



**Työterveyslaitos**

Arbetshälsoinstitutet  
Finnish Institute of Occupational Health

# Asbestille altistuneiden työvaatteiden varustehuollon toimivuuden testaaminen

**Työterveyslaitos:**

**Juha Laitinen**

**Annika Lindström**

**Mika Jumpponen**

**Heli Lallukka**

**Pelastusopisto:**

**Marko Hassinen**





## Asbestille altistuneiden työvaatteiden varustehuollon toimivuuden testaaminen

Juha Laitinen, Annika Lindström, Mika Jumpponen, Heli Lallukka, ja Marko Hassinen





Työterveyslaitos

Työympäristö

PL 40

00032 Työterveyslaitos

[www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)

Toimitus: Juha Laitinen

Valokuvat: Juha Laitinen, Mika Jumpponen ja Marko Hassinen

© 2019 Työterveyslaitos

Julkaisu on toteutettu Työsuojelurahaston, Sakupe Oy:n, Lindström Oy:n, Pelastusopiston, Boliden Kylylahti Oy:n ja Työterveyslaitoksen tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-856-6 (nid.)

ISBN 978-952-261-857-3 (PDF)

PunaMusta Oy, Tampere 2019



## ESIPUHE

Tämä tutkimus sai alkunsa Pelastusopiston tarpeesta selvittää parhaimmat käytänteet pelastuslaitosten varustehuolloille, kun epäillään sammutusasun kontaminoituneen asbestikuiduille sammutustehtävän aikana.

Koska Pelastusopiston sammutusasujen huollosta vastaa Sakupe Oy, oli luonnollista, että yrityskumppani sammutusasujen testaukseen löytyi sieltä ja he olivat aiheesta kiinnostuneita erityisesti pesulan näkökulmasta. Lindström Oy oli myös samoihin aikoihin tiedustellut Työterveyslaitoksen mahdollisuutta selvittää työvaatteiden asbestikuitujen peseytymis- tehokkuutta. Kun aiempien selvitysten perusteella vielä tiedettiin myös kaivosteollisuu- dessa asbestikuiduilla kontaminoituneiden työvaatteiden pesun olevan haasteellinen, pää- tettiin nivoa edellä mainitut, selvittämistä tarvitsevat asiat, yhdeksi hankkeeksi. Kaivosteol- lisuuden edustajaksi hankkeeseen ilmoittautui Boliden Kylylahti Oy.

Tutkimusta rahoittivat ja tukivat Työsuojelurahasto, Työterveyslaitos, Pelastusopisto, Sa- kupe Oy, Lindström Oy ja Boliden Kylylahti Oy. Hankkeen saamasta rahallisesta ja aineel- lisesta tuesta haluamme kiittää lämpimästi kaikkia mukana olleita tahoja.

Kuopiossa 30.1.2019

Tutkimusryhmä

## TIIVISTELMÄ

”Asbestille altistuneiden työvaatteiden varustehuollon testaaminen” -hankkeessa ja siihen liittyneissä kehittämisavustushankkeissa arvioitiin asbestikuitujen kykyä tarttua sammutus-asuihin ja työtakkeihin. Hankkeessa arvioitiin myös työvaatteiden peseytymistehokkuutta pesukoneen erilaisilla täyttömäärillä. Samalla arvioimme myös pesukoneiden puhtautta kontaminoituneiden pyykkien pesun jälkeen ja likaantuneen pyykin aiheuttamaa ristiin kontaminaatiota. Pyykkien käsittelyn aikana mittasimme ilman asbestikuitupitoisuuksia, käsiteltäessä ne perinteisellä tavalla eli tarkistamalla sammutusasujen taskut ennen niiden pesua, ja toiseksi ”puhdas paloasema” -ohjeistuksen mukaisesti siirtämällä pyykki suoraan pesukoneeseen itsesulavissa pesupusseissa.

Keskimääräinen sammutusasujen asbestikuitukuorma kahden tunnin altistuksen jälkeen oli 100 kuitua neliösenttimetrillä, kun ilmapitoisuudet olivat altistuksen aikana keskimäärin 0,24 kuitua kuutiokesenttimetrissä. Vastaava työtakkien kuorma oli 460 kuitua/cm<sup>2</sup>, kun mukana oli myös prosessimiesten altistamat ja pidempään käytössä olleet työtakit.

Sammutusasujen ja työtakkien puhdistumistehokkuus pesuissa oli yli 99 %. Pesukoneen täyttömäärällä ei ollut vaikutusta sammutusasujen pesutulokseen ja niiden keskimääräinen asbestikuitukuorma oli alle 1 kuitua neliösenttimetrillä pesun jälkeen kaikilla täyttöasteilla. Pestäessä 20 työtakkia kerrallaan samassa koneessa niiden asbestikuitukuorma oli keskimäärin 3,3 kuitua neliösenttimetrillä pesun jälkeen.

Pesulan ilman asbestikuitupitoisuudet pysyivät pesun aikana alle puhtaan sisäilman ohjearvon käytettäessä itsesulavia pesupusseja. Perinteistä menettelyä käytettäessä keskimääräiset asbestikuitupitoisuudet olivat 20 % asbestikuitujen sitovasta kahdeksan tunnin raja-arvosta. Pesuveden asbestikuitupitoisuudet vähenivät työtakkien pesun edetessä. Sammutusasujen huuhteluvedessä pitoisuudet olivat alle miljoona kuitua kuutiodesimetrissä, kun taas työtakkien ensimmäisen huuhteluveden laskennalliseksi pitoisuudeksi arvioitiin 1,9 miljoonaa kuitua kuutiodesimetrissä.

Sammutusasujen pesun jälkeen pestiin kaikissa pesukoneissa t-paidat. T-paidoista ei löytynyt pesun jälkeen kohonneita asbestikuitukuormia. Työtakkien kuivauksen jälkeen kuivausrummun pyyhkäisynäytteestä ei löytynyt asbestikuituja. Myöskään kuivaushuoneen lattialta ei pyyhkäisynäytteissä löytynyt asbestikuituja sammutusasujen kuivauksen aikana.

Työvaatteiden asbestikuitukuorma kohosi korkeaksi lyhyessäkin ajassa, jonka vuoksi työvaate voi saastuttaa esimerkiksi sosiaalitalat käyttäjän varomattomalla käytöksellä. Tämän estämiseksi suosittelemme ensisijaisesti lyhytaikahaalareiden käyttöä työskennellessä as-



bestille kontaminoituneissa työympäristöissä, jolloin kevythaalari voidaan riisua työn jälkeen ja toimittaa se asianmukaisesti ongelmajätteisiin. Jos toimitaan perinteisillä pidempään käyttöön tarkoitetuilla työvaatteilla, suosittelemme niiden vaihtamista puhtaisiin jo yhden työvuoron jälkeen asbestikuitukuorman kumuloitumisen estämiseksi. Suosittelemme asbestille kontaminoituneille työvaatteille niiden paketoitua itseliukeneviin pesupusseihin, jotta varustehuollossa ei turhaan altistuttaisi asbestille. Vaatepusseihin tulee merkitä "sisältää asbestia" tarroilla. Työvaatteiden taskut kannattaa tyhjentää jo työpaikalla ennen pesupusseihin laittamista ja siinä vaiheessa vaatehuoltajan tulee käyttää vähintään kevytsuojahaalaria, FFFP3-luokan hengityksensuojainta ja suojakäsineitä. Ennen pyykkien lähettämistä pesulaan tulee pesulaa informoida vaatteiden asbestikontaminaatiosta ja samalla varmistaa, että pesula ottaa vastaan asbestilla kontaminoitua pyykkiä.

Hyvän pesutuloksen varmistamiseksi suosittelemme arvioimaan työvaatteiden likaantumistasetta suhteessa pesukoneen täyttöasteeseen. Työtakkien asbestikuitukuormat olivat neljä kertaa suurempia kuin sammutusasujen ja lisäksi niitä pestiin samanaikaisesti kaksikymmentä kappaletta. Käytetty asbestikuitukuorma ja täyttöaste näkyivät työtakeissa lievästi kohonneina keskimääräisinä asbestikuitukuormina. Näin ollen käytetty täyttömäärä ja riittävä pesuohjelma, joka sisältää tehokkaan esipesun ja vähintään kolme pesuvaihetta, ovat avainasemassa hyvän pesutehokkuuden luomisessa.

Tulosten mukaan pesukoneet puhdistuivat sammutusasujen pesussa hyvin ja sammutusasujen jälkeen pestyissä pyykissä ei havaittu kohonneita asbestikuitukuormia. Työtakeista löytyi lievästi kohonneita asbestikuitukuormia pesun ja kuivauksen jälkeen, mutta kuivausrummusta otetussa pyyhkäisy näytteessä ei kuitenkaan havaittu asbestikuituja, joten seuraavan pyykin kontaminaatio oli epätodennäköistä.

Hyvä pesulahygienia asbestille kontaminoituneiden työvaatteiden pesussa edellyttää pesukoneelta ja kuivausrummulta niiden poistoilman johtamista suoraan pesulasta ulos. Lisäksi poistoilma tulisi suodattaa HEPA-suodattimella ennen sen päästämistä ulkoilmaan. Pesun aikana työntekijät on oltava suojautuneena FFFP3-luokan hengityksensuojaimin, lyhytaikaalarein ja suojakäsinein vaatteiden purkamisen, pesujen, kuivauksen ja myös laitteistojen puhdistuksen ja huoltojen aikana. Erytystä huomiota on kiinnitettävä suojautumiseen rummun ja pesukoneen nukkasuodattimien puhdistuksessa. Lisäksi työntekijät on ilmoitettava syöpävaarallisille aineille altistuvien rekisteriin ja heidän terveydentilaa ja altistumista on seurattava säännöllisesti.

Hankkeen tulosten perusteella suosittelemme asbestille kontaminoituneille pyykeille ensisijaisesti pesulaa, jossa on oma pesu- ja kuivauslinjasto asbestikuiduille kontaminoituneille työvaatteille. Toinen vaihtoehto olisi tavallinen pesula, jossa tässä raportissa mainittuja varomääräyksiä noudatetaan.



## ABSTRACT

The project "The decontamination efficiency of water washing of asbestos contaminated personal protective clothing" analyzed asbestos fiber loads of firefighting garments and coveralls and their decontamination efficiency in the laundering process. The decontamination levels of clothes were evaluated with different filling rates of the washing machine. The cleanliness of washing machines after washing asbestos contaminated clothes were also measured and the potential risk for gross-contamination were evaluated. During the handling of the clothes, asbestos fiber concentrations from workers' breathing zone were measured. In the first set of measurements the clothes were handled conventional way, and in the second measurement personnel followed the "clean fire station" instructions, where clothes were packed into the self-melting washing bags at the workplace.

The average asbestos fiber load of firefighting garments was 100 fibers per square centimeter when the air concentrations in the test persons' breathing zone, outside respirator, was in average 0.24 fibers per cubic centimeter. The equivalent load of the coverall was 460 fibers/cm<sup>2</sup>. In this group was also included coveralls, which were exposed by refinery workers and coveralls, which were used longer than two hours.

The decontamination efficiency of firefighting garments and coveralls was more than 99%. According to the results the fill amount of washing machine did not affected on decontamination level of the firefighting garments. The average asbestos fiber load after washing was less than 1 fiber per square centimeter. After washing of twenty coveralls at the same time, an average asbestos fiber load was 3.3 fibers per square centimeter.

