttämistä, sillä se puhdistaa pesukonetta. Sen sijaan zeoliitin todetaan aiheuttavan saostumia pesukoneisiin. (Tekstiilien pesuaineet 2010.)

3 TEKSTIILIHYGIENIA JA HUONEPÖLY

3.1 Zeoliitti huuhtoutuu huonosti

Aino Hännisen pro gradu -tutkielma 1997 ”Fosfaatti ja zeoliitti pyykinpesussa” vertaa kahden kiderakenteeltaan erilaista zeoliittia sisältävän pesupulverin ja fosfaattipitoisen pyykinpesupulverin pesutehoa ja huuhtoutuvuutta kankaasta. Tuloksista käy selkeästi ilmi, että fosfaatin pesuteho on parempi kuin zeoliitin. Zeoliitit, etenkin partikkelikooltaan pienempi zeoliitti, ei huuhtoudu kunnolla kankaasta. Kankaan kuluneisuus vaikutti pesutulokseen siten, että jäämiä oli eniten sekä uusissa, pesemättömissä kangaspaloissa että vanhoissa, loppuun kuluneissa kankaissa. (Hänninen 1997.)

Pesupulveripaketissa on n.15–35 % zeoliittia. Mikäli osa zeoliitista jää pesun yhteydessä kiinni vaatteen kuituihin, sen olettaisi pölysevän sieltä huoneilmaan vaatetta käytettäessä. On arveltu että zeoliittia olisi 0,1-5 % tekstiilikiloa kohden (Gudmundsson, Löndahl, Boghart 2007).

3.2 Pöly ja sisäilma

Vietämme keskimäärin 85 % ajastamme sisätiloissa, ja hengityselinsairauksien, kuten astman lisääntymisen myötä sisäilman laatu on keskeinen hyvinvoinnin mittari. Kosteusvauriot, puutteellinen ilmanvaihto, asbesti, silikaatit ja orgaaninen pöly ovat jo

hyvin tunnettuja hengityselinsairauksien aiheuttajia. Niiden varjoon jää tavallinen kotipöly, jonka terveysvaikutuksia helposti vähätellään.

Pöly määritellään kiinteiksi hiukkasiksi, joiden koko on alle 75 μm ja jotka pysyvät ilmassa, kunnes laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta (ISO 4225). Lämpimitaltaan alle 3 μm :n kokoiset hiukkaset tunkeutuvat syväälle keuhkoihin, ja mikäli ne ovat myös riittävän pitkiä, eli yli 5 μm , ne kykenevät tarttumaan alveoleihin (WHO 1997). Hienoksi pölyksi määritellään hiukkaset, joiden koko on vähemmän kuin 1 μm . Hieno pöly sisältää mm. öljy, noki - ja raskasmetallihiukkasia, sekä syöpää aiheuttavia PAH-yhdisteitä. (Hiukasmaiset epäpuhtaudet 2007.) Työhygieenisessä mielessä haitallisen pölyn määritelmänä pidetään sen aerodynaamista halkaisijaa. Sillä tarkoitetaan g/cm^3 , ja jolla on sama laskeutumisnopeus kuin kyseessä olevalla hiukkasella. Saman aerodynaamisen halkaisijan omaavat hiukkaset voivat siis poiketa toisistaan muodon, tiheyden ja sellaisen kuvitteellisen pallonmuotoisen hiukkasen halkaisijaa, jonka tiheys on 1 koon suhteen, mutta niillä on sama laskeutumisnopeus. (Kulmala, Heinonen, Riipinen, Säämänen, Welling 2004.)

Sisäilmastoluokitus 2000:n mukaan hiukaspölypitoisuuden enimmäisarvot PM_{10} ovat 20–50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. PM_{10} tarkoittaa huoneilman pölyä, jonka aerodynaaminen halkaisija on alle 10 μm .

Pölyn terveyshaitat riippuvat sen fysikaalisista, kemiallisista ja mineralogisista ominaisuuksista sekä pölyn laadusta. Nämä tekijät määrittävät pölyn toksisuuden. Altistumisaste riippuu ilman pölypitoisuudesta mg/m^3 ja altistumisajasta. Altistumisen kliiniset oireet ovat usein havaittavissa vasta vuosien jälkeen. Esimerkiksi asbestille altistumisen aiheuttama mesoteliooma ilmenee vasta 30–40 vuoden kuluttua altistumisen alkamisesta. Näille sairauksille on myös tyypillistä se, että taudinkulkua ei voida pysäyttää, vaikka altistuminen olisi loppunut.

Monet osatekijät vaikuttavat siihen, kuinka suuri määrä pölyä elimistöön kerääntyy. Tähän vaikuttaa mm. hiukkasten aerodynaaminen halkaisija eli se, kuinka hyvin se kertyy hengityselimistöön ja kuinka hyvin hiukkaset pysyvät ilmassa, hiukkasen liukoisuus (hyvin liukeneva adsorboituu joka puolelle hengityselimistöön), hiukkasen muoto (kuitumainen on vaarallisin) ja hiukkasen pysyvyys (mineraalivillat, keraamiset

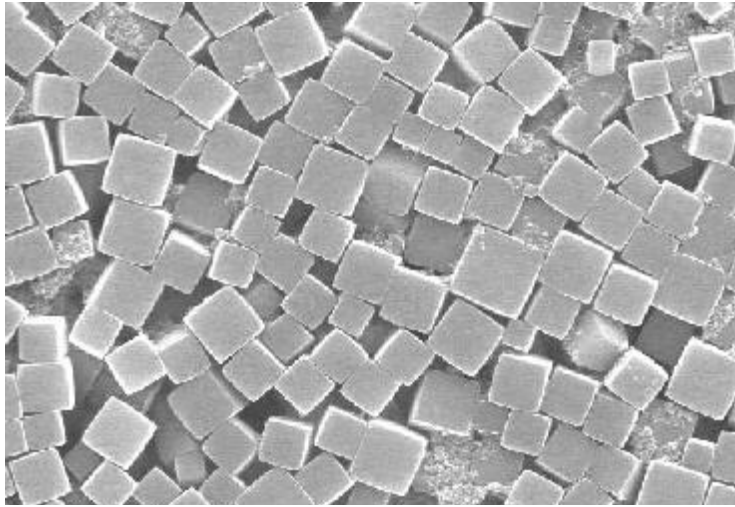
kuidut). Myös altistuneen hengityksen syvyys ja tiheys vaikuttavat sisään hengitetyn pölyn määrään. (Kulmala ym. 2004.)

Kotipölyn hiukkasista valtaosa on peräisin tekstiileistä. Mikäli pesupulverin sisältämä zeoliitti jää kiinni kankaaseen eikä huuhtoudu pois, se lisää tekstiileistä huoneilmaan levittäytyvän pölyn määrää. Pöly ja sen osahiukkaset toimivat kuljettimena muille hiukkasille, kuten homeitiöille ja mikrobeille. Lisääntynyt pölymäärä siis lisää riskiä altistua myös muille haitallisille hiukkasille.

Gudmunssonin ym. tutkimuksessa todettiin, että zeoliittipitoisia pesupulvereita käytävissä kotitalouksissa huonepölyn määrä oli kaksinkertainen verrattuna asuntoon, jossa käytettiin fosfaattipitoista pesuainetta. Pölyn määrää tutkittiin sekä visuaalisesti havainnoimalla että mittareilla. Tutkitut asunnot olivat lähes samankokoisia, samalta alueelta ja niiden ovet ja ikkunat pidettiin suljettuina tutkimuksen aikana. Mittaukset tehtiin jokaisen asunnon neljässä eri huoneessa hiukkaskeräimellä (Aerodynamic particle sizer, Model 3321). Laitteen suodatuskyky oli 0,5-20 µm. Toinen hiukkaskeräin oli Optical particle counter, OPC. Tutkimuksessa määritettiin vain suuruudeltaan yli 0,5 µm kokoisia hiukkasia.

Tuloksista selvisi, että zeoliittia sisältäviä pesuaineita käyttävissä kotitalouksissa huonepölyn konsentraatio nousi selkeästi aina silloin, kun asunnossa käsiteltiin tekstiilejä, esim. vuoteita sijattaessa ja pyykkiä käsiteltäessä. Välillä konsentraatio ylitti arvon 1 mg/m³. Näytteet tutkittiin useilla menetelmillä, mm. mikroskoopilla, jolloin havaittiin pölynäytteiden sisältämät zeoliittikiteet. (Gudmundsson ym. 2007.)

Kuviossa 3 pyykinpesuaineissa yleisesti käytettävän zeoliitti A:n kiteitä. Huomaa muuntelu kiteiden koossa.



KUVIO 3. Zeoliitti A (Yun-Jo Lee)

3.3 Zeoliitin terveysvaikutukset

Jotkut zeoliitit, kuten erioniitti, aiheuttavat todistetusti syöpää (Syöpää aiheuttavat aineet.) Erioniitti on kuitumainen, asbestia muistuttava, ja nimenomaan tämän kuitumaisen muodon uskotaan olevan merkittävä syövälle altistava tekijä. Pesupulvereissa käytettävät zeoliitit eivät ole rakenteeltaan kuitumaisia, vaikkakin ne ovat kemiallisilta ominaisuuksiltaan erioniitin kanssa samanlaisia. Pesupulvereiden zeoliitin partikkelikoko on 0,7-3 μm , keskimääräinen koko on 2 μm (Jantunen, Komulainen, Nevalainen, Tuomisto, Venäläinen, Viluksela. 2005, 177).

Partikkelikokonsa vuoksi zeoliitti A kulkeutuu hengityselimistöön, ja pitkäaikaisessa altistuksessa sen on todettu aiheuttavan lieviä keuhkomuutoksia, kuten bronkioliittia, alveoliittia ja makrofagien kerääntymistä keuhkoihin. Nämä vaikutukset tulivat esiin jo konsentraatiolla 1mg/ m³ .(Jantunen ym. 2005, 162.) Alle 5 μm :n kokoiset hiukkaset kerääntyvät alveoleihin, joista ne eivät pääse itsenäisesti poistumaan. Fagosyytit ”puhdistavat” alveoleja nielaisemalla siellä olevia hiukkasia. Hiukkaset voivat poistua joko hengitysteitse tai fagosyyttien mukana imusuoniston kautta, tai jäädä keuhkoihin. Kvartsi (SiO₂) tuhoaa fagosyytteja. Hiukkaset voivat aiheuttaa haittoja sekä paikallisesti että kulkeutuessaan muualle elimistöön esim. imuteitä pitkin. (Kulmala ym. 2004.)

Kemikaalien karsinogeenisuutta tutkitaan eläinkokeilla. Pitkäaikainen altistuskoe tehdään yleensä jyrsijöille, tavallisimmin hiirelle tai rotalle. Altistusaika on vähintään 2 - 3 vuotta. Testaus pitäisi tehdä yhtä aikaa kahdella jyrsijälajilla ja molempien sukupuolien edustajille. Yleensä eläimet altistetaan suurille määrille tutkittavaa ainetta, koska pienelle määrälle altistumisen syöpävaikutuksen arvioiminen on tilastollisten seikkojen vuoksi vaikeaa. Koska tutkimustilanteessa eläimet altistetaan vain tutkittavalle aineelle, tuloksia on vaikea soveltaa epidemiologisesti suoraan ihmiseen. Ihmiset altistuvat useille eri aineille ja ympäristötekijöille samanaikaisesti, geneettisiä tekijöitä unohtamatta, ja siksi eläinkokeissa vaarattomaksi todettu aine voikin olla ihmiselle karsinogeeninen. (Alitalo, Andersson, Teppo, Vaheiri 1985, 78.)

Pesupulvereissa käytettävien zeoliittien karsinogeenisuutta on tutkittu vain vähän. Zeoliitteja ovat tutkineet mm. Wagner 1982 ja 1985, Suzuki 1982 ja Maltoni ja Minardi 1988 ja 1989 ja kokeiden menetelmät sekä tulokset ovat ristiriitaisia. Wagnerin inhalaatio-altistuskokeissa zeoliitti A:lle 28 testatusta rotasta löydettiin kaksi tuumoria. Muissa tutkimuksissa zeoliittia injektioitiin elimistöön nesteeseen sekoitettuna, eikä tämänkaltainen tilanne vastaa lainkaan olosuhteita, joissa ihmiset zeoliitille altistuvat, eli altistuminen hengitysilman kautta. Injektioaltistuskokeissa ei todettu tilastollisesti merkittävää kasvua tuumorinmuodostuksessa (Guthrie. 1992 s. 225-243).