During the decontamination, the asbestos fiber concentration in the air of the laundry facility remained below 0.01 fiber/cm<sup>3</sup> when coveralls were packed into the self-melting washing bags. When the conventional method was used the average asbestos fiber concentration was 20% of the eight hours occupational limit value for asbestos fibers. Concentrations of asbestos fibers in rinsing waters were less than one million fibers per cubic decimeter, while the calculated concentration of asbestos fibers in the first rinsing water of coveralls was 1.9 million fibers per cubic decimeter.

After washing the firefighting garments, t-shirts were washed in all washing machines to test cleanliness of washing machines and gross-contamination risk after washing contaminated clothes. No elevated asbestos fiber loads were found from T-shirts. After drying of the coveralls, no asbestos fibers were found from the inside of tumble dryer. Also, asbestos fibers were not found from the floor of drying room after drying of firefighting garments.

Asbestos fiber loads of work clothes increased rapidly within a short period of time, which means that contaminated work clothes can contaminate for example social facilities if their



users are careless. To prevent that, the use of disposable coveralls is more recommendable while working on asbestos contaminated work environments for short periods of time. Those lightweight coveralls can be stripped off after work and properly dispose of. When working with long-term workwear, we recommend replacing them with a clean one after shift to prevent the accumulation of asbestos fibers in clothes. For the packing of asbestos contaminated work clothes, we recommend self-melting washing bags, to prevent unnecessary exposure to the laundry personnel. It is also advisable to empty the pockets of work clothes at the workplace before putting them into the self-melting bags. The person, who is doing that at the workplace must use lightweight overalls and FFFP3-class respirators and gloves. Before sending the contaminated work clothes to the laundry, sender must inform laundry about the asbestos contamination.

To ensure good decontamination result, we recommend evaluation of contamination level of clothes in relation to fill amount for washing machines and dryers. The average asbestos fiber of coveralls were four times higher than that of firefighting garments and in addition twenty coveralls were washed all at the same time. The asbestos fiber load of coveralls showed mildly elevated asbestos fiber loads compared to that of firefighting garments after washing. Thus, the used fill rate and sufficient washing program, including effective prewash and at least three main washes, play a key role in creating a good washing efficiency.

According to the results, the cleanliness of washing machines was good after washing of firefighting garments. Small amounts of fibers were found after the washing and drying of coveralls, but asbestos fibers were not detected in the tumble dryer, so contamination of the next laundry was unlikely.

Good occupational hygiene in laundry requires decontamination of asbestos fiber contaminated and clean clothes separately, to prevent gross-contamination of clean clothes. Also, laundries need effective local ventilation, where the air goes directly out of the laundry from the washers and dryers. In addition, the exhaust air should be filtered with the HEPA filter before being discharged into the outdoor air. Employees must use FFFP3 class respirators, lightweight coveralls and protective gloves during unpacking, washing, drying, and, also maintenance of equipment. Special attention must be taken on personal protective equipment during the cleaning of the lint screens of the drum and the washing machine. In addition, workers must be registered to the ASA-registry, which is for the workers who exposed to carcinogens agents in their work. In addition of that workers' health and exposure must to be monitored more effectively. Based on the results of this project, we prefer to use primarily laundry, which is specialized for asbestos-contaminated working clothes having own washing and drying line section for this. Another option can be the laundry where the precautionary recommendations mentioned in this report, are followed.





# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>TAUSTA.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>TAVOITTEET .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>AINESTO JA MENETELMÄT.....</b>	<b>13</b>
3.1	Aineisto .....	13
3.1.1	Sammutusasut.....	13
3.1.2	Työtakit.....	14
3.2	Menetelmät .....	15
3.2.1	Asbestikuidut .....	15
3.2.2	Ilman asbestikuidut.....	16
3.2.3	Työvaatteiden asbestikuidut .....	16
3.2.4	Pesu-, huuhtelu- ja vesijohtoveden asbestikuitupitoisuudet .....	17
3.2.5	Pyyhkäisy- ja materiaalinäytteet.....	17
3.2.6	Sammutusasujen ja t-paitojen pesuohjelmat .....	18
3.2.7	Työtakkien pesuohjelmat .....	18
<b>4</b>	<b>TULOKSET.....</b>	<b>19</b>
4.1	Sammutusasut.....	19
4.1.1	Käytettyjen sammutusasujen puhtaus ennen altistusta.....	19
4.1.2	Kuitujen irtoaminen sammutusasuista imurointikokeissa.....	19
4.1.3	Sammutusasujen altistaminen.....	19
4.1.4	Sammutusasujen imurointi ennen pesua.....	20
4.1.5	Sammutusasujen imurointi pesun jälkeen.....	21
4.1.6	Sammutusasujen pesun jälkeen pestyt t-paidat.....	22



4.1.7	Sammutusasujen huuhteluvedet, t-paitojen pesuvedet ja vesijohtovesi .....	22
4.1.8	Ilmapitoisuudet ja pyyhintänäytteet sammutusasujen käsittelyn aikana.....	22
4.2	Työtakit.....	22
4.2.1	Työtakkien altistaminen .....	22
4.2.2	Työtakkien imurointi ennen pesua.....	23
4.2.3	Työtakkien imurointi pesun jälkeen.....	25
4.2.4	Työtakkien pesu- ja huuhteluvedet.....	25
4.2.5	Ilma-, pyyhintä- ja materiaalinäytteet sammutusasujen käsittelyn aikana.....	26
<b>5</b>	<b>TULOSTEN TARKASTELU.....</b>	<b>27</b>
5.1	Imurointimenetelmä.....	27
5.2	Työvaatteiden asbestikuorma.....	27
5.3	Työvaatteiden peseytyminen.....	28
5.4	Pesukoneen ja rummun puhdistuminen.....	29
5.5	Ilman asbestikuitupitoisuudet pesun ja kuivauksen aikana .....	30
5.6	Tutkimuksen mahdolliset virhelähteet.....	30
<b>6</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>TOIMENPIDESUOSITUKSET .....</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>35</b>



# 1 TAUSTA

Rakennuspaloja on Suomessa vuosittain keskimäärin noin 6000 kappaletta (Pelastusopisto 2016). Näissä paloissa tuhoutuu rakennuksia, joissa on käytetty erilaisia asbestimateriaaleja esimerkiksi palonsuojauksessa, lämmön- ja ilmanvaihtokanavien eristeissä, akustisissa eristyksissä, pintamassoissa, julkisivulevyissä, sisäverhouslevyissä, kattolevyissä, vesi- ja viemäriputkissa ja ilmanvaihtokanavissa (Riala ym. 1993). Aikojen saatossa asbestia on käytetty 1920 - 1990 valmistuneissa rakennuksissa, joten on hyvin todennäköistä, että esimerkiksi palomiehet joutuvat tietämättään tekemisiin asbestin kanssa sammuttaessaan tulipaloja. Palomiesten altistumisesta asbestille onkin jo olemassa näyttöjä, esimerkiksi Pohjoismaisessa eri alojen syöpärisiä selvittelevässä tutkimuksessa todettiin yli 70 vuotiaalla palomiehillä olevan 2,6 -kertainen riski sairastua mesoteliomaan muuhun väestöön verrattuna (Pukkala ym., 2014). Myös amerikkalaisessa vastaavassa tutkimuksessa löydettiin samansuuntainen tulos (Daniels ym., 2014). Kysymyksiä onkin herännyt, millaista roolia sammutusajusten asbestipitoisuus näyttelee palomiesten asbestialtistumisessa?

Vastaavanlaisissa tilanteissa ollaan päivittäin myös kaivoksilla, joissa louhittavan kiven asbestimineraalit murskautuvat asbestikokoluokan kuiduiksi (Kähkönen ym., 2016). Joillakin kaivoksilla tarvitaan koko ajan asbestiriskien hallintaa, mutta sielläkään ei varusteiden huollon problematiikkaan ole täysin perehdytty. Työperäisen altistumisen seurauksena varusteiden mahdollinen asbestipitoisuus aiheuttaa kaivoksilla samoja kysymyksiä kuin pelastuslaitoksillakin. Kuinka kontaminoituneiden varusteiden kanssa tulisi menetellä, että ne eivät altistaisi työntekijöitä tarpeettomasti? Altistuvatko vaatteiden huollosta vastaavat työntekijät vaateista irtoaville asbestikuiduille pesuloissa ja varustehuolloissa? Käytettävissämme ei myöskään ole tutkittua tietoa, kuinka varusteet puhdistuvat asbestikuiduista Suomessa käytetyissä pesuprosesseissa? Lisäksi pelastuslaitoksilla on herännyt tarve tunnistaa asbestia sisältävät riskikohteet, jotta ennakolta pystyttäisiin varustautumaan mahdollisesti kontaminoituneen sammutusajusten jatkokäsittelyyn ja huoltoon sekä siihen tarvittaviin erikoistoimenpiteisiin. Varusteiden huollon on todettu vaikuttavan merkittävästi palomiesten kokonaisaltistumisen juuri valmistuneessa hankkeessa palomiesten altistumisesta operatiivisessa työssä (Laitinen ym., 2016).

Muutamia tutkimuksia maailmalla on tehty liittyen asbestikuitujen puhdistamiseen tekstiileistä normaaleissa pesuissa. Grosse tutkimusryhmineen totesi, että noin 10 % asbestikuiduista jäi tekstiileihin pesun jälkeen. Pesun todettiin myös katkovan asbestikuituja, jolloin niiden pituuden ja leveyden suhde muuttui, jonka vuoksi kuituja ei enää katsottu terveydelle vaaralliseksi (Grosse ym., 1998). Fabric Care Association (FCRA) antoi kuitenkin samoihin aikoihin jäsenilleen suosituksia, kuinka asbestille kontaminoituneita tekstiilejä tulisi pesussa käsitellä (Fabric Care Association 1998). He kiinnittivät jo tuolloin huomiota toiminnanharjoittajan vastuuseen ilmoittaa pesulalle etukäteen asbestille kontaminoituneiden työvaatteiden tulosta. Lisäksi pyykki piti



toimittaa pesulaan itsesulavissa pusseissa, joiden tuli olla merkitty ”sisältää asbestia” varoitusmerkinnöillä. Itsesulavat pussit tuli lisäksi pakata suojapusseihin niiden särkymisen estämiseksi. Asbestipitoinen pyykki tuli lajitella erikseen tavallisesta pyykistä ja rikkinäiset pussit, jotka sisälsivät asbestilla kontaminoituneita vaatteita, oli palautettava takaisin asiakkaalle. Jatkuvatoimisia Batch-tyyppisiä pesukoneita asbestilla kontaminoituneen pyykin pesuun ei saanut käyttää. Pesuvettä ei myöskään saanut kierrättää asbestille kontaminoituneita työvaatteita tai tekstiilejä käsittelevissä pesuloissa. Pesuohjelmiin suositeltiin jo tuolloin tehokasta esipesua, jotta Itsesulavat pussit aukeavat ja sen lisäksi suositeltiin vähintään kolmea pesua hyvän puhdistumistuloksen saavuttamiseksi. Tietty rumpukuivanlinja tuli varata vain asbestipyykille ja kuivain oli sijoitettava pesulan ulkopuolelle kauas pesulan raittiinilmanotosta. Rummun nukkasihdit tuli puhdistaa ennen ja jälkeen asbestipitoisen pyykin kuivauksen. Kerätty nukka piti toimittaa ongelmajätteisiin. Rumpukuivaimelle suositeltiin alitäyttöä kuivauksen ajaksi ja ilmapuhallusvaiheen käyttöä ei suositeltu (Fabric Care Association 1998). Vastaavassa Health and Safety laboratorion tutkimuksessa todettiin, että asbestikuidut puhdistuivat tekstiileistä hyvin ja kuidut eivät siirtyneet tekstiileistä toiseen pesun aikana. Mitatut ilman asbestikuitupitoisuudet pesulassa, käsiteltäessä pestyä pyykkiä, olivat alle 0,05 kuitua kuutiosenttimetrissä (HSE 2002).

Raportoitavissa tutkimus- ja kehittämisavustushankkeissa sovellettiin asbestimittaus- ja analysointitekniikkaa työvaatteiden asbestipitoisuuksien ja myös työvaatteiden puhdistustehokkuuden arviointiin pesuloissa. Hanke jaettiin rahoittajan toivomuksesta tutkimus- ja kehittämisavustushankkeiksi, joiden tulokset on koottu tähän raporttiin kokonaisuuden paremmin hahmottamiseksi. Tutkimushankkeessa keskityttiin asbestikuorman ja sen peseytymisen selvittämiseen. Kehittämisavustushankkeiden työhygieenisissä selvityksissä puolestaan keskityttiin pesuloiden työhygienian, kuitujen leviämisen ja pesukoneiden sekä kuivausrumpujen puhtauden selvittämiseen. Lisäksi tehtiin ohjeistus asbestille kontaminoituneiden varusteiden turvalliseen käsittelyyn.



## 2 TAVOITTEET

1. Tuottaa tietoa erilaisten kuitualtistumisten aiheuttamista asbestikuormista sammutusasuihin ja työtakkeihin. Arvioida asbestikuitukuormien puhdistustehokkuudet työvaatteista kahdessa sammutusasujen ja työvaatteiden varustehuoltoihin erikoistuneessa pesulassa.
2. Arvioida pesukoneiden täyttömäärän vaikutusta sammutusasujen puhdistustehokkuuteen pestäessä yksi, kaksi tai kolme sammutusasua kerrallaan. Arvioida työtakkien puhdistustehokkuutta pestäessä kaksikymmentä työtakkia kerrallaan samassa pesussa. Mitata pesu- ja huuhteluvesien asbestikuitupitoisuuksia erilaisten pesujen aikana.
3. Mitata ilman asbestikuitupitoisuuksia pesulassa sammutusasujen pesun aikana, kun ne käsiteltiin perinteisesti eli purettiin sulamattomista pesupusseista ja niiden taskut tarkastettiin ennen pesua. Mitata ilman asbestikuitupitoisuuksia pesulassa työtakkien pesun aikana, kun ne käsiteltiin puhtas pa-loasema -ajatuksen mukaisesti eli ne pakattiin ennen pesua saumastaan sulaviin muovipusseihin ja siirrettiin pusseissa suoraan pesukoneeseen.
4. Arvioida pesukoneen ja kuivausrummun puhtautta työvaatteiden pesujen jälkeen sekä arvioida seuraavaksi pestävän pyykin kontaminaatoriskiä.

## 3 AINESTO JA MENETELMÄT

### 3.1 Aineisto

#### 3.1.1 Sammutusasut

Kaksikymmentä sammutusasua (Viking ja Jyri) altistettiin asbestikuiduille rikastamolla (Boliden Kylylahti Oy). Kolme sammutusasusta imuroitiin ennen testien aloittamista niiden tausta-asbestikuitupitoisuuden varmistamiseksi.

Testattaviin sammutusasuihin (kuva 1) pukeutuneet Työterveyslaitoksen ja Pelastusopiston koehenkilöt kävelivät kahden tunnin ajan sovittua testirataa rikastamolla, altistaen sammutusasut mahdollisimman samalla tavalla ilmassa oleville asbestikuidulle.



*Kuva 1. Sammutusasujen altistaminen*

Sammutusasut jaettiin ennen pesua ja sen jälkeen imuroitaviin siten, että koehenkilöiden hengitysvyöhykkeeltä mitattujen ilman asbestipitoisuuksien keskimääräinen pitoisuus oli samanlainen molemmissa ryhmissä. Lisäksi eri valmistajan pukuja valittiin molempiin ryhmiin yhtä monta. Pestävien pukujen ryhmä jaoteltiin lisäksi kolmeen alaryhmään, joiden keskimääräinen altistus oli mahdollisimman samanlainen. Altistusten jälkeen sammutusasut pakattiin sulamattomiin muovipusseihin odotta-

maan imurointia. Sammutuspuvuista kuusi imuroitiin kahteen kertaan selvittääksemme kuinka hyvin ensimmäinen imurointi poistaa kuidut niistä. Kaiken kaikkiaan yksitoista sammutusasua imuroitiin ennen pesua ja yhdeksän pesun jälkeen.

Pesulassa mitattiin ilman asbestikuitupitoisuudet sammutusasuja käsitelleen henkilön hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta ja lisäksi kiinteistä mittauspai-koista sammutusasujen esitarkastuspisteestä, pesukoneiden vierestä ja kuivaushuoneesta yhteensä kuusi näytettä.

Esitarkastustyöpisteen ja kuivaushuoneen lattioilta otettiin lisäksi pyyhintänäytteet muovipusseihin asbestikuitujen leviämisen arvioimiseksi. Myös sammutusasujen esitarkastuksen aikana käytetystä säilytyspaljusta otettiin näyte, nihkeä pyyhinnän jälkeen.

Koneiden täyttömäärän vaikutusta pesutulokseen tutkittiin pesemällä eri määrä sammutusasuja samanaikaisesti. Yksittäin pestäviksi valittiin sammutusasut 8 ja 12. Kaksi pukua kerrallaan pestäviin valittiin sammutusasut 6 ja 11 sekä sammutusasut 2 ja 5. Kolme pukua kerrallaan pestäviin valittiin sammutusasut 15, 4 ja 17.

Jokaisesta pesusta otettiin huuhteluvesinäyte ja pesukoneiden puhtautta pesujen jälkeen arvioitiin pesemällä t-paidat villapyykkiohjelmalla jokaisessa koneessa (5 kpl). Pesuista otettiin pesuvesinäytteet (5 kpl) ja t-paidat imuroitiin pesun jälkeen. Yhtä t-paidoista ei pesty vaan se imuroitiin kolmeen kertaan.

Lisäksi myös pesussa käytetyn vesijohtoveden asbestipitoisuus tutkittiin.

### 3.1.2 Työtakit

Kahdeksantoista työtakkia (Dimex, Leijona ja Lindströmin pesulan oma malli) altistettiin asbestikuiduille Boliden Kylylahti Oy:n rikastamolla. Kuusi ensimmäistä työtakkien altistettiin testiradalla kaksi tuntia Työterveyslaitoksen koehenkilöiden toimesta. Seuraavat kuusi työtakkia jaettiin rikastamon prosessimiehille, jotka altistivat ne heidän normaaleissa prosessityötehtävissä. Näiltä kaikilta mitattiin altistusajan aikainen keskimääräinen asbestikuitupitoisuus heidän hengitysvyöhykkeeltään suojaimen ulkopuolelta. Kaikki kaksitoista asua edustivat Lindströmin pesulan omaa työtakkimallia. Viimeiset kuusi työtakkia (Dimex, Fristad ja Leijona) olivat pidempään altistuksessa olleita ja edustivat prosessin, kunnossapidon, työnjohdon ja laboratorion työntekijöiden työvaiheita. Työtakit pakattiin saumasta itsesulaviin pusseihin altistamisen jälkeen odottamaan imurointia. Kustakin ryhmästä puolet työtakeista imuroitiin ennen (yhdeksän kappaletta) ja toiset puolet pesun jälkeen (yhdeksän kappaletta).

Pesulassa ilman asbestikuidut mitattiin työtakkeja käsittelevien henkilöiden hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta. Samalla myös kiinteissä mittauspisteissä mitattiin asbestikuitupitoisuuksia vaatteiden esikäsitteystä, pesukoneiden vierestä ja kuivausrummun vierestä yhteensä kuusi näytettä.

Näiden lisäksi otettiin pyyhkäisynäyte muovipussiin kuivausrummun sisältä ja materiaalinäyte kuivausrummun nukkasuodattimelta. Pesukoneen puhdistumista arvioitiin vesinäytteiden avulla ensimmäisestä ja toisesta pesusta sekä välihuuhtelusta. Tämän jälkeen oli vielä huuhtelu, mutta siitä näytettä ei otettu, vaan sen pitoisuus arvioitiin laskennallisesti.

## 3.2 Menetelmät

Työterveyslaitoksen laboratoriotointi on Finas-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025. Akkreditoituun pätevyyssalueeseen sisältyvä toiminta ja toimipaikat toimitetaan pyydetessä, mutta ne ovat myös nähtävissä verkkosivuilla [www.finas.fi](http://www.finas.fi).

### 3.2.1 Asbestikuidut

Asbestilla tarkoitetaan Valtioneuvoston asetuksessa 798/2015 mainittuja kuitumaisia silikaatteja:

- aktinoliittiasbesti CAS No 77536-66-4
- amosiittiasbesti CAS No 12172-73-5 (mineraalinimi grüneriitti)
- antofylliittiasbesti CAS No 77536-67-5
- krysotiili CAS No 12001-29-5
- krokidoliitti CAS No 12001-28-4 (mineraalinimi riebeckiitti)
- tremoliittiasbesti CAS No 77536-68-6
- erioniitti CAS No 12150-42-8.

Mukaan tuloksiin laskettiin myös sellaiset amfibolikuidut, joiden kemiallinen koostumus oli niin lähellä asbestimineraalien koostumusta, että niillä voidaan olettaa olevan samankaltaisia terveysvaikutuksia kuin asbestilla. Kuitujen lukumäärään laskettiin kuidut, joiden pituus oli vähintään 5 µm, läpimitta korkeintaan 3 µm ja pituuden suhde läpimittaan vähintään 3:1.



### 3.2.2 Ilman asbestikuidut

Asbestikuitujen pitoisuus määritettiin kalvosuodattimelle kerätystä ilmanäytteestä elektronimikroskoopilla ja siihen liitettyllä energiadiispersiivisellä spektrometrillä (EDS) soveltaen standardia SFS 3868. Standardin mukaan kuitujen lukumäärään laskettiin kuidut, joiden pituus oli vähintään 5 µm, läpimitta korkeintaan 3 µm ja pituuden suhde läpimittaan vähintään 3:1.

Tulokset ilmoitettiin yksikössä asbestikuitujen lukumäärä kuutiosenttimetriä kohden (kpl/cm<sup>3</sup>). Menetelmän määräysraja oli 0,01 kpl/cm<sup>3</sup>. Työpaikan ilman asbestipitoisuuden tulee olla mahdollisimman alhainen ja aina pienempi kuin 0,1 kpl/cm<sup>3</sup> kahdeksan tunnin keskiarvona (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2018). Sisäympäristöissä kuten toimistoissa sekä kaikissa ns. puhtaissa tiloissa pitoisuuden pitää Työterveyslaitoksen suosituksen mukaan olla alle 0,01 kpl/cm<sup>3</sup>. Valtioneuvoston asetuksen 798/2015 mukaan pitoisuus puhtaissa tiloissa ei saa ylittää arvoa 0,01 kpl/cm<sup>3</sup>.