Kiderakenteestaan ja kemiallisista ominaisuuksistaan johtuen zeoliittia käytetään mm. jätevedenpuhdistukseen, koska sillä on huomattava kyky sitoa itseensä niin raskasmetalleja kuin erilaisia biomolekyylejäkin. Tutkimuksen kohteena ovat myös erilaiset mikrobiologiset sovellukset, koska zeoliitin huokoinen rakenne tarjoaa hyvät kasvuolosuhteet bakteereille ja muille mikro-organismeille. Zeoliitti A on myös todettu tehokkaaksi radonin ja radionuklidien suodattajaksi porakaivovedestä (Vaaramaa 2003).

Kivipölykeuhko eli silikoosi on kvartsipölyn aiheuttama keuhkosairaus. Sekapölykeuhko muodostuu silloin, kun henkilö altistuu sekä kvartsipölylle että epäorgaaniselle pölylle, kuten metalleille. Valtaosa altistumisista tapahtuu rakennusalalla. (Högström 2010). Kun tiedetään pesupulvereissa käytettävän zeoliitin

($\text{Na}_{12}(\text{AlO})_2(\text{SiO})_2 \times 27 \text{H}_2\text{O}$) hajoavan happamissa olosuhteissa ja sen yksi komponentti on "kvartsi" SiO_2 , kuinka voidaan taata sen vaarattomuus ihmisen elimistöön

joutuessaan? Zeoliitti toimii siis ioninvaihtimena, kuljettimena, raskasmetalleja ja radionuklideja adsorboivana aineena. Tekstiileistä irronnutta zeoliittipölyä hengittäessämme elimistöön kulkeutuu sen mukana muitakin sinne kuulumattomia aineita.

Lähes 30 vuotta sitten tehdyt suppeat eläinkokeet muutamilla kymmenillä koe-eläimillä eivät ole epidemiologisesti riittävä todiste zeoliitin vaarattomuudesta, kun tehdään päätöksiä jotka voivat vaikuttaa koko Euroopan väestöön. Mikäli fosfaattipitoiset pesuaineet kielletään, ne korvataan pääosin zeoliittia sisältävillä pesuaineilla.

Ihokokeissa zeoliitin ei ole todettu aiheuttavan ärsytystä, vaikka allergioista kärsivät tai muuten herkkäihoiset saavat oireita zeoliittipitoisten pulvereiden käyttämisen jälkeen. Pesuainevalmistajat ovat haluttomia myöntämään näitä haittavaikutuksia, koska ”eläinkokeissa ei ole ihoärsytystä todettu.” Zeoliitti A:n on kuitenkin todettu vaikuttavan ihon melaniinin tuotantoon hidastamalla sitä, mistä aiheutuu ihon vaaleeneminen (Yong Jae Shin 2010). Zeoliittia voidaankin käyttää kosmetiikassa ihoa vaalentavana aineena. Zeoliitti A vaikuttaa todistetusti ihossa solutasolla, joten ei liene yllättävää, että jotkut saavat siitä myös ärsytysoireita.

Zeoliittia markkinoidaan nykyisin myös terveysvaikutteisena luontaistuotteena, syöpää ehkäisemään. Terveysvaikutuksia perustellaan sillä, että oraalisesti nautittuna zeoliitti adsorboi itseensä raskasmetalleja ja muita terveydelle haitallisia aineita, ja tällä tavoin estää haitallisten aineiden imeytymisen ruuansulatuskanavasta muualle elimistöön. Siihen nähden, että tätä myrkkyjä adsorboivaa ominaisuutta oikein mainostetaan, vaikuttaa oudolta ettei adsorbointikykyä huomioida lainkaan silloin kun hengitämme sitä.

4 PESUAINEIDEN KEMIAA

4.1 Pesuaineen toimintamekanismi

Alun perin pesutapahtuman tarkoitus on ollut lian poistaminen, aineella kuin aineella. Tiedon ja taidon lisääntyessä ja kemianteknologian kehittyttyä on löydetty useita kemikaaleja, joilla on suotuisa vaikutus pesuprosessiin. Pesuaineteollisuus on löytänyt niin paljon uusia, tehokkaita pesukomponentteja, että nykyisillä aineilla saadaan pyykki lähes puhtaaksi kylmässäkin vedessä. Enää ei tarvitsisi keittää lakanoita lipeässä, ainakaan pesuainevalmistajien mielestä. Etenkin desinfiointiaineiden lisääntynyt kulutus kotitalouksissa on kuitenkin saanut monet asiantuntijat ja kuluttajat kyseenalaistamaan sen, tarvitaanko todellakin niitä kaikkia uusia kemikaaleja joita pesuaineisiin sisällytetään. Olisiko sekä luonnon, että yksilön kannalta terveellisempää palata yksinkertaisimpiin menetelmiin. Eri aineet pesevät eri tavoilla. Riittääkö että tekstiili on puhdas vai täytyykö sen olla "käsitelty"?

4.1.1 Pesuprosessi

Puhdistustapahtumaan vaikuttavia tekijöitä ovat mekaaninen työ, aika, lämpötila ja kemiallinen työ. Yleensä nämä osatekijät ovat toisistaan riippuvaisia, eli mitä enemmän kemiallista työtä = pesuainetta, sitä vähemmän aikaa tarvitaan. Jos taas mekaanista työtä lisätään, pesuaineen määrää voidaan vähentää.

Puhdistustulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat veden laatu (kovuus, pH, rauta- ym. pitoisuus), lian määrä ja laatu, puhdistusaineen laatu, puhdistettavan pinnan laatu ja sen puhtaustaso.

Tärkein pesuaine on vesi. Se yksinään kykenee jo irrottamaan likaa ja jotkut aineet ovat nimenomaan vesiliukoisia. Voimakas pintajännitys kuitenkin heikentää veden

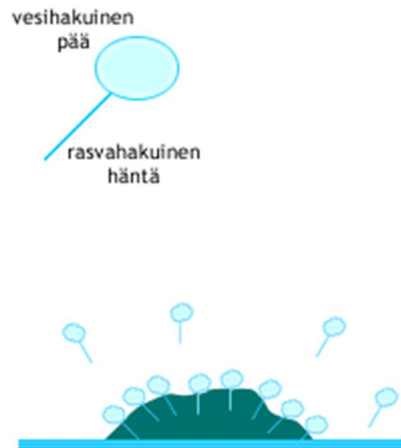
kykyä kosteuttaa ja irrottaa likaa. Siksi tarvitaan tensidejä. Ne ryhmitellään saippuihin ja synteettisiin tensideihin.

Pinta-aktiiviset aineet, eli tensidit vähentävät veden pintajännitystä. Tensidimolekyyli koostuu kymmenistä hiili- ja vetyatomeista, jotka ovat ketjumaisesti kiinni toisissaan. Ketjun toisessa päässä on hydrofiilinen ryhmä, saippuilla yleensä –COOH, joka voi saada positiivisen tai negatiivisen varauksen, jolloin tensidimolekyylistä muodostuu ioni. Molekyylin hiiliketjupää on hydrofobinen. Pesuliuoksessa pitkät hiiliketjut vetävät toisiaan puoleensa muodostaen misellejä, koska niissä olevat tensidi-ionit ja molekyylit liittyvät yhteen. Pintajännitys alenee, koska tensidimolekyylin hydrofobinen pää pyrkii vedestä pois päin, mutta hydrofiilinen vettä kohti, muodostaen vetysidoksia vesimolekyylien kanssa. Vesimolekyyliin siis kohdistuu vetovoimia vedestä pois päin, jolloin veden pintakalvo ohenee, eli pintajännitys laskee. Tensidimolekyylit kerääntyvät kaikille rajapinnoille liuoksessa, kuten liuoksen ja lian, ja liuoksen sekä astian välille. Pintajännityksen vähentyessä vesimolekyylit pääsevät kulkeutumaan pieniinkin rakoihin, kuten puhdistettavan pinnan ja lian väliin.

Tensidimolekyylin likaa irrottava ominaisuus perustuu siihen, että sen hydrofobinen pää tarttuu likaan, joka on usein rasvaliukoista. Hydrofiilinen pää vetää molekyyliä kohti vettä, mikä saa lian irtoamaan puhdistettavasta pinnasta ja kulkeutumaan veden mukana pois. Kun likahiukkanen on täysin tensidimolekyylien tai misellien pinoittama, se ei enää voi kiinnittyä takaisin alustaansa tai muihin hiukkasiin. Tensidejä kiinnittyy myös puhdistettaville pinnoille, mikä estää likahiukkasten kiinnittymisen takaisin. Kun tensidi-ioni tarttuu sekä likaan että puhdistettavaan pintaan, nämä saavat saman sähkövarauksen ja hylkivät siksi toisiaan.

Saippuat ovat yleensä 12–18 hiiliatomia sisältävien rasvahappojen kalium – tai natriumsuoloja. Pehmeässä vedessä saippuan pesuominaisuudet ovat erittäin hyvät ja se on biologisesti hajoavaa. Kovassa vedessä saippua muodostaa kalkkisaostumia, mikä heikentää pesutulosta. Saippuat valmistetaan rasvoista, mutta synteettiset tensidit pääosin maaöljypohjaisista kemikaaleista. Synteettisten tensidien hydrofiilinen ryhmä on yleensä sulfonaattiryhmä, -SO₃H. Tensidin hiiliketjun pituus vaikuttaa siihen, kuinka kylmään veteen se liukenee.

Seuraavassa visuaalisesti esitettynä tensidimolekyylin toimintaperiaate. Molekyylin hydrofobinen, eli rasvahakuinen pää tarttuu likaan, ja hydrofiilinen eli vesihakuinen suuntautuu kohti vettä. Hydrofiilinen pää muodostaa vetysidoksia vesimolekyylin kanssa, mikä aiheuttaa vetovoiman, jolla lika irtoaa alustastaan. (Pyykinpesun tietopaketti 2006)

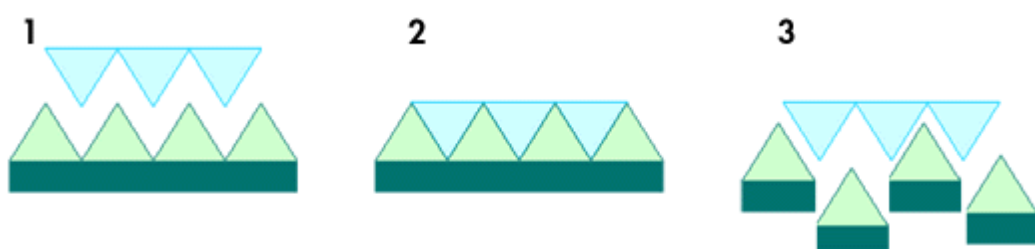


KUVIO 4. Tensidien toimintaperiaate

(Pesuaktiiviset aineet 2006)

Entsyymien toiminta pesuprosessissa on osin samankaltaista kuin tensidien. Entsyymit ovat kuitenkin selektiivisiä ja tietty entsyymi tehoaa vain tiettyyn likaan. Lipaasientsyymit tarttuvat rasvalikaan, amylaasi tärkkelyspitoiseen ja proteaasientsyymit proteiinipitoiseen likaan. Entsyymi pilkkoo lian eikä itse kulu tai muuta muotoaan, se siis toimii katalysaattorina.

Seuraava kuva havainnollistaa entsyymien toimintaa. Ensimmäisessä kohdassa entsyymi ja lika ovat vielä erillään. Toisessa entsyymi on tarttunut selektiivisesti likaan. Viimeisessä kohdassa näemme kuinka lika on pilkkoutunut, mutta entsyymi säilynyt muuttumattomana.