### 3.2.3 Työvaatteiden asbestikuidut

Työvaatteiden kuitupitoisuutta arvioitiin imuroimalla työvaatteet teholtaan 1200 W olevalla kotitalousimurilla Miele SGDE1 (Miele, Saksa). Imurissa käytettiin HyClean 3D Efficiency pölypussia (Miele, Saksa), jonka suodatustehokkuus on 99,9 %. Näytteet imuroitiin 90 mm membraanisuodattimille Nuklepore (Whatman, Iso-Britannia), jonka huokoskoko oli 0,4 µm. Pohjasuodattimena käytettiin 90 mm mikroselluloosa-suodatinta (Millipore Corporation, Yhdysvallat), jonka huokoskoko oli 0,8 µm. Imurointinopeus suodattimelle oli optimoitu 60 litraksi minuutissa, jonka suodattimet (kuva 2) pystyivät sietämään särkymättä. Asbestikuitujen pitoisuus määritettiin, kuten ilmanäytteistäkin. Tulokset ilmoitettiin yksikössä asbestikuitujen lukumäärä imuroitavaa neliösenttimetriä kohden (kpl/cm<sup>2</sup>).

Sammutusasujen ja työtakkien sekä t-paitojen pinta-alat mitattiin. Sammutusasujen ja työtakkien osalta eri koot otettiin huomioon siten, että kustakin ryhmästä mitattiin kolmea eri kokoa, joiden perusteella tehtiin verranto mitatun pinta-alan ja ryhmän vaatekoon välillä. Saatuja laskennallisia pinta-ala-arvioita käytettiin tulosten laskennassa muun kokoisille työvaatteille.



**Kuva 2.** Imurointi membraanisuodattimelle

### 3.2.4 Pesu-, huuhtelu- ja vesijohtoveden asbestikuitupitoisuudet

Pesu- ja huuhteluveden asbestikuitupitoisuuksia arvioitiin ottamalla pesukoneesta vesinäytteitä sammutusasujen ja työtakkien pesun aikana. Asbestikuitupitoisuus määritettiin elektronimikroskooppisesti laskemalla ja tunnistamalla kuidut kalvosuodattimelle suodatetusta vesinäytteestä. Asbestikuitujen pitoisuus määritettiin, kuten ilmanäytteistäkin. Tulokset on ilmoitettu yksikössä miljoonaa kuitua kuutiodesimetrissä vettä (m. kpl/dm<sup>3</sup>). Kyseistä määrittämissä on myös käytetty WHO:n raportissa arvioitaessa vesilaitosten tuottaman veden asbestipitoisuutta. Kanadassa 25 % tutkituista laitoksista ylitti tuon rajan, mutta tulokseen oli laskettu myös 1-5 µm kuidut mukaan (WHO 1996).

Vesijohtoveden puhtauden vuoksi sen määrittämissä on ilmoitettu yksikössä tuhatta kuitua kuutiodesimetrissä vettä ja siinä on mukaan laskettu myös 1-5 µm pituiset kuidut.

### 3.2.5 Pyyhkäisy- ja materiaalinäytteet

Pyyhintänäytteet otettiin pyyhkimällä ympärikäännetyllä Minigrip -muovipussilla mitattavaa kohdetta. Näytteenoton jälkeen pussi käännettiin takaisin oikein päin ja suljettiin. Edustava osa kerätystä pölystä suodatettiin tislattulla vedellä kalvosuodattimelle. Näyte analysoitiin kuten ilmanäytteetkin. Tuloksissa ilmoitettiin, sisältääkö näyte asbestikuituja vai ei.

Asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisiä olosuhteita käsittelevän STM:n asetuksen 545/2015 mukaan asbestikuitujen esiintymistä pinnoille laskeutuneessa pölyssä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä.

Materiaalinäyte kerättiin myös Minigrip-pussiin ja analysoitiin kuten yllä.

### 3.2.6 Sammutusasujen ja t-paitojen pesuohjelmat

Sammutusasut pestiin teollisuuspesukoneilla HS 6023 ja HS 6057 (Girbau, Espanja). Haalariohjelma käsitti kaksi 10 minuutin pesuvaihetta ja yhden minuutin tasonnoston 45°C lämpötilassa. Tason nostoon kuului lisäksi 3 minuutin linkous. Viimeisenä vaiheena oli 4 minuutin huuhteluvaihe 20°C lämpötilassa, johon kuului lisäksi 6 minuutin linkous. Käytetyt pesuaineet olivat Cool Star Blue, Cool Shine Blue, Power Classic ja Neutracetic. Käytetyt pesuaineet toimitti Oy Christeys Nordic Ab.

Koneiden puhtauden testaamiseksi samoissa pesukoneissa pestiin t-paitoja sammutusasupyökin jälkeen. Pesussa käytettiin villaohjelmaa, johon kuului varsinainen pesu 4 minuuttia 30°C lämpötilassa, desinfiointi 10 minuuttia ja huuhtelu 4 minuuttia. Käytetyt pesuaineet olivat Cool Care Blue, Cool Brite ja Neutracetic. Käytetyt pesuaineet toimitti Oy Christeys Nordic Ab.

Sammutuspuvut kuivattiin kuivaushuoneessa.

### 3.2.7 Työtakkien pesuohjelmat

Työtakit pestiin pesukoneessa Clarus (Electrolux, Ruotsi) ohjelmalla, johon kuului ensimmäinen pesu 65°C:ssa 4 minuuttia ja toinen pesu 12 minuuttia 75°C. Tämän jälkeen oli välilinkous ja lopuksi 4 minuutin huuhtelu sekä linkous. Pesuaineina käytettiin Power Delta Free, Mulan Mineral Bl ja Neutracetic. Käytetyt pesuaineet toimitti Oy Christeys Nordic Ab.

Työtakit kuivattiin kuivausrummussa Kannegiesser (Kannegiesser, Saksa) noin 100°C:ssa lämpötilassa.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Sammutusasut

#### 4.1.1 Käytettyjen sammutusasujen puhtaus ennen altistusta

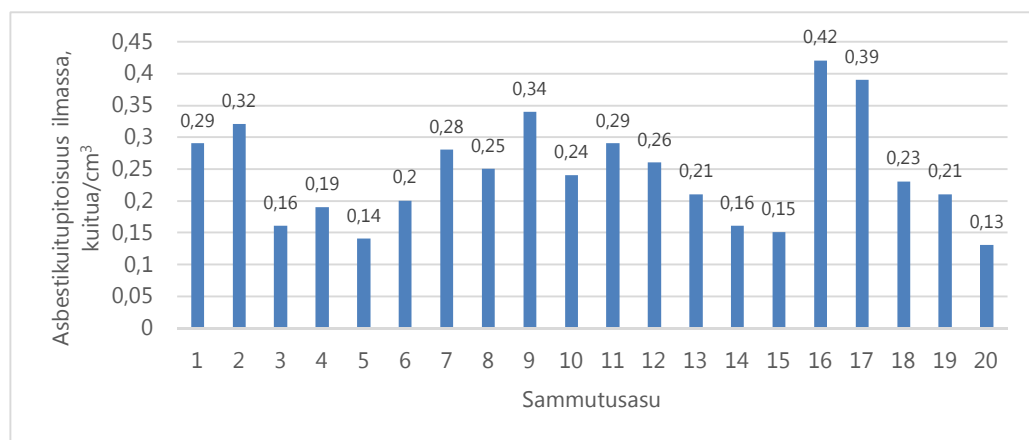
Kolme sammutusasu imuroitiin ennen altistamista niiden asbestikuitupitoisuuden taustatason selvittämiseksi. Kaikki mitatut pitoisuudet olivat alle 1 kuitua/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Kuitujen irtoaminen sammutusasuista imurointikokeissa

Kuusi altistettua sammutusasu imuroitiin kahteen kertaan arvioidaksemme kuinka hyvin ensimmäinen imurointi poistaa kuidut sammutusasun pinnalta. Ensimmäisen imurointikerran tehokkuus laskettiin jakamalla siitä saatu tulos kahden imuroinnin yhteistuloksella ja kertomalla kokonaistulos sadalla. Ensimmäisen imuroinnin tehokkuuden keskiarvo ja keskihajonta tehdyissä kokeissa oli keskimäärin 58 ±11 %.

#### 4.1.3 Sammutusasujen altistaminen

Kuvassa 3 on esitetty sammutusasujen altistuksen aikana koehenkilön hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta mitatut keskimääräiset asbestikuitupitoisuudet. Kaikkien altistusten keskiarvo ja tulosten keskihajonta olivat 0,24±0,08 kuitua kuutiosenttimetrissä.



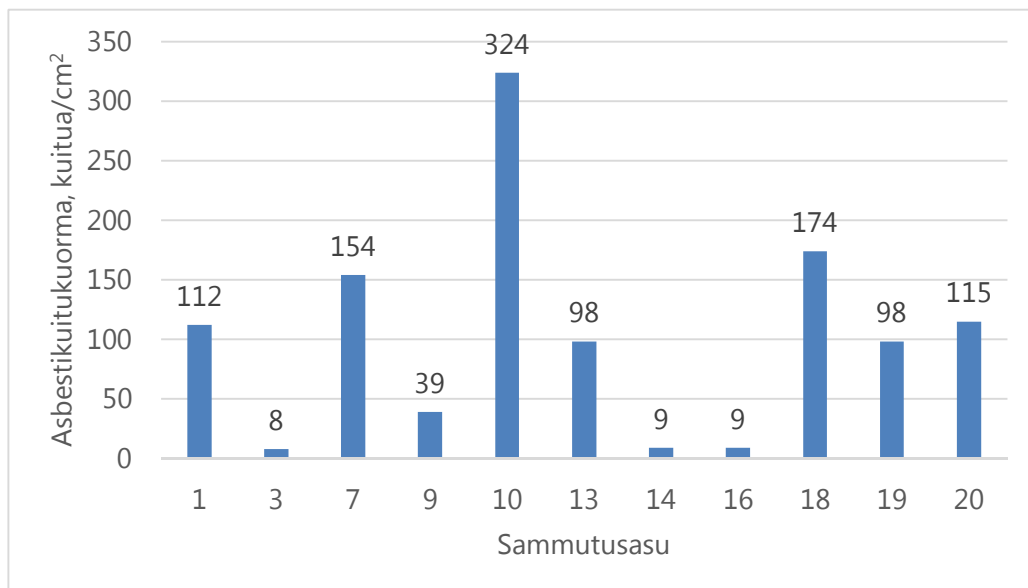
**Kuva 3.** Keskimääräiset koehenkilöiden altistustasot mitattuna heidän hengitysvyöhykkeeltä suojaimen ulkopuolelta.