KUVIO 5. Entsyymien toiminta (Pesuaktiiviset aineet 2006)

Tensidit, entsyymit ja vesi ovat pesutapahtuman pääkomponentit. Niiden ohella käytetään useita pesutapahtumaan vaikuttavia tehosteaineita, joilla kullakin on oma tehtävänsä. Tärkeitä tehosteaineita ovat fosfaatit, emäkset, vedenpehmentäjät, valkaisuaineet, kirkasteet, likaa adsorboivat aineet, desinfiointiaineet, liuottimet ja hankausaineet. Fosfaatti tehostaa pesutapahtumaa usealla eri tavalla. Se lisää liuoksen liankantokykyä, pehmentää vettä, toimii puskuriliuoksena sekä vaikuttaa vaahdonmuodostukseen ja emulsion pysyvyyteen (Suontamo, Knuutila. 1990, 69). Lisäksi käytetään erilaisia selektiivisiä kemikaaleja, joiden merkitys itse pesutapahtumassa on pieni, mutta ne vaikuttavat huomattavasti lopputulokseen. Tällaisia aineita ovat mm. hajusteet, säilöntäaine, kuidunsuoja-aine ja harmaantumisenestoaine. (Pyykinpesun tietopaketti 2006.)

4.1.2 Eri menetelmiä

Markkinoilla on erilaisia pyykinpesuaineita eri tarkoituksiin. Nestemäiset pesuaineet ovat vallanneet markkinoita perinteisiltä jauhemaisilta. Mahdollinen fosfaatin kieltävä laki vähentänee nestemäisten pesuaineiden myyntiä, koska ne sisältävät pääasiassa fosfaatteja. Tarjolla on useita tiivistepesuaineita, joiden pesuteho on erittäin hyvä, mutta kuluttajilla on ollut vaikeuksia sopeutua pieniin annostelumääriin. Tämä johtaa helposti liiakäyttöön ja rasittaa sekä ympäristöä että kukkaroa.

Pesuaine tulisi valita pestävän tekstiilin materiaalin ja likaisuuden perusteella. Valko, kirjo - ja hienopyykille suositellaan erilaisia pesuaineita ja tarjolla on tuotteita myös allergisille ja herkkäihoisille. Jotkut luottavat pesupähkinöihin tai muihin luomumenetelmiin, näissä pesutulos ei aina ole riittävän hyvä, koska prosessi perustuu lähes vain mekaaniseen työhön.

Tavallisella kuluttajalla ei yleensä ole tarpeeksi tietoa erilaisten kemiakaalien merkityksestä pesutapahtumassa, joten huolellinen tutustuminen käyttö – ja annosteluohjeisiin olisi suotavaa. Zeoliitista oireita saavan tulisi osata ostaa pesuaineita joissa on käytetty vedenpehmentäjänä muita kemikaaleja. Fosfaattipitoisia pesuaineita taas ei

tulisi käyttää, mikäli ne päätyvät käsittelemättömänä luonnonvesistöihin. Mikäli valmistaja ei syystä tai toisesta ole laittanut pesuainepaketteihin selviä merkintöjä siitä, mitkä ovat tuotteen pääkomponentit, ainesosat jäävät usein kuluttajalta havaitsematta. Tuoteselosteet on merkitty niin pienellä tekstillä, että niiden lukemiseksi tarvitaan usein suurennuslasia. Moniko kulkee kaupassa suurennuslasi mukanaan?

5 MIKROBIT KOTONAMME

5.1 Asuinympäristömme mikrobit

Ihmiskehossa arvioidaan olevan 5000 biljoonaa bakteeria. Mikrobit ovat sopeutumiskykyisiä ja niitä tavataankin lähes kaikkialta. Steriilit olosuhteet voidaan saada aikaan vain keinotekoisesti. Mikrobit ovat hyvin muuntautumiskykyisiä, minkä vuoksi niitä on voitu valjastaa myös moniin ihmisille hyödyllisiin tarkoituksiin. Sopeutumiskykynsä vuoksi mikrobeja tavataan hyvinkin poikkeuksellisista ympäristöistä, kuten kuumista lähteistä ja suolajärvistä. Toisaalta monet poikkeusoloissa viihtyvät mikrobit kuolevat joutuessaan muualle. Ihmisen seuralaismikrobit eivät tule toimeen ihmisen ulkopuolella, koska ne tarvitsevat 37 °C lämpötilaa kasvaakseen. Eläimilläkin on seuranaan oma, niille tyypillinen mikrobilajistonsa. Ilmassa mikrobit eivät kykene kasvamaan tai lisääntymään. Silti ilmassa on niin paljon mikrobeja, että jos jätämme avoimen elatusmaljan pöydälle, siinä alkaa kasvaa useita erilaisia mikrobeja, jotka ovat laskeutuneet siihen. (Mäkelä, P., Mäkelä, J. 2000.)

Kaikki mikrobit eivät suinkaan ole vahingollisia. Nykymuotoisen elämän uskotaan kehittyneen mikrobeista ja elimistössämme on useita meille elintärkeitä, meitä auttavia mikrobeja. Hyödynnämme niitä monin tavoin myös elimistön ulkopuolella jogurtin valmistamisesta geeniteknologiaan. Hyödylliset mikrobit myös suojaavat meitä

haitallisilta. Elämämme mikrobien keskellä on jatkuvaa tasapainoilua, sotatila ihollamme ja suolistossa, josta emme onneksi ole kovin tietoisia arkipäivässämme, eikä meidän tarvitse sitä nähdä.

5.1.1 Pesukoneen mikrobit

Pesukoneessa, kuten muuallakin elinympäristössämme, on monenlaisia mikrobeja. Pesukone tarjoaa otolliset kasvuolosuhteet mikrobeille, onhan se kostea elinympäristö ja usein sijoitettu lämpimiin, kosteisiin huonetiloihin, kuten pesuhuoneeseen. Säännöllinen pyykinpesu pitää koneen kosteana ja ravitsee mikrobeja tekstiilien mukana kulkeutuneella orgaanisella sekä ihmisperäisellä kuonalla. Myös tekstiileissä olevat uudet mikrobit voivat toimia ravintona pesukoneeseen jo pesiytyneille mikrobiyhdykskunnille. Jotkut selektiiviset mikrobit voivat jopa nauttia pesukemikaalien niille suomista erityisolosuhteista, kuten lievästi emäksisestä ympäristöstä tai joidenkin tiettyjen alkuaineiden runsaasta tarjonnasta.

Luonnossa mikrobit muodostavat turvakseen biofilmejä, ja tämänkaltainen kasvutapa on yleistä nimenomaan erilaisissa kosteissa ympäristöissä. Myös pesukoneen pinnoille kehittyy tiukka biofilmi. Olisikin tarpeellista keskustella siitä, aiheuttavatko pesukoneiden mikrobikasvustot terveysriskin ja millä tavalla tätä uhkaa voitaisiin torjua. Biofilmeistä emme pääse eroon, mutta oikeisiin pesukäytäntöihin, sekä koneiden huoltoon ja puhdistamiseen panostaminen vähentävät varmasti riskiä.

Elämäntapamme ja tottumuksemme vaikuttavat paljon siihen, minkälainen mikrobisto pesukoneeseen kulkeutuu. Asuinympäristömme mikrobistoa voisi verrata ihmisen geneettiseen jälkeen, joka on ainutlaatuinen.

5.1.2 Sisäilman mikrobit

Sisäilmassa on paljon erilaisia mikrobeja: bakteereita, sieniä, viruksia, homeitiöitä. Ne ovat peräisin ihmisestä, eläimistä, maaperästä, elintarvikkeista ja ulkoilmasta. Terveessä rakennuksessa kuiva huoneilma rajoittaa mikrobien kasvua, mutta kosteusvauriokohteissa pinnoille ja rakenteisiin voi kehittyä mikrobikasvustoa. Vauriokoh-

teesta voi siirtyä huoneilmaan oireita aiheuttavia mikrobien aineenvaihduntatuotteita tai hiukkasia. Yleensä nämä hiukkaset ovat kooltaan alle 5 µm ja kykenevät siksi leijumaan ilmassa ja tunkeutumaan hengityselimistöön. Mikrobien haitalliset aineenvaihduntatuotteet ja orgaaniset yhdisteet (VOC) aiheuttavat monenlaista oireilua niille altistuneille ihmisille.

Mikrobikasvustoja voi esiintyä myös ilmanvaihtokanavissa ja vesijohtoverkostossa, joista ne tai niiden tuottamat toksiniit kulkeutuvat sisäilmaan aiheuttaen oireita. Legionella on ehkä tunnetuin satunnaisia epidemioita aiheuttava sisäilmamikrobi. Homeet ja kosteusvaurioituneisiin rakenteisiin pesiytyneet bakteerit alkavat olla jo merkittävä kansanterveydellinen uhka. Kosteusvaurioindikaattoreina toimivat erityisesti aktinobakteerit ja eräät gram-negatiiviset sauvabakteerit (Indikaattorit 2008).

6 MIKROBIOLOGIA

Tässä mikrobiologian osuudessa käsitellään vain opinnäytetyön käytännön osuuden kannalta oleellisia mikrobiologian käsitteitä. Mikrobiologian peruskäsitteistöä ja työmenetelmiä, kuten steriloimista, steriilien työmenetelmien tärkeyttä, työturvallisuusnäkökohtia, maljojen valamista ja elatusaineiden valmistamista, ei tässä ole tarkoituksellisesti kuvattu.

6.1 Bakteerien perusidentifiointi

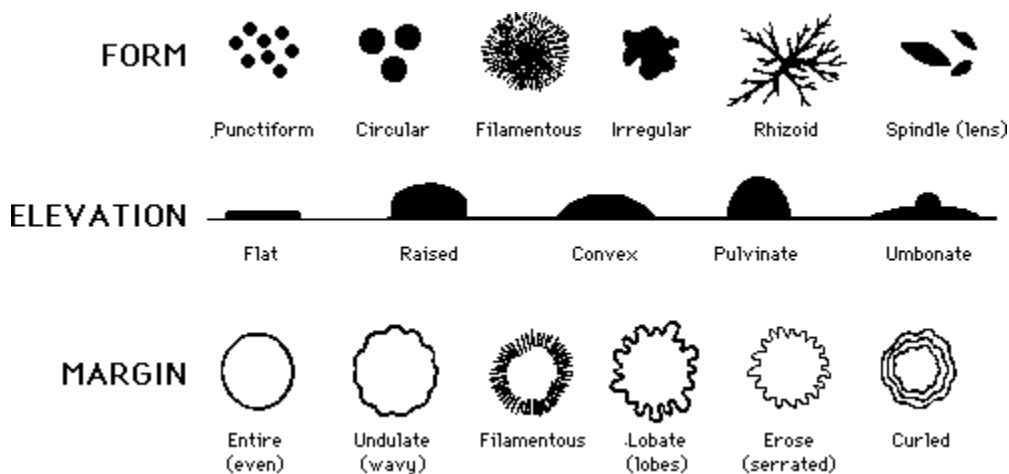
Yleisimmin identifioimisprosessi aloitetaan tekemällä näytteestä primääriviljelmä, josta eristetään puhtasviljelmiä. Identifioinnin perustana on pesäkemorfologia sekä bakteerin koko, muoto, liikkuvuus ja värjäytyvyys. Lisäksi tutkitaan hapen sietokyky sekä kapselin ja itiöiden muodostus. Nykyaikaiset bakteriologiset tunnistamismene-

telmät perustuvat usein hyvin selektiivisiin elatusmaljoihin ja bakteerin biokemialisiin reaktioihin. Myös erilaiset geenitekniikan sovellukset, kuten PCR, ovat nopeita ja tehokkaita menetelmiä. PCR ja serologiset testit eivät edellytä viljelmän valmistamista näytteestä ja säästävät siksi aikaa.

Bergey`s Manual of Determinative Bacteriology on mikrobiologian käsikirjasto, jonka avulla bakteerien identifioiminen voidaan suorittaa järjestelmällisesti ja luotettavasti.

6.1.1 Pesäkemorfologia

Morfologia on aiemmin ollut olennainen osa bakteriologista identifiointia. Selektiivisiä pesäkkeiden tunnistamishojeita ei kirjallisuudesta kuitenkaan löydy, vain yleistä tietoa pesäkkeiden erojen havainnoimisesta. Bakteeripesäkkeet poikkeavat toisistaan koon, värin, kasvutavan, muodon ja rakenteen perusteella. Tarkka, lajinmukainen tunnistaminen vaikuttaa kulkevan ”perimätietona” ohjaajalta ohjattavalle. Pesäkemorfologian perusteella identifioiminen vaatii ammattitaitoa ja vahvaa työrutiinia. Kuviossa 6 kuvia erilaisista pesäketyypeistä.