Pelkästään TTL:n tutkijoiden altistamien sammutusasujen (3, 14, 16, 20), jotka imuroitiin ennen pesua, keskimääräinen altistus oli 0,22 kuitua/cm<sup>3</sup>. Tätä tulosta käytettiin myöhemmin vertailtaessa sammutusasujen ja työtakkien asbestikuitujen keräystehokkuutta. Kaikki sammutusasut jaettiin altistusten perusteella ennen pesua imuroitaviin ja pesun jälkeen imuroitaviin. Ennen pesua imuroitavien asujen keskimääräinen altistus ja altistusten keskijajonta olivat 0,24±0,09 kuitua kuutiosenttimetrissä ja pesun jälkeen imuroitavien vastaavasti 0,24±0,08 kuitua kuutiosenttimetrissä.

Pesuihin sammutusasut jaoteltiin myös mitattujen asbestikuitu-altistusten avulla. Yksittäin pestäviksi valittiin puvut 8 ja 12 ja niiden altistumiset olivat 0,25 kuitua/cm<sup>3</sup> ja 0,26 kuitua/cm<sup>3</sup>. Kaksi pukua kerrallaan pestäviin valittiin puvut 6 ja 11, joiden keskimääräinen altistuminen oli 0,25 kuitua/cm<sup>3</sup> sekä puvut 2 ja 5, joiden keskimääräinen altistuminen oli 0,23 kuitua/cm<sup>3</sup>. Kolme pukua kerrallaan pestäviin valittiin puvut 15, 4 ja 17, joiden keskimääräinen altistuminen oli 0,24 kuitua/cm<sup>3</sup>. Ryhmiin jakamisella testattiin koneiden täytömäärän vaikutusta pesutulokseen.

#### 4.1.4 Sammutusasujen imurointi ennen pesua

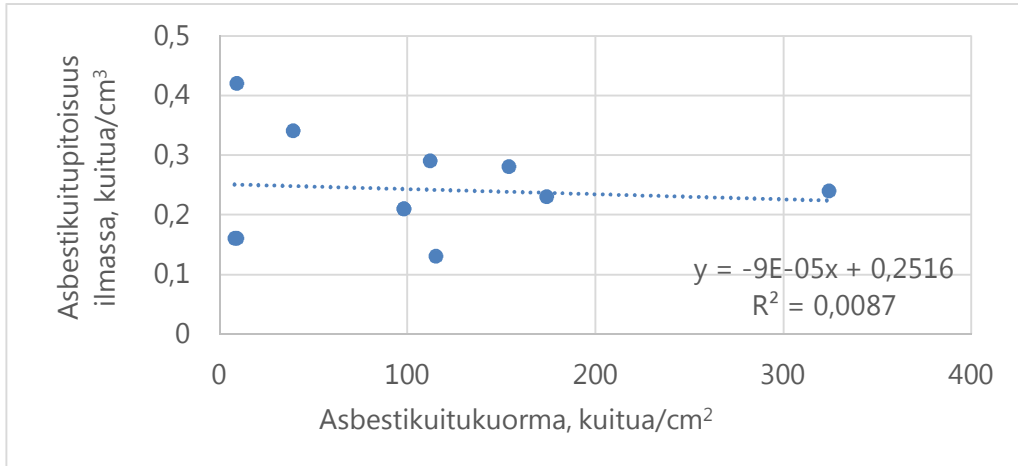
Kuvassa 4 on esitetty sammutusasujen imurointitulokset ennen pesua. Keskimääräinen imurointitulokseksi ja tulosten keskijajonta olivat 104±94 kuitua neliösenttimetrillä.



Kuva 4. Sammutusasujen asbestikuitukuormat ennen pesua.

Pelkästään TTL:n tutkijoiden altistamien sammutusasujen (3, 14, 16, 20) keskimääräinen asbestikuitukuorma oli 35 kuitua/cm<sup>2</sup>.

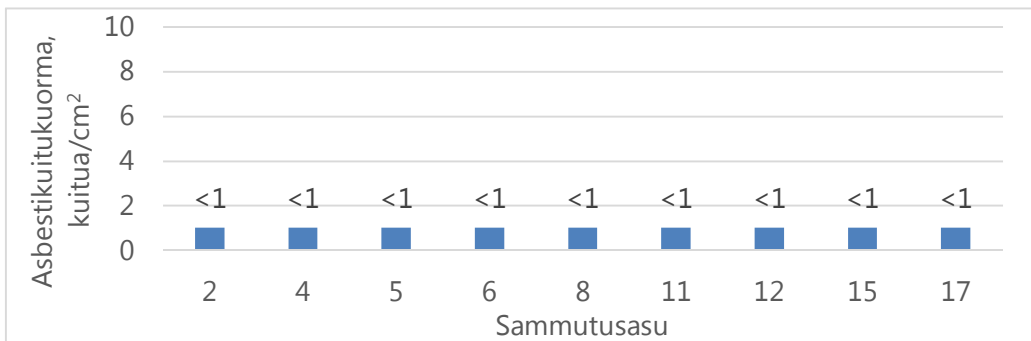
Keskimääräisten asbestikuitu-altistusten ja sammutusasujen asbestikuitukuorman välillä ei havaittu korrelaatiota, kuten kuvasta 5 näkyy.



**Kuva 5.** Sammutusasujen keskimääräisten asbestikuitu-altistusten ja altistuksen aiheuttaman asbestikuitukuorman välinen korrelaatio ennen pesua.

#### 4.1.5 Sammutusasujen imurointi pesun jälkeen

Kuvassa 6 on esitetty sammutusasujen asbestikuitukuormat pesun jälkeen. Keskimääräinen asbestikuitukuorma oli alle 1 kuitua neliösenttimetrillä, joten verrattuna tuloksiin ennen pesua pesutehokkuus oli enemmän kuin 99 %.



**Kuva 6.** Sammutusasujen asbestikuitukuorma pesun jälkeen.

#### 4.1.6 Sammutusasujen pesun jälkeen pestyt t-paidat

Sammutusasujen jälkeen pestyjen t-paitojen asbestikuitukuormat pesun jälkeen eivät poikenneet puhtaasta pesemättömästä t-paidasta, joten asbestijäämiä sammutusasupyypistä koneeseen ei jäänyt, eikä siirtynyt seuraavaan pyykkiin.

#### 4.1.7 Sammutusasujen huuhteluvedet, t-paitojen pesuvedet ja vesijohtovesi

Sammutusasujen hyvää pesutulosta tuki myös niiden huuhteluvedestä analysoidut asbestikuitupitoisuudet, jotka kaikki olivat alle miljoona kuitua kuutiodesimetrissä. Samalla tavalla koneen puhdistumista tukivat t-paitojen pesuvedestä otetut näytteet, jotka olivat myös alle miljoona kuitua kuutiodesimetrissä. Vesijohtoveden asbestikuitupitoisuus määritettiin myös ja se oli vähemmän kuin 1000 kuitua kuutiodesimetrissä.

#### 4.1.8 Ilmapitoisuudet ja pyyhintänäytteet sammutusasujen käsittelyn aikana

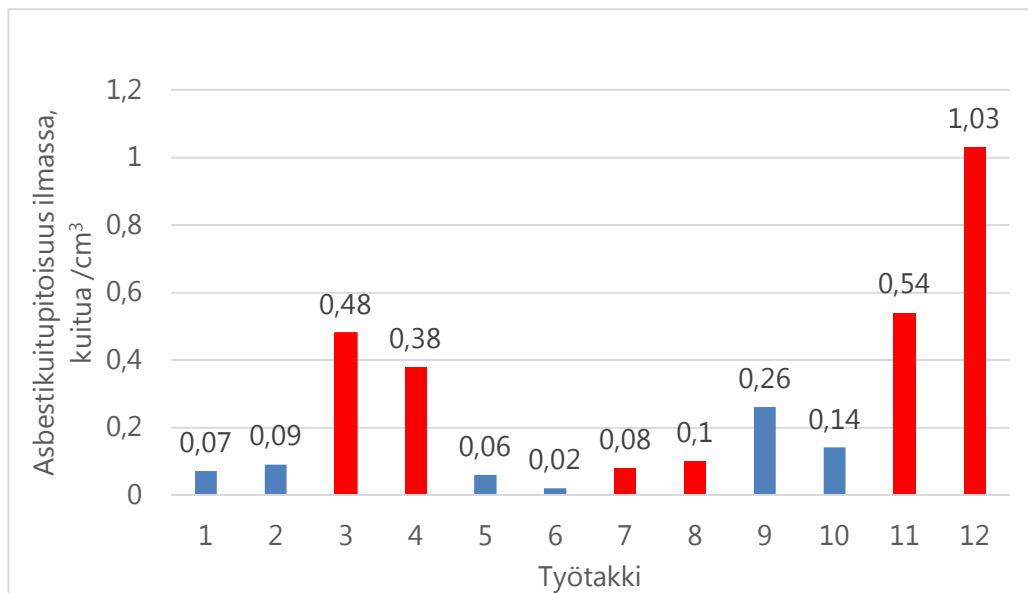
Kaikki sammutusasujen pesun ja kuivauksen aikana mitatut pitoisuudet kiinteissä mittauspisteissä (4 kpl) olivat alle 10 % asbestin kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetun sitovan raja-arvon. Sen sijaan pesulatyöntekijän hengitysvyöhykkeellä, joka tarkasti kaikki yhdeksän sammutusasua ennen pesua käyden läpi jokaisen sammutusasun taskun, mitattiin asbestikuitupitoisuus 0,02 kuitua/cm<sup>3</sup>, joka on 20 % asbestin kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetusta sitovasta raja-arvosta (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2018). Käsittelytyöpisteen ja kuivaushuoneen lattioilta otetuissa pyyhintänäytteissä ei löytynyt asbestikuituja. Kuituja ei löytynyt myöskään esikäsitellyssä käytetyistä paljasta pyyhinnän jälkeen.

## 4.2 Työtakit

### 4.2.1 Työtakkien altistaminen

Kuvassa 7 on esitetty työtakkien altistustulokset. Työtakkeja altistettiin kahden tunnin altistuskierroksella tutkijoiden toimesta kuusi kappaletta ja rikastamon prosessimiesten toimesta toiset kuusi kappaletta. Näiden lisäksi testeihin otettiin mukaan kuusi pidempään altistuksessa ollutta työtakkia työnjohdosta, varastosta, laboratorion, kunnossapidosta ja rikastamon prosessimiehiltä. Tavoitteena oli saada kuvaa todellisesta takkien altistumislanteesta kahden tunnin kokeellisen altistamisen lisäksi. Kahdentoista työtakin keskimääräinen altistuspitoisuus ja keskihajonta olivat 0,27±0,30 kuitua kuutiosenttimetrissä. Kuuden prosessimiehen normaaleissa työtehtävissä altistamien takkien (3, 4, 7, 8, 11 ja 12)

keskimääräinen altistus oli 0,43 kuitua/cm<sup>3</sup>, kun taas tutkijoiden kaikkien takkien (1, 2, 5, 6, 9, ja 10) keskimääräinen altistus testikierroksen aikana oli 0,11 kuitua/cm<sup>3</sup>. Tutkijoiden altistamien, ennen pesua imuroitujen, työtakkien (1, 5 ja 9) keskimääräinen altistus oli 0,13 kuitua/cm<sup>3</sup>, jota käytettiin työvaatemateriaalien asbestikeräystehokkuuden vertailussa.