KUVIO 6. Pesäkemorfologia (Colony morphology descriptions 2010)

6.1.2 Värjästekniikat

Bakteerien värjäytyvyyttä on käytetty pitkään havainnoimisen tukena näytteitä mikroskoipoitaessa. Gram- ja itiövärjästekniikat ovat yhä rutiinitoimenpiteitä laboratoriotyöskentelyssä. Myös värjäämätön eli natiivinäyte on hyvä tutkia, koska siitä voidaan havaita mm. bakteerin liikkuvuus. Metyleenisini värjää kaikki bakteerit, ja ne on siten helppo erottaa solujen joukosta. Metyleenisini tuo myös esiin mahdollisen kapselinmuodostuksen.

Gramvärjäys perustuu bakteerien soluseinämärakenteen eroihin, minkä vuoksi Gram-positiiviset bakteerit värjäytyvät sinivioleteiksi ja Gram-negatiiviset punaisiksi. Tämä johtuu siitä, että bakteereiden soluseinämien peptidoglykaanimäärä vaihtelee. Gram-negatiivisilla on soluseinämässään enemmän lipideitä kuin peptidoglykaaneja, minkä vuoksi sininen väriaine huuhtoutuu niistä pois. (Salkinoja-Salonen 2002, 98–101.) Kaikki bakteerit, kuten tuberkuloosibakteerit eivät kuitenkaan värjäydy Gramtekniikalla. Gramvärjäys on sairauksien diagnosoimisessa hyödyllinen identifiointimenetelmä, koska eri tavoin värjäytyvät bakteerit ovat yleensä herkkiä erilaisille antibiooteille. (Mäkelä ym. 2000, 126.)

Itiöitä tuottavat bakteerit värjäytyvät myös Gramtekniikalla, mutta itse itiöitä ei vegetatiivivaiheen soluista saada sillä näkyviin. Sen vuoksi tehdään itiövärjäys, jossa objektilasille kiinnitetty näyte värjätään malakiittivihreällä ja kuumennetaan höyryttäen liekillä voimakkaasti ja jälki värjätään safraniinilla. Itiöt näkyvät tummina tai vihreinä ja bakteerisoluna punaisena. (Salkinoja 2002, 148.)

6.1.3 Oksidaasi – ja katalaasireaktio

Elektroninsiirtotapa soluhengityksessä vaihtelee bakteerien välillä. Oksidaasitestillä tutkitaan sytokromi c - oksidaasin esiintyvyyttä bakteerissa. Jotkut patogeeniset bakteerit, kuten Neisseria ja Pseudomonas, ovat oksidaasi-positiivisia ja tällä testillä ne on helppo erottaa muista Gram – negatiivisista sauvabakteereista, kuten enterobakteereista. Testissä tuoreelle mikrobiinäytteelle tiputetaan väritöntä N,N- dimetyyli-p-

fenyleenidiamiinia. Oksidaasipositiivinen bakteeri tuottaa sytokromi- c:tä, jolloin N,N- dimetyyli-p- fenyleenidiamiini hapettuu siniseksi. (Lim 1998, 166.)

Katalaasientsyymi hapettaa vetyperoksidin hapeksi ja vedeksi. Katalaasireaktio on bakteerien suoja-keino ympäristön vetyperoksidille, jota mm. maitohappobakteerit tuottavat. Katalaasitestiä onkin käytetty maidon laadun mittaamiseen. Katalaasites-tissä tiputetaan 3 % vetyperoksidia bakteerinäytteen päälle. Mikäli näyte alkaa kup-lia, siinä on katalaasipositiivisia bakteereita. (Salkinoja 2002, 206.)

6.2 Bakteerien kasvuolosuhdevaatimukset

Monet ulkoiset tekijät vaikuttavat bakteerien kasvuun: kasvualustan ja ravintoliuok-sen koostumus, pH, hapen määrä, lämpötila ja hapetus-pelkistyspotentiaali.

6.2.1 Lämpötila

Bakteerien kasvulämpötila-alue on – 15 - +105 °C. Useimmiten se on 30–40° C välillä, mutta tasalämpöisissä, kuten ihmisissä elävillä bakteereilla se on vieläkin selektiivi-sembi. Optimaalinen kasvulämpötila riippuu myös ympäristön muista vaikuttimista, kuten ravinteiden ja suolojen määrästä. Mikrobit jaetaan kasvulämpötilan mukaan kolmeen luokkaan: psykofiilit (-5- + 20 °C), mesofiilit (+10- + 45 °C) ja termofiilit yli 40 °C).

Optimaalisen kasvulämpötilan ala- ja yläpuolella kasvu hidastuu. Mikrobit kestävät hyvin jäädytystä, kun se tehdään oikealla tavalla. Pakkassäilytyksessä mikrobiviljel-mään lisätään glyserolia ja viljelmä säilytetään – 70 °C:ssa tai nestetyössä (- 196 °C) Yhdenkään patogeenisen mikrobin ei ole todettu pystyvän kasvamaan yli + 70 °C lämpötiloissa, vaikkakin monet lämpöä sietävät lajit kestävät keittämistä. (Salkinoja 2002, 194.)

6.2.2 Ravinteet

Bakteerit jaetaan autotrofisiin ja heterotrofisiin sen mukaan, tarvitsevatko ne orgaanisia yhdisteitä hiilen lähteeksi. Autotrofit ottavat tarvitsemansa ilman hiilidioksidista, mutta heterotrofit tarvitsevat yhden tai useamman orgaanisen hiilen lähteen. Hiilen lähteenä voi olla glukoosi, jokin muu sokeri tai hiilihydraatti. Lisäksi jotkut bakteerit tarvitsevat myös vitamiineja, aminohappoja ja muita nukleiinihappojen rakennusaineita. Joidenkin bakteerien elatusvaatimukset ovat niin monimutkaiset, ettei niitä siksi pystytä viljelemään.

Yleensä kasvualustat valmistetaan agar agarin avulla hyödyttämällä. Yleisimpiä alustoja ovat ravintoagar, jossa ei ole yleensä hiilihydraatteja ja siksi siinä kasvaa lähinnä bakteereita, sekä hapan mallas agar, missä kasvatetaan hiivoja ja homeita. Aktinomykeetit suosivat tärkkelyspitoisia alustoja. (Salkinoja 2002, 56–57, 78.)

6.2.3. Muut vaatimukset

Bakteerit jaotellaan myös niiden hapentarpeen perusteella. Aerobit tarvitsevat hapen energianlähteensä hapettamiseen. Ne eivät kykene kasvamaan anaerobisissa olosuhteissa. Ehdottomia, eli obligaatteja aerobeja ovat mm. pseudomonakset ja etikkahappobakteerit sekä epäorgaanisia aineita energianlähteenään käyttävät bakteerit. Obligaatteja anaerobeja, eli hapettomissa olosuhteissa viihtyviä bakteereita ovat mm. klostridit, sulfaattia pelkistävät bakteerit, bifidot, metaaniarkit ja fotosynteesittiset bakteerit. Anaerobit ottavat yleensä energiansa käymisestä. Fakultatiiviset aerobit pärjäävät sekä hapettomissa että hapellisissa olosuhteissa. Fakultatiiveja ovat mm. Salmonella, E. coli, ja useat Basillukset. Myös leiviniiva on fakultatiivi, vaikka se ei olekaan bakteeri. Jotkut aerobit, kuten maitohappobakteerit sietävät hieman hapen. (Salkinoja 2002, 196–197.)

Myös pH vaikuttaa bakteerien kasvuolosuhteisiin. Vain harvat bakteerit kestävät hapan ympäristöä, eivätkä ruokamyrkytyksiä aiheuttavat bakteerit käytännössä viihdy pH 3,5 alapuolella. Tähän perustuukin moni säilömismenetelmä. Turvallinen happosäilöminen edellyttää kuitenkin, että tuotteessa ei ole lainkaan hapen, koska mo-

net homeet ja sienet sietävät hapanta ympäristöä. Asidofiiliset bakteerit kasvavat jopa pH:n ollessa 1. Tällaisia bakteereita on löydetty vulkaanisista kuumista lähteistä, joissa pH on matala vulkaanisen rikkihapon vuoksi. Alkalifiilit, eli emäksisessä ympäristössä viihtyvät bakteerit kasvavat jopa pH:n ollessa 10,5. Tällaisia bakteereita on löydetty niin kalkkijärvistä kuin nestesaippuoistakin.

Bakteerit tarvitsevat yleensä hyvin kostean ympäristön. Vain harvat, kuten paperikoneiden pinnalla viihtyvä *Deinococcus* sietävät kuivuutta. Jotkut bakteerit sietävät myös hyvin suolaista ympäristöä, jopa 30–50 %, näitä nimitetään halofiileiksi. (Salakinoja 2002, 199–200.)

7 BIOFILMIT

Biofilmejä esiintyy yleisesti eri ympäristöissä, ja niiden toiminnasta on sekä hyötyä että haittaa ihmisille. Biofilmejä on opittu valjastamaan teollisuuden ja yhteiskunnan palvelukseen, mm. jätevedenpuhdistamoissa. Haitallisissa ympäristöissä, kuten vesijohtoverkostoissa ja elintarviketuotannossa biofilmit ovat haastava vastustaja, koska niitä on lähes mahdoton tuhota. Puhtaana vesijohtoihin laskettu juomavesi kulkee koteihimme biofilmien pinnoittamien putkien läpi.

Luonnossa ei juuri esiinny vapaana eläviä mikrobeja. Biofilmi on bakteerien suojakeino ympäristöä vastaan ja se on itse asiassa vain rykelmittäin johonkin pintaan tarttunut mikrobikasvusto. Se tarjoaa suojan niin kemikaaleilta, kuivuudelta, kuumuudelta, säteilyltä kuin saaliseläimiltäkin. Biofilmi on suojaisa kasvupaikka, kun ravinteita on niukasti tai virtaus on voimakasta. Biofilmejä esiintyy monissa paikoissa; suolinukassa, iholla, limakalvoilla, hampaistossa (plakki), äyriäisissä, kasvien lehdillä ja juuristossa. Myös eloton pinta voi toimia biofilmin alustana ja sitä kasvaakin mm. sydämen tahdistimissa, tekonivelissä ja katetreissa. Kivien, lasin, metallin ja muovin pinnalle

voi myös kehittyä biofilmi. Jotkut mikrobit, kuten *Deinococcus*, tarttuvat niin tiukasti elottoman aineen pintaan ettei sitä pysty millään kemikaalilla ja mekaanisella käsittelyllä poistamaan.

Biofilmin bakteerit tarttuvat pintaan fimbrioiden avulla, mutta myös niiden solupinnan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet edesauttavat tarttumista. Bakteeri voi myös erittää liimapolysakkarideja ja kapseliaineita jotka pitävät biofilmin paikallaan. Kaikki biofilmit eivät tartu yhtä hanakasti. Mikäli ravinteita on paljon saatavilla, eikä virtaus ole suuri, biofilmi on yleensä helposti irrotettavissa. Monien patogeenisten bakteerien fimbriat kykenevät tunnistamaan isäntäsolun reseptorin ja tarttumaan siihen. Tällainen on mm. *E. coli*, joka tunnistaa solun pinta-antigeenin munuaisissa. Joillakin ihmisillä ei ole tätä antigeenia ja he ovatkin resistenttejä *E. coli* aiheuttamille tulehduksille.

Luonnon biofilmeissä on useita mikrobilajeja. Tarttujabakteerit muodostavat ympärilleen yhdyskunnan, jossa erilaiset bakteerit kykenevät viestimään toisilleen. Viestintäjärjestelmän avulla ne voivat irrottautua ja vaihtaa paikkaa olosuhteiden niin vaatiessa. Bakteerit viestivät toisilleen laktonien avulla. (Salkinoja 2002, 461–467.)