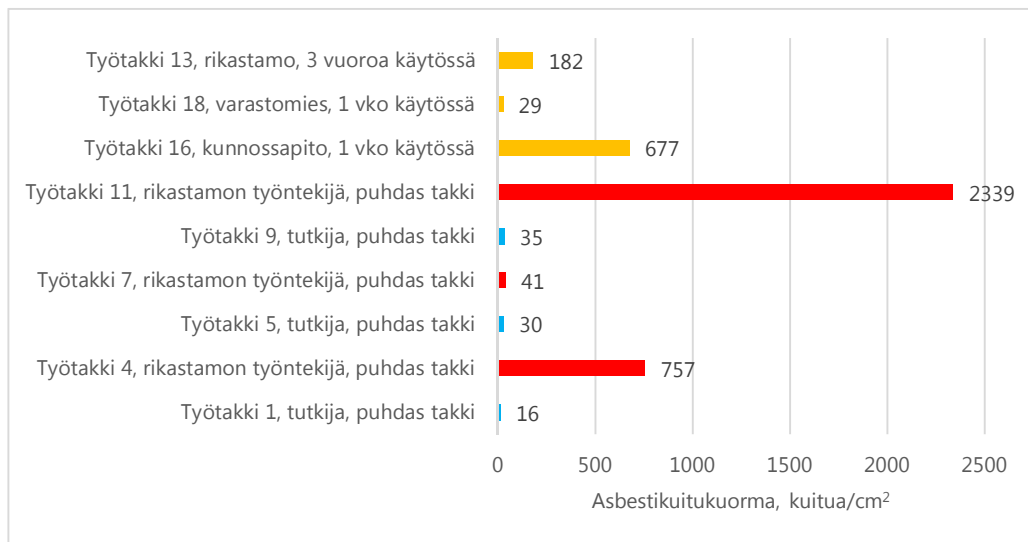


**Kuva 7.** Työtakkien keskimääräiset altistukset tutkijoiden (sininen) ja rikastamon prosessimiesten (punainen) hengitysvyöhykkeellä suojaimen ulkopuolella.

#### 4.2.2 Työtakkien imurointi ennen pesua

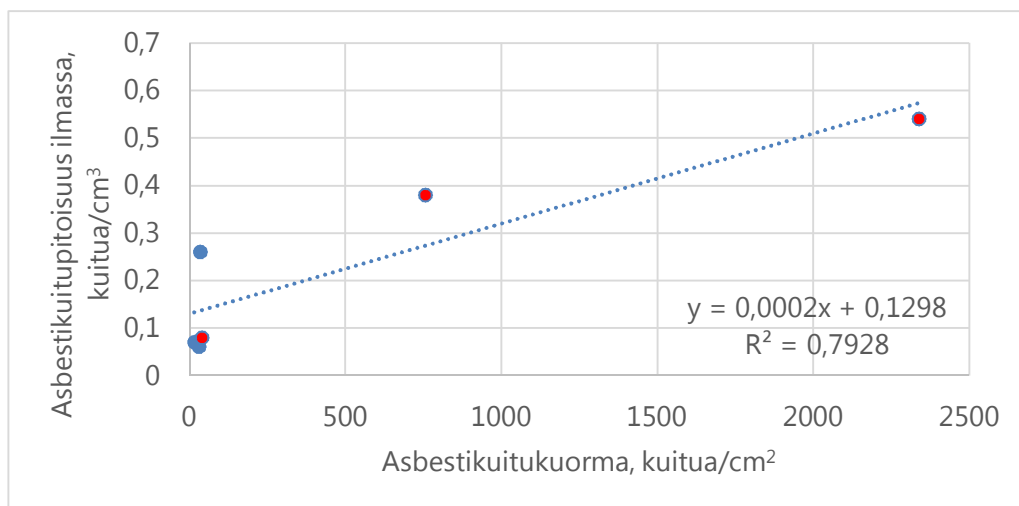
Työtakit jaettiin ennen pesua ja pesun jälkeen imuroitaviin siten, että tutkijoiden, prosessimiesten ja pidempään käytössä olleita takkeja oli molemmissa ryhmissä yhtä monta. Kuvassa 8 on esitetty työtakkien asbestikuitukuorma ennen pesua. Keskimääräinen asbestikuitupitoisuus oli 460 kuitua/cm<sup>2</sup> ja tulosten keskihajonta 760 kuitua/cm<sup>2</sup>, kertoen tulosten suuresta vaihtelusta. Tutkijoiden altistamien työtakkien (1, 5 ja 9) keskimääräinen pitoisuus oli 27 kuitua/cm<sup>2</sup> ja rikastamon prosessimiesten (4, 7 ja 11) 1050 kuitua/cm<sup>2</sup>, kun puvut olivat altistuksessa kaksi tuntia. Pidempään käytössä olleista takeista (13, 16 ja 18) suurimmat pitoisuudet mitattiin kunnossapidossa työskennelleiltä 680 kuitua/cm<sup>2</sup>.





**Kuva 8.** Työtakkien asbestikuitukuorma ennen pesua; pidempään käytössä olleet (keltainen), rikastamon prosessimiesten altistamat puhtaat takit (punainen) ja tutkijoiden altistamat takit (sininen)

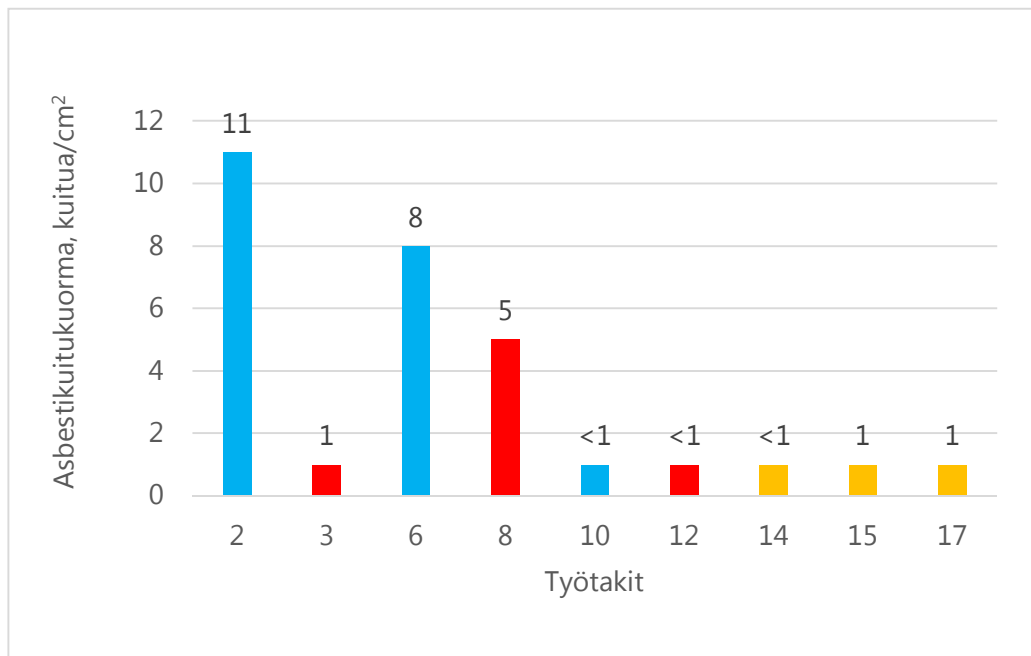
Kuten kuvasta 9 näkyy, työtakkien mitatut keskimääräiset asbestikuitu-altistuspitoisuudet korreloivat työvaatteista imuroituihin asbestikuitukuormiin.



**Kuva 9.** Työtakkien keskimääräisen asbestikuitu-altistuksen korrelaatio takista imuroituun asbestikuitukuormaan nähden; rikastamon prosessimiesten altistamat (punainen) ja tutkijoiden altistamat (sininen)

### 4.2.3 Työtakkien imurointi pesun jälkeen

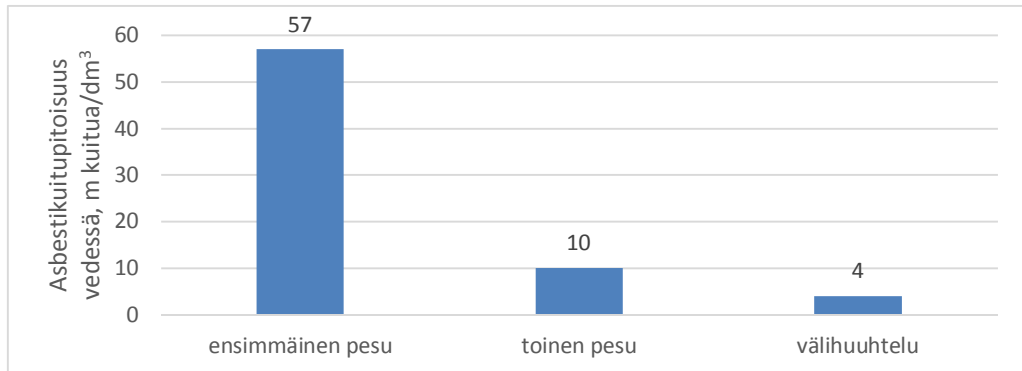
Kuvassa 10 on esitetty työtakkien asbestikuitukuorma pesun jälkeen, kun kaikki mukana olleet työtakit ja myös tutkijoiden kaksi omaa työtakkia olivat samassa pesukoneessa. Keskimääräinen mitattu asbestikuitukuorma ja mittaustulosten keskihajonta olivat  $3,3 \pm 3,8$  kuitua kuutiosenttimetrissä. Karkeasti arvioituna pesutulos oli yli 99 % ennen pesua mitattuihin asbestikuitukuormiin nähden.



**Kuva 10.** Työtakkien asbestikuitukuorma pesun jälkeen; rikastamon prosessimiesten altistamat (punainen) ja tutkijoiden altistamat (sininen) ja pidempään käytössä olleet (keltainen).

### 4.2.4 Työtakkien pesu- ja huuhteluvedet

Työtakkien pesun eri vaiheista otettujen asbestikuituvesinäytteiden tulokset on esitetty kuvassa 11. Kuten kuvista näkyy kuidut poistuvat koneesta ensimmäisten pesujen aikana ja välihuuhteluiden sekä loppuhuuhdelun aikana.



**Kuva 11.** Vesinäytteiden tulokset pesun eri vaiheista

#### 4.2.5 Ilma-, pyyhintä- ja materiaalinäytteet sammutusasujen käsittelyn aikana

Kaikki työtakkien pesun ja kuivauksen aikana mitatut ilmapitoisuudet kiinteissä mittauspisteissä pesukoneiden ja rummun läheisyydessä olivat alle 10 % asbestin kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetun sitovan raja-arvon. Myös pesulatyöntekijän hengitysvyöhykkeellä, joka täytti pesukoneen itsesulaviin pesupusseihin pakatulla pyykillä, asbestipitoisuus pysyi alle 10 % asbestin kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetusta sitovasta raja-arvosta.