Biokorroosiolla tarkoitetaan mikrobien aiheuttamaa korroosiota. Biofilmi edesauttaa korroosion kehittymistä. Pistekorroosiota kehittyy kloridien kerääntyessä biofilmin alle. *Desulfobacter* käyttää sulfaattia hapettimena ja aiheuttaa kasvaessaan raudan korroosiota. Myös bakteerien aineenvaihdunnan tuottamat orgaaniset hapot aiheuttavat korroosiota. (Mentu 2009.)

8 TYÖN TOTEUTUS

8.1 Prosessin vaiheet

Käytännön työn toteuttaminen alkoi aiheeseen liittyvän tiedon etsimisellä ja työmenetelmien suunnittelulla. Alkuvaiheen jälkeen valmistettiin tarvittavat elatusaineet ja reagenssit sekä otettiin näytteet pyykinpesukoneiden nukkasuodattimista.

8.1.1 Tiedonhaku

Aiheeseen liittyvää tieteellistä tutkimusaineistoa oli erittäin vaikea löytää. Mikrobiologian ja pesuainekemian kirjallisuutta oli toki saatavilla, mutta koska aiheeni oli laajempi ja halusin selvittää nimenomaan pyykinpesuaineiden, etenkin zeoliitin vaikutuksia pesukoneiden mikrobistoon, siihen liittyvää tietoa ei löytynyt mistään. Asiaa tuskin on koskaan aiemmin selvitetty. Käytin viikkoja järjestelmälliseen tiedonhakuun sekä kirjallisuudesta että internetistä. En löytänyt minkäänlaisia tutkimuksia edes siitä, minkälainen mikrobisto pesukoneiden sisälle muodostuu, saati että joku olisi selvittänyt, vaikuttaako pesuaineen koostumus mikrobikantoihin.

Zeoliittia on tutkittu hyvin vähän siihen nähden, kuinka laajassa käytössä se on ja kuinka moni ihminen sille altistuu. Joitakin tieteellisiä artikkeleita zeoliitin vaikutuksista löytyi, mutta oman käytännön tutkimustyöni toteutuksen ja tulosten kannalta niistä ei ollut apua. Saatavilla oleva tieto herätti enemmän kysymyksiä kuin antoi vastauksia.

8.1.2 Kasvualustat ja reagenssit

Käytännön työn toteutuksessa käytettiin pääosin tehdasvalmisteisia reagensseja. Elatusaineet ja maljat valmistettiin ja valettiin itse, kunkin reagenssin ohjeiden mukaisesti. Maljat steriloidtiin, säilytettiin ja valettiin steriilejä työmenetelmiä ja puhdas-tilaa käyttäen ja kaikista sarjoista tehtiin laadun varmistamiseksi nollanäytteet.

Työssä käytettiin seuraavia reagensseja

Plate Count Agar

Hi Fluoro Pseudomonas Agar Base

Les Endo Agar

3 % H₂O₂ – liuos

Oksidaasitesti- reagenssi (kaupallinen)

0,9 % NaCl-liuos

Laimennosliuos (itse valmistettu, Asumisterveysohjeen mukaisesti)

EtOH

Lugolin jodiliuos (itse valmistettu)

kongonpunaliuos (valmis)

malakiittivihreä (valmis)

safraniini (valmis)

Huckerin kristallivioletti (valmis)

8.1.3 Näytteet

Tutkittavia pesukoneita oli kaiken kaikkiaan kymmenen, mutta aikatauluihin liittyvien ongelmien vuoksi vain kahdeksan koneen näytteet tutkittiin täysin samalla menetelmällä. Tilastollisesti tuloksissa voidaan siis huomioida vain näiden täysin identtisillä menetelmillä tutkittujen näytteiden tulokset. Kahden muun koneen näytteet antoivat kuitenkin kiinnostavaa lisätietoa aiheesta kokonaisuudessaan.

Näytteet otettiin pyykinpesukoneiden nukkasuodattimista. Osa näytteistä otettiin itse, osa suodattimista tuotiin laboratorioon. Suodattimen irrottamisen ja kuljettamisen aiheuttama mahdollinen kontaminaatoriski oli näin pakko hyväksyä myös tuloksissa. Kokonaisuutta ajatellen se tuskin kovin suurta virheprosenttia lopputulokseen aiheutti. Suodattimet minulle tuoneet olivat kemian ja laboratorioalan ammattilaisia, mikä varmasti on vaikuttanut myönteisesti tapaan käsitellä tutkittavia näytteitä.

Suodattimista otettiin kaksi näytettä. Ne otettiin steriileillä, steriiliin veteen kostutetuilla pumpulipuikoilla sivellen. Toinen näyte otettiin useasta kohdasta, mahdollisimman sisältä suodattimesta siten, että siihen sai osua myös mahdollista näkyvää likaa ja nukkaa. Toinen, ns. biofilminäyte otettiin sen jälkeen, kun suodattimesta oli varovasti huuhdeltu viileän juoksevan kraanaveden alla näkyvä lika ja nukka pois. Sen jälkeen steriilillä pumpulipuikolla siveltiin suodattimen pintaa, jolloin mahdolliset biofilmiä muodostavat bakteerit tarttuisivat siihen. Pumpulipuikko vietiin steriiliin koeputkeen, jossa oli laimennosliuosta. Liuosta sekoitettiin, että puikosta irtoaisi mahdollisimman paljon näytettä liuokseen. Koeputki suljettiin.

Tutkitut suodattimet olivat malliltaan hyvin erilaisia. Joihinkin tarttui niiden rakenteen vuoksi erittäin paljon irtolikaa, osaan ei juuri mitään. Lähes kaikki olivat kuitenkin päällepäin limaisen näköisiä, jopa hieman värjäytyneitä. Kaikkia voisi luokitella ikävän hajuisiksi, mutta muutamassa oli voimakas viemärin ja koliformisten bakteerien haju.

Osa suodattimista tuli kotitalouksista, joissa oli kotieläimiä. Ulkoapäin tätä ei suodattimista voinut havaita, vaikka olisi voinut olettaa niiden olevan karvaisia.

Kaikista tutkituista suodattimista kirjattiin myös tiedoksi, mitä pyykinpesuainetta (zeoliittipitoinen/zeoliititon) pääasiallisesti käytettiin ja mistä vesi tuli pesukoneeseen; oma kaivo, kunnan vesijohtoverkko.

8.2 Työmenetelmät

Opinnäyte oli kvalitatiivinen tutkimus, minkä vuoksi työmenetelmissä, kuten näytteiden laimentamisessa, ei noudatettu analyttisen tarkkaa huolellisuutta.

Käytetyt menetelmät olivat perusmikrobiologiaa, ja työn tarkoituksena olikin mikrobiologisten työtapojen omaksuminen ja niiden hallitseminen ilman ulkopuolista ohjausta. Käytännön työssä keskeisiä huomioitavia asioita olivat:

- steriili työskenteleminen
- jätteiden asianmukainen hävittäminen
- kontaminaatoriskien tiedostaminen
- autoklavointi
- erilaisten kasvualustojen valmistaminen (PCA, Les Endo, HiFluoro Pseudomonas)
- laimennos ym. nesteiden valmistaminen
- maljojen valaminen
- erilaiset viljely - ja siveelytekniikat (harvennus, puolikas, pintaviljelmä)
- mikrobien kasvattaminen (lämpötila - ja ravinnevaatimukset)
- puhtasviljelmien valmistaminen
- pesäkemorfologia
- mikroskopointi
- Gramvärjäys
- itiövärjäys
- mikrobien aineenvaihduntaan perustuva analyysi (API 20 E, oksidaasi - ja katalaasireaktiot)
- Bergey's Manualin mukaisen identifioimisen teoreettiset perusteet

8.2.1 Kasvattaminen ja puhtasviljelmät

Näytteistä valmistetuista liuksista pipetoitiin steriilillä pipetillä 0,1 ml PCA, HiFluoro Pseudomonas ja Les Endo- maljoille ja levitettiin näyte steriilillä levityskolmiolla. Pseudomonasmaljoja kasvatettiin huoneenlämmössä, muita maljoja lämpökaapissa 37 °C lämpötilassa 1-3 vrk.

Maljoille kasvaneita pesäkkeitä tutkittiin tarkasti suurennoksella ja verrattiin erilaisen pesäkkeiden väriä, kokoa, rakennetta ja kasvatapaa. Kaikista PCA- maljoilla kas-

vaneista toisistaan poikkeavista pesäkkeistä tehtiin puhdasviljelmät jatkotutkimuksia varten. Les Endo- maljat tulkittiin suoraan ohjeiden mukaisesti koliformien määrittämiseksi. Pseudomonasmaljat tulkittiin ohjeiden mukaisesti UV-valossa.

8.2.2 Viljelymenetelmät

Työssä käytettiin kolmea erilaista siirrostusmenetelmää. Edellä kuvattua laimennosliuoksesta pipetin ja levityskolmion avulla siirrostamista käytettiin vain alkuperäisten näytteiden viljelemiseksi. Puhdasviljelmiä valmistettiin sekä puolikastekniikalla että harventamalla. Puolikastekniikassa steriilillä siirrostussilmukalla otettua näytettä sivellään elatusmaljan toiselle puoliskolle ja malja käännetään, jonka jälkeen sivellään samalla silmukalla myös toiselle puolikkaalle. Harvennustekniikassa yhden maljan viljelemiseen käytetään kolmea steriiliä siirrostussilmukkaa, jolloin uudella silmukalla sivellään vain hieman edellisen silmukan jättämän jäljen ylitse. Siirrostamisen loppuvaiheessa malja kontaminoituu vain hieman, jolloin bakteeripesäkkeet kasvavat harvakseltaan ja ovat irti toisistaan. Tämä mahdollistaa puhtaan, selektiivisen, vain tietyn pesäkkeen siirrostamisen uudelle maljalle.

Viimeiset puhdasviljelmät valmistettiin harvennusmenetelmällä kasvatetuista bakteeriviljelmistä. Muista erillään olevasta pesäkkeestä otettiin näyte steriilillä siirrostussilmukalla ja siveltiin harventaen PCA- maljalle. Tämä toistettiin niin monta kertaa, että saatiin spesifinen puhdasviljelmä. Puhdasviljelmiä säilytettiin jääkaapissa.

8.2.3 Pesäketunnistus ja mikroskopiointi

Pesäkkeitä analysoitiin värin, koon, rakenteen, kasvutavan, muodon ja kasvunopeuden perusteella. Erityyppiset pesäkkeet oli helppo oppia tunnistamaan ja silmä harjaantui pian erottamaan tavanomaiset patogeenit, limaa muodostavat ja harvinaisimmat pesäkkeet, mm. Bacilluksille tyypillinen pesäke oli helppo oppia tunnistamaan.

Puhdasviljelmästä otetusta pesäkkeestä tehtiin näytepreparaatit mikroskopointia varten. Natiivinäyte valmistettiin sivelemällä steriiliä keittosuolaliuosta ja näytettä objektilasille. Päälle laitettiin peitinlasi ja näyte tutkittiin öljyimmissiolla 100X suurennoksella. Tutkittiin mahdolliset muista näytteistä poikkeavat, yllättävät löydökset ja bakteerien laatu sekä liikkuvuus. Näytteestä tehtiin myös kumentaan kiinnitetty preparaatti Gramvärjäystä varten. Värjätty näyte mikroskojettiin 100X suurennoksella ja selvitettiin bakteerisolun koko, muoto, järjestäytyminen (ketju, diplo, tetra, yksittäin, rykelmittäin) ja värjäytyvyys. Itiövärjäyksiä tehtiin näytteille, joiden pesäkkeen kasvutapa oli Bacillukselle tyypillinen. Työn alkuvaiheessa tehtiin myös koeluonteisia värjäyksiä kongonpunalla, mutta siitä ei todettu olevan merkittävää hyötyä.

8.2.4 Muut tunnistamismenetelmät

Kaikista puhdasviljelmien näytteistä tehtiin oksidaasi – ja katalaasitestit. Joillekin näytteille tehtiin kasvatuskokeita eri lämpötiloissa, koska halutunkaltaista kasvua ei syystä tai toisesta ollut esiintynyt.

Deinococcusiksi määriteltäjä näytteitä kasvatettiin säteilynsietokyvyn selvittämiseksi UV-valossa radioduransin, ja erittäin korkeissa lämpötiloissa geothermaliksen indikoimiseksi.

Työn päätteeksi tehtiin API 20 E – analyysi biofilminäytteistä löydetyille Gram-negatiivisille sauvabakteereille. Syystä tai toisesta API epäonnistui useaan kertaan, eikä sen tuloksia voitu millään tavoin hyödyntää.

8.3 Tulosten analysoiminen

Tulokset määritettiin sen perusteella, esiintyikö selektiivisillä maljoilla kasvustoa ja mitä tietoa mikroskopoinnin, Gramvärjäyksen, oksidaasi - ja katalaasireaktioiden sekä pesäkemorfologian perusteella saatiin. Vastauksia haettiin vain yleisellä tasolla ja bakteerit pyrittiin identifioimaan heimon ja suvun mukaisesti.

Yleisimmät bakteerit, kuten ihmisen seuralaismikrobit ja patogeenit, pystyy kyllä tunnistamaan edellä kuvattujen menetelmien avulla, mutta biofilmeille tyypillisten Gram - negatiivisten sauvabakteerien identifiointiin tarvitaan biokemiallisia testejä, kuten API 20 E – menetelmää, mitä tässä työssä käytettiin.

Analyysi perustui täysin itsenäiseen tiedonhakuun kirjallisuudesta ja internetistä, sekä mikrobiologian peruskurssin materiaaliin. Internetissä on paljon luotettavia mikrobiologian sivustoja, joista löytyy sekä valokuvia pesäkkeistä että muuta tietoa. Myös Bergeys Manualin sisältämiä tunnistuskaavioita ja luokitteluohjeita on saatavilla, mutta täysin spesifinen identifiointi edellyttää tutustumista Bergeys Manualiin kokonaisuudessaan.

9 TULOKSET

Tuloksissa tulee huomioida se, että suodattimia ei käsitelty luotettavasti täysin samalla menetelmällä. Suodattimien irrottaminen ja kuljettaminen aiheuttivat kontaminaatoriskin, ja ennen biofilminäytteen ottamista tehty irtolian huuhteleminen tapahtui tavallisen kraanaveden alla.

Nopeasti ja nauhamaisesti toisiinsa kiinni kasvavista pesäkkeistä oli erittäin vaikeaa valmistaa puhtasviljelmä. Näissä tapauksissa maljalla on saattanut olla kaksi toisilleen läheistä lajiketta.

9.1 Taulukoiden tulkintaohje

Seuraavassa luvussa on suodatinnäytteiden tulokset taulukoituna. Taulukoissa kerrotaan jokaisen näytteen taustatiedot: pesukoneessa käytetty pesuaine, veden alkuperä, onko kotieläimiä ja näytteen aistinvarainen tulkinta. Mikrobiologisesta analyysistä taulukkoon on merkitty *Pseudomonas aeruginosa* ja koliformisten bakteerien esiin-

tyminen selektiivisillä maljoilla tutkittuna, PCA:lle viljeltyjen yleisnäytteen ja biofilminäytteen primäärimaljojen yleiskuvat sekä puhdasviljelmistä eristettyjen näytteiden analyysitulokset. Näytteet on merkitty samalla tavoin kuin käytännössä: ensimmäinen numero kertoo kyseessä olevan suodattimen numeron ja jälkimmäinen primääriviljelmästä eristetyn pesäkkeen numeron. Primäärimaljat on numeroitu suodattimen numerolla ja biofilminäyte merkitty B- kirjaimella. Esim. suodatin 1, primäärimaljat 1 ja 1 B sekä puhdasviljelmistä eristetyt näytteet 1.1, 1.2, 1.3.

Taulukon lopussa, kohdassa "tunnistus" arvio bakteerin lajista, mikäli mahdollista.

Suodattimien 2 ja 3 tulokset on tarkoituksella jätetty pois, koska niistä otetut näytteet analysoitiin puutteellisesti. Molemmissa näytteissä esiintyi kuitenkin huomattavan paljon Bacillus- lajin bakteereita, minkä vuoksi näille näytteille tehtiin useita itiövärjäyksiä. Toisessa näytteessä runsas Bacillusten esiintyminen johtui todennäköisesti siitä, että se oli peräisin taloudesta missä käytettiin omaa kaivovettä, ja pihatöitä tehtiin paljon.

9.2 Tulokset taulukoituna

TAULUKKO 2. Suodatin 1 tulokset.

Suodatin 1				
pesuaine	zeoliiton			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	ei eläimiä			
yleiskuva	nukkainen, limainen			
Pseudomonas	ei			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 1	Tylsä, homogeeninen, 4 selvästi erilaista pesäkelajia, kaikki harmahtavia tai vaaleita.			
biofilmi 1 B	Kuten yleisnäyte, mutta vallitseva laji limainen.			
pesäke	1.1	1.2	1.3	1 B
morfologia	maitomainen, pyöreä, kiinteä, kupera	suuri, likaisen valkoinen, ei mat-ta	likaisenruskea, nauhamainen	suuri, vaalea. "löntti"
oksidaasi	+	+	+	+
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	pyörii paikallaan	ei liikettä	ei liikettä	suuri, matomainen, uimari
Gram	- lyhyt, paksu sauva	- lyhyt, paksu sauva	- lyhyt sauva	- pitkä, ohut, ha- keutuu jonoon
tunnistus	?	?	?	Bacillus?

TAULUKKO 3. Suodatin 4 tulokset

Suodatin 4				
pesuaine	zeoliitton			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	ei eläimiä			
yleiskuva	siisti, nestepinnan alla			
Pseudomonas	ei			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 4	ruskehtava			
biofilmi 4 B	limainen, maitomainen, matta, värejä			
pesäke	4.1	4.2	4.3	
morfologia	pieni, harmaa, kiiltävä, maitomainen	iso, pyöreä, vaalea hileinen	iso, paistettu muna, rösöinen	
oksidaasi	-	-	-	
katalaasi	+	+	+	
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	
Gram	+	-	-	
	kokki	pieni sauva	iso sauva	
tunnistus	Staphylococcus epidermidis	Shigella/Klebsiella	Shigella/Klebsiella	
pesäke	4 B 1	4 B 2	4 B 3	
morfologia	punertava, rösöinen, pieni	keltainen, pyöreä, pieni	valkoinen, rösöinen	
oksidaasi	+	-	-	
katalaasi	?	+	+	
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	
Gram	-	-	-	
	pieni sauva	keskikokoinen sauva	keskikokoinen sauva	
tunnistus	?	Shigella/Klebsiella	Shigella/Klebsiella	

TAULUKKO 4. Suodatin 5 tulokset

Suodatin 5				
pesuaine	zeoliiton			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	ei eläimiä			
yleiskuva	siisti, uusi pesukone			
Pseudomonas	kyllä			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 5	homogeeninen, tylsä, pieniä pesäkkeitä			
biofilmi 5 B	suurempia pesäkkeitä, limainen			
pesäke	5.1.1	5.1.2	5.2.1	5.2.2
morfologia	suuri, vihertävä, limainen	suuri, punertava, rengasmainen, limainen	keskikokoinen, kiinteä, keltainen	suuri, läpinäkyvä, limainen
oksidaasi	-	+	-	-
katalaasi	+	-	+	+
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	- sauva keskikokoinen	- sauva ohut, pitkä	+ kokki	- sauva erittäin pieni tikku
tunnistus	Shigella/Klebsiella	?	Staphylococcus	Shigella/Klebsiella
pesäke	5.3.1	5.1 B	5.2 B 1	5.2 B 2
morfologia	suuri, samea, vihertävä, limai- nen	punertava, ren- gasmainen, rösoi- nen	suuri, rengasmai- nen, rösoinen	paistettu muna, limainen, vaalea
oksidaasi	-	+	+	+
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	- lyhyt sauva	- lyhyt sauva	- lyhyt sauva	- lyhyt sauva
tunnistus	Shigella/Klebsiella	?	?	?

TAULUKKO 5. Suodatin 6 tulokset

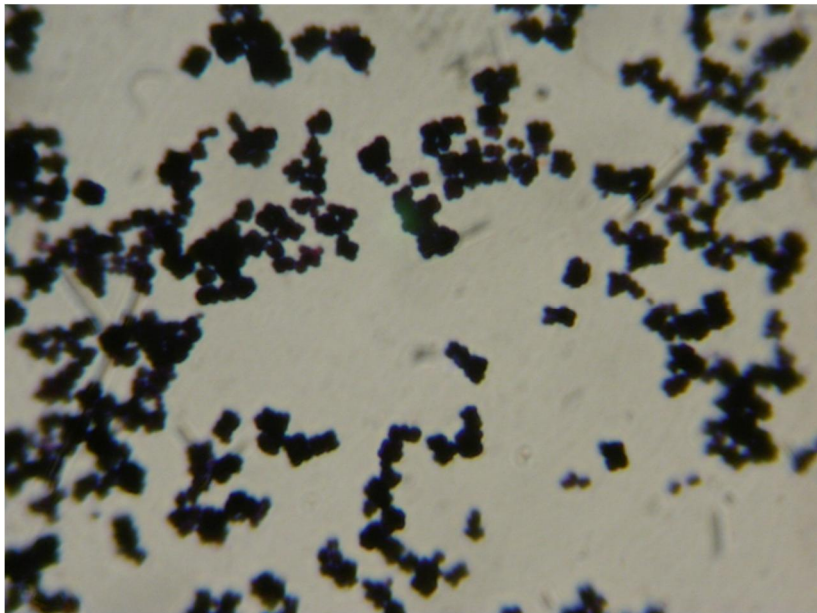
Suodatin 6				
pesuaine	zeoliititon			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	koira			
yleiskuva	siisti			
Pseudomonas	kyllä			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 6	Limainen, kiiltävä, harmaa			
biofilmi 6 B	Kuten yleisnäyte, mutta kellertävä.			
pesäke	6.1	6.2	6 B 1	6 B 2
morfologia	suuri, samea, harmaa	keltainen, kukka- kaalimainen	kellertävä, rösöi- nen	kiiltävä, pyöreä, läpinäkyvä
oksidaasi	+	-	+	-
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	liikkuu paikallaan	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	- pitkä, ohut sauva	+ kokki	- lyhyt sauva	+ kokki
tunnistus	?	Staphylococcus aureus	?	Staphylococcus epidermidis

TAULUKKO 6. Suodatin 7 tulokset

Suodatin 5				
pesuaine	zeoliittia sisältävä			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	koira ja kissa			
yleiskuva	nukkainen, limainen			
Pseudomonas	ei			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 5	paljon erilaisia pesäkkeitä			
biofilmi 5 B	limainen, täyteen kasvanut			
pesäke	7.1	7.3	7.4.1	7.4.2
morfologia	keltainen pyöreä	kellertävä, pyöreä	maitomainen, vaalea, pyöreä	vihertävä
oksidaasi	-	-	-	-
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	ei näy mitään	ei näy mitään	ei liikettä	ei liikettä
Gram	+	+	+	+
	kokki	suuri kokki	sauva	lyhyt sauva
tunnistus	Micrococcus?	Deinococcus	?	?
pesäke	7.5	7.6	7.7	7.8
morfologia	keltainen, rösöinen	aivomainen pesä- ke	homemainen	limainen nauha
oksidaasi	-	+	+	+
katalaasi	+	-	heikko +	+
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	+	-	+	kaksi lajia
	suuri kokki	keskikokoinen sauva	pitkä, itiöivä suuri sauva	
tunnistus	Deinococcus	?	Bacillus	?
pesäke	7 B 2	7 B 3	7 B 4	7 B 5
morfologia	limainen nauha	limainen nauha	homemainen	ruskehtava nauha

oksidaasi	-	-	-	-
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	ui vikkellästi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	- ketjuuntuva sauva	- erittäin pieni sauva	+ erittäin pitkä, ohut sauva	- lyhyt, pieni sauva
tunnistus	Enterobacteriaceae	Shigella/Klebsiella	?	Shigella/Klebsiella

Kuviossa 7 kuva Deinococcusista, joka löytyi suodattimesta nro. 7.