Myös pyyhintänäyte kuivausrummun sisältä oli puhdas asbestikuidusta, mutta kuivurin ensimmäiseltä nukkasuodattimelta (ala 0,8 m<sup>2</sup>) kerätty näyte sisälsi asbestikuituja. Asbestikuituja ei kuitenkaan löytynyt ilmasta rumpukuivaimen läheisyydestä, rummun poistoilma oli johdettu ulos pesuatilasta.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Imurointimenetelmä

Testissä käytetty imurointimenetelmä ei puhdistanut sammutusasuja kuiduista yhdellä imurointikerralla, mutta antoi riittävän puolikvantitatiivisen tuloksen niiden puhtauden arviointiin erilaisten altistumisten jälkeen ennen pesua ja sen jälkeen. Lisäksi menetelmä avasi mahdollisuuden arvioida työvaatteiden puhdistumistehokkuutta käytetyissä pesuissa. Myös työtakkeja altistaneiden koehenkilöiden hengitysvyöhykkeeltä mitattujen keskimääräisten ilmapitoisuuksien korrelaatio työtakkien imurointituloksiin puolsi menetelmän toimivuutta. Näin ollen samalla tavalla toistettu imurointi mahdollisti hankkeen läpiviemisen ja tuloksista vedettävät johtopäätökset. Imurointimenetelmää, joskin nyt käytettyä selvästi pienempikokoisempaa mikrovakuumi -menetelmää, on aiemminkin käytetty menestyksellisesti tekstiilien asbestikuitujen mittaamiseen (HSE 2002).

### 5.2 Työvaatteiden asbestikuorma

Kaikkien sammutusasuja altistaneiden henkilöiden hengitysvyöhykkeeltä mitattu keskimääräinen asbestikuitupitoisuus ja sen tulosten keskihajonta olivat  $0,24 \pm 0,08$  kuitua kuutiokesenttimetrissä (kuva 3). Ennen pesua imuroitujen yhdentoista sammutusasun keskimääräinen asbestikuitukuorma ja tulosten keskihajonta olivat puolestaan  $104 \pm 94$  kuitua neliösenttimetrillä eli osoitti selvästi suurempaa hajontaa (kuva 4) kuin ilmapitoisuudet. Syynä siihen olivat todennäköisesti sammutusasujen suorat kontaktit asbestille kontaminoituneisiin pintoihin altistuksen aikana, jotka lopulta aiheuttivat myös korrelaation katoamisen altistuspuitoisuuksien ja imuroitujen asbestikuitukuormien väliltä (kuva 5).

Työtakkien altistamisessa keskimääräinen asbestikuitupitoisuus ja keskihajonta olivat  $0,27 \pm 0,30$  kuitua kuutiokesenttimetrissä (kuva 7). Ennen pesua imuroitujen yhdeksän työtakin keskimääräinen asbestikuitukuorma ja tulosten keskihajonta olivat  $460 \pm 760$  kuitua neliösenttimetrillä eli tulokset osoittivat vielä suurempaa hajontaa (kuva 8) kuin sammutuspuvuilla. Vaihtelua sammutusasuihin nähden lisäsi se, että rikastamon prosessimiehet altistivat osan työtakkeista ja mukana oli myös pidempään altistuneita työvaatteita. Huomattavaa kuitenkin oli, että mitattujen ilmapitoisuuksien ja imurointitulosten korrelaatio kuitenkin löytyi (kuva 9).

Kuten yllä todettiin, työn luonne vaikutti merkittävästi työvaatteiden saamaan asbestikuormaan. Tässä hankkeessa tutkijoiden simuloima asbestialtistuminen aliarvioi työntekijöiden suojavaatetuksen saamaa todellista asbestikuormaa, josta osoituksena olivat rikastamon prosessimiesten altistamat puhtaat työtakit. Niissä suurin mitattu asbestikuorma oli 2300

kuitua/cm<sup>2</sup>, kun hänen kahden tunnin altistumisjakson keskimääräinen asbestikuitupitoisuus hengitysvyöhykkeellä oli 0,54 kuitua/cm<sup>3</sup> (kuvat 7 ja 8). Rikastamon prosessimiesten työtakkien (4, 7 ja 11) mitattu keskimääräinen asbestikuitukuorma oli ennen pesua 1050 kuitua neliösenttimetrillä, kun niiden keskimääräinen altistus oli 0,33 kuitua/cm<sup>3</sup> (kuvat 7 ja 8). Myös pidempään käytössä olleista työtakeista löytyi korkeita asbestikuitukuormia. Kunnossapidon työntekijällä viikon käytössä olleessa työtakissa oli 680 kuitua/cm<sup>2</sup> ja rikastamon työntekijällä kolme vuoroa käytetystä työtakista löytyi 180 kuitua/cm<sup>2</sup>. Varastomiehellä viikon olleessa työtakissa oli asbestikuitulaskeumaa 28 kuitua neliösenttimetrillä (kuva 8).

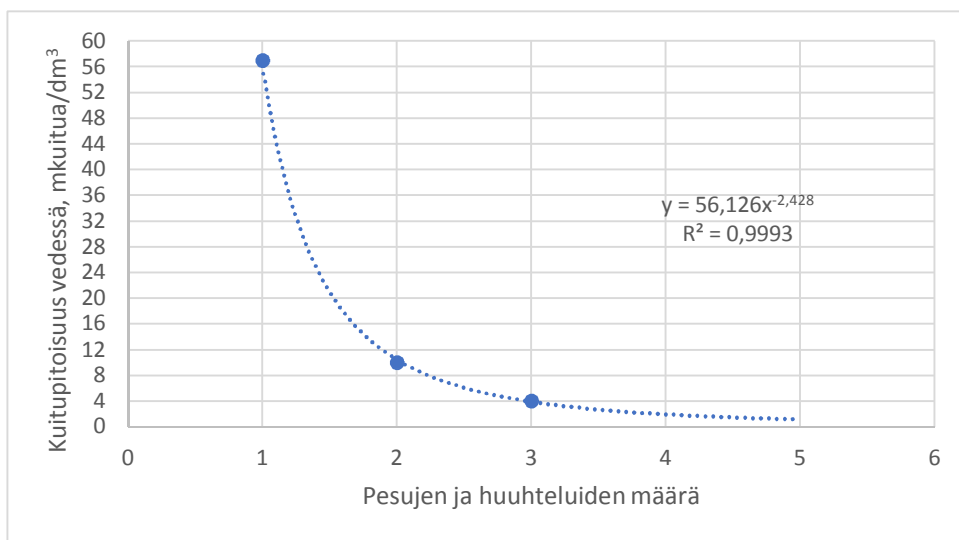
Koska työn luonne vaikutti paljon lopputuloksiin, vertailimme työvaatteiden materiaalien asbestikuitujen keräyskykyä vertailemalla vain TTL:n tutkijoiden altistamia työvaatteita keskenään. Testissä olleet ennen pesua imuroitavat sammutusasut keräsivät asbestikuituja kahden tunnin altistumisen aikana keskimäärin noin 35 kuitua/cm<sup>2</sup>, kun tutkijoiden hengitysvyöhykkeeltä mitattu keskimääräinen asbestikuitupitoisuus oli 0,22 kuitua/cm<sup>3</sup>. Kun sammat tutkijat altistivat ennen pesua imuroitavia työtakkeja, heidän keskimääräinen asbestikuitukuorma työtakeissa oli 27 kuitua/cm<sup>2</sup>, kun tutkijoiden hengitysvyöhykkeeltä mitattu keskimääräinen ilman asbestikuitupitoisuus altistettaessa kyseisiä takkeja oli 0,13 kuitua/cm<sup>3</sup>. Näin ollen merkittäviä eroja työvaatteiden materiaalien keräystehokkuudella ei ollut.

### 5.3 Työvaatteiden peseytyminen

Sammutusasut peseytyivät pesuissa hyvin mittausmenetelmämme mittaustarkkuuden puitteissa arvioituna. Pesun jälkeen keskimääräinen sammutusasujen asbestikuitukuorma, kun pestiin niitä yksistään ja kahdestaan kahdessa koneessa sekä kolmestaan yhdessä koneessa, oli vähemmän kuin yksi kuitu neliösenttimetrillä (kuva 6). Kun tulosta verrataan ennen pesua imuroituihin sammutusasujen tuloksiin, pesutehokkuus oli yli 99 % (kuvat 4 ja 6). Tulosta tukivat jokaisen pesun huuhteluviedestä mitatut vesinäytteiden tulokset alle miljoona kuitua kuutiodesimetrissä vettä. Vaikka kolme sammutusasua pestiin samassa pesussa, ei sillä ollut pesutehokkuuteen huonontavaa vaikutusta mitattujen tulosten perusteella, kuten muiden kemiallisten aineiden osalta on tutkimuksissa havaittu (IFV 2018). Iso-Britanniassa tehdyssä tutkimuksessa päädyttiin hyvin samanlaiseen tulokseen ja pesutulosta pidettiin hyvänä eikä ristiin kontaminaatiota havaittu (HSE 2002). Sen sijaan tulokset olivat parempia kuin Grossen työryhmän saamat tulokset, jossa 10 % asbestikuiduista jäi pestävään pyykkiin (Grosse ym., 1998).

Myös työtakit peseytyivät hyvin. Pesun jälkeen työtakkien keskimääräinen asbestikuitukuorma oli 3,3 kuitua neliösenttimetrillä, kun kaksikymmentä työtakia pestiin samassa

pesussa samanaikaisesti. Verrattuna tulosta ennen pesua imuroituihin tuloksiin, pesutehokkuus oli yli 99 % (kuvat 8 ja 10). Koska pesun viimeisestä huuhteluviedestä meillä ei ollut tulosta, teimme matemaattisen arvion saatujen kolmen pesuvien ja yhden välilinkouksen mittaustuloksen avulla. Olettaen, että pitoisuuden laskeutuminen noudattaisi samaan kaavaa kuin kolmessa edellisessä mittauksessa (kuva 12). Laskennallinen ensimmäisen huuhteluvien pitoisuus olisi ollut 1,9 ja toisen huuhtelun pitoisuus 1,1 kuitua kuutiodesimetrissä.



**Kuva 12.** Laskennallisesti arvioitu asbestikuitupitoisuus työtakkien ensimmäisessä (4) ja toisessa (5) huuhteluviedessä

## 5.4 Pesukoneen ja rummun puhdistuminen

Sammutusasujen pesujen jälkeen pestiin jokaisessa koneessa puhdas t-paita villapesuohjelmalla. T-paidat imuroitiin ja niiden tulos ei eronnut pesemättömästä puhtaasta t-paidasta, näin ollen asbestikuitukontaminaatiota seuraavaan pyykkiin ei havaittu käytettävillä mittausten menetelmillä. Tämä on samalainen havainto, kuin Iso-Britanniassa tehdyssä tutkimuksessa (HSE 2002).

Työtakkien pesun aikana pesuvien mukana kulkeutuvien asbestikuitujen määrää seurattiin ja todettiin niiden määrän vähenevän pesuohjelman loppua kohden (kuva 12). Työtakit kuivattiin rummussa ja rummun sisältä otettiin pyyhkäisynäytteet, joissa ei havaittu asbestikuituja. Sen sijaan rummun ensimmäisestä nukkasuotimesta löydettiin asbestikuituja,

osoittaen että pieniä kuitumääriä pesun jälkeen työvaatteissa vielä oli. Nukkasuodattimen mahdollisesta asbestikuormasta pesuloiden kattojärjestö Fabric Care Association (FCRA) varoitti jäseniään ja ohjeisti nukan hävittämisen ongelmajätteenä (Fabric Care Association 1998), joten saadut tulokset olivat odotettavia.