KUVIO 7 Deinococcus

TAULUKKO 7. Suodatin 8 tulokset

Suodatin 8				
pesuaine	ei tietoa			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	kissa, hevonen			
yleiskuva	nukkainen, limainen			
Pseudomonas	kyllä			
Koliformit	kyllä			
yleisnäyte 1	Kasvanut täyteen, pieniä pesäkkeitä			
biofilmi 1 B	Kuten yleisnäyte, mutta punertava.			
pesäke	8.1	8.2	8 B 1	8 B 2
morfologia	paistettu muna, limainen, kellertävä	limainen nauha, pieniä pesäkkeitä	leveä limainen nauha, haiseva	samea, ällöttävä, keskeltä tumma
oksidaasi	-	+	+	-
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	liikkuvia sauvoja	ei liikettä. jono- muodostusta	ei liikettä, ke- rääntyvät	pitkä, uimari
Gram	- ohut sauva	- pieni sauva	- pitkä sauva	- pitkä sauva
tunnistus	Enterobacteriaceae	?	?	Enterobacteriaceae

TAULUKKO 8. Suodatin 9 tulokset

Suodatin 9				
pesuaine	zeoliittia			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	koira			
yleiskuva	likainen, haisee viemärille			
Pseudomonas	kyllä			
Koliformit	kyllä			
yleisnäyte 5	homogeeninen, vaaleita pieniä pesäkkeitä			
biofilmi 5 B	kasvanut täyteen, limainen			
pesäke	9.1	9.2	9.3	9.4
morfologia	leveä vaalea nauha	keltainen, kimmeltävä nauha	samea vaalea nauha	keltainen, kimmeltävä nauha
oksidaasi	+	+	+	+
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä	ei liikettä
Gram	- erittäin pieni sauva	- sauva	- sauva	- sauva
tunnistus	?	?	?	?
pesäke	9.5	9 B 6	9 B 7	
morfologia	ruskehtava, nauhamainen	pumpulimainen, leveä, matta nauha	homemainen	
oksidaasi	+	+	+	
katalaasi	+	+	+	
natiivi	uimareita	ei liikettä	ei liikettä	
Gram	- sauva	- sauva	- lyhyt, paksu sauva	
tunnistus	?	?	?	

TAULUKKO 9. Suodatin 10 tulokset

Suodatin 10				
pesuaine	ei tietoa			
vesi	kunnan vesijohtoverkko			
eläimet	ei eläimiä			
yleiskuva	siisti, uusi kone			
Pseudomonas	ei			
Koliformit	ei			
yleisnäyte 10	kasvanut täyteen			
biofilmi 10 B	kasvanut täyteen, limainen			
pesäke	10.1	10.2	10.3	10 B
morfologia	harmaa limainen "löntti"	aivomainen, vaalea, vanhana keltainen	limainen, vaalea nauhamainen	ruskea, paistettu muna, vanhana keltainen
oksidaasi	+	+	+	+
katalaasi	+	+	+	+
natiivi	paksu, kerääntyy	ei liikettä	ei liikettä	pitkä, käyrä, matomainen
Gram	- kokki tai basilli	+ kokki tai hiiva?	- pieni, ohut sauva	- pitkä, ohut, taipuisa sauva
tunnistus	?	?	?	?

9.3 Analyysi

Näytteet sisälsivät yleisimpiä ihmisen seuralaismikrobeja, sekä etenkin biofilminäytteissä oli vallitsevana Gram -negatiiviset sauvabakteerit. Myös joitakin mielenkiintoisia löydöksiä tuli esiin, kuten säteilyä kestävä *Deinococcus* ja anthracista muistuttava, liikkumaton *Bacillus*, joka kuitenkin tyypitettiin *B.cereus*ksi. Gram -negatiiviset sau-

vabakteerit olivat odotettu löydös, ovathan ne tyypillinen laji akvaattisissa ympäristöissä. Strepto- ja diplokokit jäivät odotetusti puuttumaan, minkä vuoksi taulukoissa ei kokkibakteerien kohdalla ole mainittu solujen järjestäytymistapaa. Spirillejä tai spirokeettoja ei näytteistä (onneksi) löytynyt. Yksi mielenkiintoinen, melko selvä hiivalöydös oli, vaikka työn tarkoituksena ei ollut analysoida hiivoja, homeita ja alkueläimiä. Muutama selvittämätön bakteeri jäi vaivaamaan mieltä, koska pesäkemorfologia oli niin erikoinen, että identifioinnin olisi luullut olevan helppoa. Nämä löydökset jäivät kuitenkin arvoituksiksi.

Analyysi perustui Bergeys Manualiin ja Bacillusten sekä Enterobacteriaceae sukujen identifiointitaulukoihin. Gram -positiiviset kokkibakteerit tunnistettiin katalaasireaktion perusteella Staphylococcusiksi ja Micrococcusiksi. Staphylococcus epidermidiksen pesäke on harmaa, aureuksen lähes aina kullankeltainen. Micrococcusin ja Staphylococcusin erottaminen oli näillä menetelmillä vaikeaa. Deinococcus on erittäin suuri ja värjäytyy Gramtekniikalla violetiksi, mutta on oikeasti Gram- negatiivi. Deinococcus identifioitiin erittäin suuren, tetroina esiintyvän solumuodon perusteella. Deinococcusmaljoja myös säteilytettiin pitkään UV-valossa, minkä jälkeen toinen Deinococcus esiintymä jatkoi runsaasta säteilyannoksesta huolimatta kasvuaan. Myös Micrococcus hakeutuu tetroihin, mutta on huomattavasti Deinococcusta pienempi.

Enterobacteriaceae suvun bakteerit identifioitiin värjäytyvyyden, solumuodon ja oksidaasireaktion perusteella. Ne ovat Gram- negatiivisia, oksidaasinegatiivisia sauvabakteereita. Kaikki muut ovat liikkuvia, paitsi Shigella ja Klebsiella.

Gram- negatiivisten sauvabakteerien tarkempi identifioiminen epäonnistui API 20 E – systeemin pettäessä.

10 POHDINTA

Kiinnostus pesukoneisiin ja tekstiilihygieniaan syntyi omista lähtökohdista, havainnoista ja käytännön kokemuksesta. Uusi jätevesilaki, aloitteet fosfaattien kieltämiseksi ja mielenkiinto jätevedenpuhdistusta kohtaan antoivat lisäpontta työn käytännön toteutukseen. Intohimoinen asenne mikrobiologiaan ja analyttiseen kemiaan tekivät työn suunnittelemisesta, tiedonhakuprosessista ja laboratoriotyöskentelystä mielekästä.

Vallitseva energia- ja ympäristöpolitiikka, sekä ympäristönsuojelua painottava tiedottaminen ja mainonta ovat johtaneet tilanteeseen, missä näennäisenkin ympäristönsuojelun nimissä hyväksytään tietyt terveysriskit yksilötasolla.

AAA- luokan pesukoneen ostanut kuluttaja ostaa illuusion puhtaasta ympäristöestosta, vaikka pakkaa ostoksena bensasyöppöön tila-autoon ja ostaa viljeltyä lohta. Kalanviljely on suurempi ympäristöriski, kuin runsaasti vettä käyttävän pesukoneen ja fosfaattipitoisen pesuaineen käyttäminen.

Valtaosa jätevesistä päätyy jätevedenpuhdistamoihin. Siellä biologisen puhdistustyön hoitavat mikrobit, jotka tarvitsevat fosfaatteja ravinnokseen. Pyykinpesuaineiden sisältämät fosfaatit saadaankin lähes täysin poistettua jätevedestä.

Fosfaattikieltoa ajavat tahot perustelevat sitä Itämeren suojelulla. Olen samaa mieltä siitä, että Itämerta tulee suojella, mutta miksi tämä suuri ympäristöteko tulee aloittaa pesupulveripaketista, kun useat valtiot laskevat jätevetensä käsittelemättömänä Itämereen? Tai miksi ei ensin kielletä vesiekosysteemiä voimakkaasti kuormittavia kalanviljelylaitoksia? Sen sijaan tavallisen kuluttajan tulee osallistua Itämeren suojeleluun luopumalla turvallisesta, edullisesta ja tehokkaasta fosfaattipitoisesta pyykinpesuaineesta ja siirryttävä terveydelle haitalliseen zeoliittiin, jota pesuaineteollisuus on markkinoinut ympäristömerkillä, ja luonut vaikutelman ”terveellisestä” vaihtoehdosta. Zeoliitista ja sen vaikutuksista ei päättäjien tasolla edes keskustella. Ketäpä kiinnostaisi pyykinpesu?

Tekstiilihygienian nykyinen taso on heikompi kuin 50-luvulla. Pyykit vain pyöräytetään koneessa mahdollisimman viileässä pesuohjelmassa ja oletetaan sitten niiden olevan puhtaita. Ja jos herää epäily, että eivät ole, niin käytetään desinfiioivia pyykinpesuaineita.

Koska pesukoneessa ja pyykissä esiintyy nimenomaan ihmisen seuralaismikrobeja, myös patogeeneja, desinfiointiainepesun myötä kehittyy resistenttejä bakteerikantoja. Mikäli pyykki pestäisiin materiaalin niin salliessa ”luonnonmukaisesti” 60–95° C lämpötiloissa, kuuma vesi ja runsas huuhtelu eliminoisi automaattisesti bakteerit, eikä desinfiointiainetta tarvittaisi.

Opinnäytetyöni perimmäinen tarkoitus oli verrata fosfaatin ja zeoliitin vaikutuksia pesukoneisiin muodostuvaan mikrobistoon. Valitettavasti en pystynyt millään tasolla ratkaisemaan tätä pulmaa. Työn edetessä ymmärsin, että käytännön toteutuksen olisi täytynyt olla aivan erilainen, että olisin voinut analyysitasolla verrata eri pesuainesten vaikutuksia mikrobikantoihin. Tavallisten kotitalouksien pesukoneet ovat liian heterogeeninen tutkimuskohde, ja muuttuvia tekijöitä on liikaa. Mikäli haluttaisiin tutkia vain zeoliitin ja fosfaatin myötä muodostuvia mikrobikantoja, työ täytyisi tehdä kahdella uudella pesukoneella ja pestä niissä täysin samanlaisia näytteitä. Tämä lie-nee käytännössä mahdotonta.

Mietin erilaisia vaihtoehtoja työn edetessä ja otin myös näytteen pesupulveripaketista, ja yritin tuloksetta kasvattaa näytettä PCA- maljalla. Olin utelias tietämään, sisältääkö pesupulveri mikrobeja vai onko se steriiliä. Pohdin paljonkin zeoliittipitoisen pesupulverin koostumusta, koska pulveripaketissa voi olla jopa 35 % zeoliittia, jonka alkuperää emme tiedä. Onko se steriiliä? Mitä kaikkea siihen on adsorpoitunut? Itiöitä? Radionuklideja?

Vaikka en zeoliitin suhteen tuloksia saanutkaan, työ oli antoisa tekstiilihygienian suhteen. Pesukoneiden suodattimista otetuista näytteistä paljastui mielenkiintoinen maailma, joka johdatti minut biofilmien, biokorroosion, zeoliitin tukkimien viemäriputkien ja säärihaavaa sairastavan mummon Bacillusitiöitä ja radonia sisältävän zeoliittipölyn tarkkäämiin vuodevaatteisiin. Millä mummon jalan Stafylokokki häädetään, jos samat pöpöt pyörivät pesuohjelmasta toiseen ja kulkeutuvat zeoliittipölyn mukana aina takaisin haavaan? Ei ainakaan ympäristömerkillä.

Työ oli myös oppimistehtävänä antoisa. Sain kytkeä siihen luontevasti useita opintojeni aikana keskeisiä aihealueita, kuten mikrobiologiaa, pesuaineiden kemiaa, sisäilma-asioita, ympäristötietoutta, etiikkaakin.

Suuri intohimoni, mikrobiologia oli työn keskeisin osa-alue. Koska työskentelin käytännössä täysin ilman ohjausta, sain opiskella mikrobiologisen analyysin perusteet kantapään kautta. Vasta nyt, työn päätyttyä minulla alkaa olla käsitys siitä, millä tavoin työ olisi pitänyt tehdä. Aikatauluongelmien ja sairastelun vuoksi tapoin useita bakteeriviljelmiä ja jouduin useaan kertaan aloittamaan kaiken alusta. Nyt tiedän, että bakteeritkin tarvitsevat hoivaa ja huolenpitoa. Bacilluksia ja Clostrideja lukuun ottamatta. Asianmukainen työnohjaus olisi säästänyt minut monilta virheiltä ja työn lopputuloskin olisi kvalitatiivisesti pätevämpi. Tuhoutuneiden viljelmien ja virheellisten analyysimenetelmien vuoksi moni potentiaalinen uusi mikrobilöydös pääsi livahamaan analyysiseulasta.

Minulla oli suuria vaikeuksia irrottautua mikroskoopista ja alussa käytin tunteja yhden preparaatin tuijottamiseen. Tämä ei tietenkään kävisi päinsä, mikäli kyseessä olisi palkkatyö. Tästä tuijottelusta oli pakko opetella irtautumaan ja opetella asianmukaiset työruutiinit, että työ etenisi. Silmä kuitenkin harjaantui tunnistamaan hyvin pieniä eroavaisuuksia niin solumuodossa kuin pesäkemorfologiassakin. Tein kaiken kaikkiaan yli sata Gramvärjäystä ja satunnaiset itiö ym. värjäykset lisäksi.

Mikrobiologinen analyysi oli biokemiallisten osoitusreaktioiden kannalta hyvin puutteellinen. Koska minulla ei ollut käytössä Bergeys Manualia kokonaisuudessaan, eikä ohjausta ollut, etenin työssäni kuin kana pellossa. Yritin nokkia tietoa sieltä täältä; netistä, kirjoista, ohi kulkeneelta Juha Mentulta (iso kiitos hänelle!). Mikrobiologisen analyysin tulisi olla hyvin loogista, eikä identifioiminen onnistu ilman tietoa siitä MITÄ pitää tehdä. Löysin lopulta Bergeys Manualiin perustuvia identifioimiskaavioita, mutta minun olisi täytynyt taas aloittaa kaikki alusta, että olisin voinut tehdä kaikille näytteille täysin samat tutkimukset. Minulla ei myöskään ollut valtuuksia tilata reagensseja ja oksidaasitestiäkin jouduin odottelemaan monta viikkoa. Koska laboratorioissa ei ollut kaikkia tarvitsemiani selektiivimaljoja, identifioiminen kävi yhä työläemmäksi. Mitä enemmän opin ja ymmärsin, sitä enemmän tajusin työn toteutuksen menevän aivan muita polkuja kuin loogista analyysipolkua pitkin. Aivan tavalli-

setkin mikrobiologisen analyysin perusasiat, kuten Staphylococcusten identifioiminen koagulaasitestin avulla selvisivät minulle vasta lopullista analyysia tehdessäni. Siksi en analyysissa pysty luotettavasti erottamaan Micrococcusta Staphylococcusista.

API 20 E epäonnistui myös täysin. Syytän siitä vanhoja, kontaminoituneita reagensseja. Se tietenkään ei ole reagenssien vika, vaan omaa tyhmyyttäni, koska minun olisi täytynyt ajoissa tarkistaa reagenssien toimivuus ja tarvittaessa tilata uudet. Niinpä, mutta enhän minä saanut itse tilata mitään, eikä ohjaajakseni alun perin osoitettu henkilö tiennyt bakteerien identifioimisesta senkään vertaa kuin minä jo tiesin. Gram – negatiiviset sauvabakteerit jäivät sitten identifioimatta, mikä on harmillinen puute työn tuloksissa, koska juuri ne olivat vallitsevana löydöksenä suodattimiin kerääntyneissä biofilmeissä!

Toivottavasti joku muu tekstiilihygieniasta kiinnostunut jatkaa tutkimuksiani, koska en saanut riittävästi vastauksia. Etenkin zeoliitin vaikutuksista pyykin mikrobiologiseen laatuun kaivataan lisätietoa.

LÄHTEET

Ainesosien ympäristövaikutukset. 2006. Pyykinpesun tietopaketti. Teknokemian Yhdistys/ Kuluttajavirasto. Viitattu 19.11.2010. http://www.teknokem.fi/ainesosien_ymparistovaikutukset

Alitalo, K. Andersson, L. Teppo, L. Vaheri, A. 1985. Syövän biologia. Porvoo: WSOY, s.78.

Bell, R.G. 2001. What are zeolites. British Zeolite Association. Viitattu 19.11.2010. <http://www.bza.org/zeolites.html> <http://www.bza.org/>

Coetser, S.E. Cloete, T.E. Biofouling and biocorrosion in industrial water systems. http://www.up.ac.za/dspace/bitstream/2263/3477/1/Coetser_Biofouling%282005%29.pdf

Colony morphology descriptions. 2010. Virtual microbiology. Viitattu 19.11.2010. (http://inst.bact.wisc.edu/inst/index.php?module=book&func=displayarticle&art_id=119)

Fosfaattien kieltäminen pesuaineissa 2009. Ympäristöministeri Paula Lehtomäen vastaus kirjalliseen kysymykseen 18.6.2009. Eduskunta, hakupalvelut. Viitattu 19.11.2010. http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/kk_491_2009_p.shtml

Gudmundsson, A., Löndahl, J., Boghard, M. 2007. Methodology for identifying particle sources in indoor environments. Journal of Environmental Monitoring. Julkaistu 29.6.2007. http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b708731b&JournalCode=EM

EM

Guthrie, George D. Jr. 1992. Biological effects of inhaled minerals. American Mineralogist, Volume 77, pages 225-243,

Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. 2007. Sisäilmayhdistys. Päivitetty 28.2.2007. Viitattu 19.11.2010. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/hiukkasmaiset_epapuhtaudet/ <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/>

Hänninen, A. 1997. Fosfaatti ja zeoliitti pyykinpesussa. Pro gradu- tutkielma. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Helsingin yliopisto.

Högström, S. 2010 Silikoosi eli kivipölykeuhkosairaus. Terveys ja työkyky. Työterveyslaitos. Päivitetty 12.11.2010. Viitattu 19.11.2010. http://www.ttl.fi/fi/terveys_ja_tyokyky/ammattitaudit/esimerkkeja_ammattitaukeista/Silikoosi_kivipolykeuhkosairaus/Sivut/default.aspx

Indikaattorit. 2008. Sisäilmayhdistys. Viitattu 19.11.2010. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/ongelmien_tutkiminen/mikrobitutkimukset/in_dikaattorit/

Jantunen, M., Komulainen, H., Nevalainen, A., Tuomisto, J., Venäläinen, R., Viluksela, M. 2005. Selvitys elinympäristön kemikaaliriskeistä. Kansallisen kemikaaliohjelman taustaselvitys. Kansanterveyslaitoksen julkaisu. B 11/2005. Viitattu 19.11.2010. http://www.ktl.fi/attachments/suomi/osastot/ytos/yhteiset/selvitys_elinympariston_kemikaaliriskeista_ktl.pdf

Kemikaalilaki 14.8.1989/744 FINLEX – Valtion säädöstietopankki. Viitattu 19.11.2010. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1989/19890744>

Kotimaan myyntitilastot 2009. Teknokemian yhdistys RY. Lehdistöiedote.16.3.2010. Viitattu 19.11.2010. http://www.teknokem.fi/files/teknokemia/liitetiedostot/Tilastot_2009.pdf

Kulmala, I. Heinonen, K. Riipinen, H. Säämänen, A. Welling, I. 2004. Pölyn aiheuttamat haitat. Tietoverkko pölyntorjunnan avuksi. Julkaistu Työsuojelurahaston avustuksella. Tampereella 31.1.2004. Viitattu 19.11.2010. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_1_4.htm

Laiho-Logren, E. 2005 Pesuaineen valinnallakin voit säästää energiaa. Jyväskylän Energia- yhtiöiden asiakaslehti. jEnergia. 4/2005. Julkaistu 30.11.2005. Viitattu 19.11.2010. <http://www.jenergialehti.fi/index.php?id=12&articleId=17&teema=4>

Lim, D.1998.Microbiology. WCB / McGraw-Hill

Mentu, J. V. 2009 Paperin ja kartongintuotannon mikrobiongelmat, 04/2009

Mikrobien terveyshaitat .Sisäilmayhdistys. 2008. Viitattu 19.11.2010.

http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/mikrobien_terveyshaitat/

Mäkelä, P., Mäkelä, J., 2000. Mikrobit ja tautien torjunta. Vantaa: WSOY. 3-5. painos

Pesuaktiiviset aineet. 2006. Pyykinpesun tietopaketti. Teknokemian yhdistys/ Kuluttajavirasto. Viitattu 19.11.2010. http://www.teknokem.fi/pyykinpesun_tietopaketti
http://www.teknokem.fi/pesuaktiiviset_aineet

Pesukoneet pilataan liialla pesuaineella. 2010. YLE alueet/Helsinki. Julkaistu 13.8.2010. Viitattu 19.11.2010.

http://yle.fi/alueet/teksti/helsinki/2010/08/pesukoneet_pilataan_liialla_pesuaineella_1899560.html
http://yle.fi/ecepic/archive/00339/kone4_339299b.jpg

Pyykinpesun tietopaketti. 2006. Teknokemian Yhdistys/ Kuluttajavirasto. Viitattu 19.11.2010.

http://www.teknokem.fi/pyykinpesun_tietopaketti

REACH- EU:n uusi kemikaaliasetus. Valtion Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Päivitetty 26.2.2010.

Viitattu 19.11.2010. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=353305&lan=FI>
www.ymparisto.fi

Salkinoja-Salonen, M. 2002. Mikrobiologian perusteita. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Suontamo, T., Knuuttila, H., 1990. Siivousalan kemia. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Syöpää aiheuttavat aineet. FINLEX – Valtion säädöstietopankki. Viitattu 19.11.2010.

<http://www.finlex.fi/pdf/sdliite/liite/2177.pdf>

Särkkä, J. 1996. Järvet ja Ympäristö, limnologian perusteet. Tampere: Tammer-Paino Oy. Gaudeamus-Kirja.

Tekstiilien pesuaineet. 2010. Kuluttajavirasto. Päivitetty 9.4.2010. Viitattu 19.11.2010.

<http://www.kuluttajavirasto.fi/Page/057f9f67-a6ac-4ebe-8fa8-b7492e6218ba.aspx>

Terveys ja työkyky. 2010. Silikoosi. Työterveyslaitos, Päivitetty 27.04.2010. Viitattu 19.11.2010.

http://www.ttl.fi/fi/terveys_ ja_tyokyky/ammattitaudit/esimerkkeja_ammattitaudeista/Silikoosi_kivipolykeuhkosairaus/Sivut/default.aspx

Vaaramaa, K. 2003 Luonnon radionuklidien fysiko-kemialliset muodot porakaivosvesissä ja niiden erottaminen ioninvaihdolla. Väitöskirja. 3.5.2003. Radiokemia. Helsingin yliopisto.

<http://notes.helsinki.fi/halvi/tiedotus/vanhatvaitokset.nsf/504ca249c786e20f85256284006da7ab/2b096c8e027d99b2c2256e04002d3713?OpenDocument>

Yong Jae Shin, Chang-Soo Han, Chang Seok Lee, Hong-Sook Kim, Seong-Hee Ko, Seung Kyun Hwang, Seong-Gyu Ko, Jong Wook Shin, Sang-Kyu Ye, Myung-Hee Chung. 2010. Zeolite 4A, a Synthetic Silicate, Suppresses Melanogenesis through the Degradation of Microphthalmia-Associated Transcription Factor by Extracellular Signal-Regulated Kinase Activation in B16F10 Melanoma Cells. Biological & Phar-

maceutical Bulletin. Vol. 33 (2010) No. 172. Viitattu 19.11.2010.

http://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/33/1/33_72/article

Yun-Jo, Lee. Viitattu 19.11.2010. <http://hompri.sogang.ac.kr/zeolite/kgall2.htm>

Zeolite A. 2003. HERA. Risk assessments. Viitattu 19.11.2010. <http://www.heraproject.com/files/8-F-04-%20HERA%20Zeolite%20full%20V3%20web%20wd.pdf>

<http://www.heraproject.com/RiskAssessment.cfm?SUBID=8>

Zeolites. 2010. Statistics and information. Minerals Information. U.S. Geological Survey. Muokattu. 12.10.2010. Viitattu 19.11.2010. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zeolites/>

<http://www.usgs.gov/>