## 5.5 Ilman asbestikuitupitoisuudet pesun ja kuivauksen aikana

Sammutusasuken ja työtakkien pesun aikana seurattiin keskimääräisiä asbestikuitupitoisuuksia työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä sammutusasuken tarkastuksen ja niiden koneisiin laiton aikana käytettäessä tavallisia pesupusseja. Lisäksi mittauksia tehtiin työtakkien koneeseen laiton aikana, kun ne oli pakattu itsesulaviin pesupusseihin. Kiinteitä mittauksia tehtiin sammutusasuken ja työtakkien pesun aikana pesukoneen vierestä, sammutusasuken kuivauksen aikana kuivaushuoneesta ja työtakkien rumpukuivaamisen aikana rummun vierestä. Näistä mittauksista ainoastaan sammutusasuken esikäsitteilyn aikana asbestikuitupitoisuudet ylittivät puhtaan sisäilman ohjearvon ( $0,01$  kuitua/ $\text{cm}^3$ ) ollen  $0,02$  kuitua kuutiosenttimetrissä, joka oli  $20\%$  asbestin sitovasta raja-arvosta (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018). Tulokset osoittivat, että itsesulavilla pesupusseilla voidaan vähentää pesulatyöntekijöiden tai/ja varustehuoltajan altistumista. Tulokset olivat samalla tasolla kuin kansainvälisessä tutkimuksessa saadut tulokset eli alle  $0,05$  kuitua/ $\text{cm}^3$  (HSE 2002).

## 5.6 Tutkimuksen mahdolliset virhelähteet

Imurointimenetelmä osoittautui puolikvantitatiiviseksi, koska yhdellä imurointikerralla saatiin vain noin  $60\%$  kahden imurointikerran kokonaiskuitumäärästä. Menetelmä kuitenkin mahdollisti samalla tavalla toistettuina mittauksina erilaisten altistumisten vertailun ja pesutehokkuuden arvioinnin.

Imurointimenetelmässä käytettiin alumiinista keräintä, joka koostui kahdesta eri osasta, jotka olivat kierteellä kiinni toisissaan (kuva 2). Kierteissä käytettiin ompelukoneöljyä, jotta keräin oli mahdollista avata näytteenoton jälkeen. Kierteiden puhdistus oli hankalaa ja se aiheutti lievää taustapitoisuutta imuroituihin tuloksiin (enintään  $0,4$  kuitua/ $\text{cm}^2$ ).

Imurointinäytteenotossa oli joidenkin näytteiden osalta tapahtunut ohivuotoa, minkä vuoksi osa pölystä oli päätynyt suodattimen ulkopuolelle. Suodattimien kuljetus tapahtui muovisissa petrimaljoissa, jotka eivät olleet reunoilta tiiviitä, minkä vuoksi osa pölystä saattoi päätyä maljan ulkopuolelle. Lisäksi petrimaljoihin tarttui jonkin verran pölyä, joka ei irronnut niistä suodatusvaiheessa. Näiden syiden vuoksi kyseisten näytteiden todellinen tulos olisi todennäköisesti ollut analyysissä saatua tulosta hieman suurempi



Imurointinäytteet sisälsivät asbestikuitujen lisäksi runsaasti myös muuta pölyä, jonka vuoksi kaikki näytteet laimennettiin ja suodatettiin sopivaksi elektronimikroskoopille. Tämä teki analyysimenetelmästä runsaasti aikaa vievää. Lisäksi suodatus kasvatti tulosten epävarmuutta.

Pesuvesinäytteissä muut kiinteät hiukkaset häiritsivät ohuimpien asbestikuitujen havaitsemista. Yhdessä imurointinäytesarjassa kuitujen havaitsemista häiritsivät orgaanisen pölyn muodostamat kasaumat. Näiden seikkojen vuoksi kyseisten näytteiden todelliset kuitupitoisuudet saattoivat olla suurempia kuin analyysituloksissa esitetyt.

Ennen pesua imuroidun sammutusasun nro 9:n näytteenkäsittelyssä näyte kontaminoitui asbestikuitutyypillä, jota ei tämän vuoksi voitu analysissä tutkia. Näin ollen kyseisen näytteen analyysin todellinen tulos oli todennäköisesti ilmoitettua suurempi.

Ilmanäytteissä mittausepävarmuuden kasvua aiheuttivat mm. pölyn tarttuminen keräimen sisäseinämiin kuljetuksen aikana ja mahdollinen laimennus. Näytteen laimennusta tarvitaan, jos pölyä kasautuu suodattimelle liian runsaasti.

Asbestikuitujen pillkoutumisen pesussa ja kuivausrummussa on todettu vähentävän niiden määrää, koska kyseiset kuidut eivät enää täytä kuidun määritelmää. Tämä vaikeuttaa tulosten vertaamista ennen pesua ja sen jälkeen mitattuihin asbestikuitukuormiin (Grosse ym., 1998; HSE 2002)



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Sammutusasujen keskimääräinen asbestikuitukuorma ennen pesua oli 100 ja työtakkien 460 kuitua neliösenttimetrillä. Työvaatteiden asbestikuitukuormiin vaikutti merkittävästi työtehtävä. Mikäli jouduttiin työskentelemään ahtaissa työpisteissä ja suoran kontaktin mahdollisuus asbestille kontaminoituneisiin pintoihin oli olemassa, olivat myös suuret asbestikuitukuormat työvaatteissa todennäköisempiä. Iso asbestikuorma oli mahdollista saada hyvin lyhyenkin työrupeaman aikana, kuten rikastamon prosessityöntekijän työtakista mitattu asbestikuitukuorma 2300 kuitua neliösenttimetrillä osoitti. Jos työtakkeja pidettiin useita työvuoroja vaihtamatta, niiden asbestikuormat myös lisääntyvät ja niiden riski altistaa käyttäjänsä kasvoi. Materiaalilla ei ollut vaikutusta asbestikuitukuorman kehittymiseen sammutusasujen ja työtakkien välillä.
2. Sammutusasujen ja työtakkien puhdistumistehokkuus asbestikuiduista oli yli 99 %. Sammutusasuiissa keskimääräinen asbestikuitukuorma pesun jälkeen oli alle 1 ja työtakkeissa 3,3 kuitua neliösenttimetrillä. Sammutusasujen pesutulokseen ei vaikuttanut pestiinkö samanaikaisesti yksi, kaksi vai kolme sammutusasua kerrallaan. Myöskään sillä ei ollut vaikutusta huuhteluveden asbestikuitujen määrään. Työtakkien pesun huuhteluveden asbestikuitumääriksi arvioitiin laskennallisesti 1,9 miljoonaa kuitua kuutiodesimetrissä. Työtakkien osalta koneen täyttömäärä oli huuhteluveden pitoisuuksilla arvioituna hivenen liian suuri tai pesujen lukumäärä liian pieni.
3. Ilman asbestikuitupitoisuudet pysyivät pesun aikana alle puhtaan sisäilman ohjearvon käytettäessä työtakkeille itesulavia pesupusseja. Perinteistä pesupussia käytettäessä suurimmat asbestikuitupitoisuudet sammutusasujen esikäsitelyssä olivat 20 % asbestikuitujen kahdeksan tunnin sitovasta raja-arvosta.
4. Sammutusasujen pesun jälkeen pestiin kaikissa pesukoneissa t-paidat, jotka imuroitiin samalla tavalla kuin sammutusasutkin kuivauksen jälkeen. T-paidoista ja niiden pesuvesistä ei löytynyt kohonneita pitoisuuksia, joten kuitujen siirtymistä seuraavaan pyykkiin ei havaittu. Työtakkien kuivauksen jälkeen kuivausrummun pyyhkäisynäytteestä ei löytynyt asbestikuituja, mutta ensimmäisessä nukkasuodattimessa niitä esiintyi. Sammutusasujen kuivaushuoneen lattialta otetuissa pyyhkäisynäytteistä ei löytynyt asbestikuituja.



## 7 TOIMENPIDESUOSITUKSET

1. Työvaatteiden asbestikuitukuorma voi kohota korkeaksi lyhyessäkin ajassa, jonka vuoksi kontaminoitunut työvaate voi saastuttaa puhtaan sisäilman esimerkiksi sosiaalitalat. Samalla se voi aiheuttaa turhan asbestikuitualtistumisriskin käyttäjälleen. Tämän estämiseksi suosittelemme ensisijaisesti lyhytaikahaalareiden käyttöä työskenneltäessä asbestille kontaminoituneissa työympäristöissä, jolloin haalari voidaan riisua työn jälkeen ja toimittaa asianmukaisesti ongelmajätteisiin. Jos toimitaan perinteisillä pidempään käyttöön tarkoitetuille työvaatteilla, suosittelemme niiden vaihtamista aina asbestialtistumisen jälkeen.
2. Suosittelemme asbestille kontaminoituneille työvaatteille paketointia itseliukeneviin pesupusseihin heti käytön jälkeen, jotta varustehuollossa ei turhaan altistutaisi asbestille siirrettäessä vaatteita pesukoneeseen. Pesupussit tulisi merkitä tarroin "sisältää asbestia". Lisäksi itsesulavat pussit tulisi paketoita suojapusseihin, etteivät ne rikkoudu kuljetuksen aikana. Työvaatteiden taskut kannattaa tyhjentää ennen pesupussiin laittamista ja varusteita käsittelevän henkilön tulee käyttää tyhjennyksessä vähintään FFFP3- luokan hengityksensuojainta. Ennen pyykkien lähettämistä pesulaan tulee pesulaa informoida vaatteiden asbestikontaminaatiosta, varmistaen että kyseinen pesula ottaa pyykin vastaan.
3. Hyvän pesutuloksen varmistamiseksi suosittelemme arvioimaan työvaatteiden likaantumisasetta suhteessa pesukoneen täyttöasteeseen. Mittausten mukaan kolmen samanaikaisesti pestyn sammutustakin pesutehokkuus oli sama kuin kahden samanaikaisesti tai yhden pestyn sammutusasun. Työtakkien asbestikuitukuormat puolestaan olivat neljä kertaa suurempia kuin sammutusasujen ja lisäksi niitä pestiin samanaikaisesti kaksikymmentä kappaletta. Käytetty asbestikuitukuorma ja koneen täyttöaste tuottivat lievästi kohonneita keskimääräisiä työtakkien asbestikuitukuormia. Näin ollen käytetty täyttömäärä olisi saanut olla hieman pienempi suhteessa työtakkien likaisuusasteeseen. Suosittelemme asbestikuiduille altistuneille työvaatteille tehokasta esipesua, jotta itsesulavat pussit aukeaisivat mahdollisimman nopeasti ja pesu pääsisi nopeasti käyntiin. Itse pääpesuja suositellaan vähintään kolme kansainvälisten suositusten mukaan ja riittävällä huuhtelulla on tärkeä merkitys lopputuloksen kannalta.
4. Tulosten mukaan pesukoneet puhdistuivat sammutusasujen pesussa hyvin ja sammutusasujen jälkeen pestyssä pyykissä ei havaittu kohonneita asbestikuitupitoisuuksia. Työtakeista löytyi pieniä määriä kuituja pesun ja kuivauksen jälkeen,



mutta niiden kuivausrummusta ei pyyhkäisynäytteillä kuitenkaan havaittu asbestikuituja. Kuitujen siirtyminen seuraavaan pyykkiin näyttäisi olevan epätodennäköistä.

5. Hyvä pesulan työhygieniä edellyttää asbestille kontaminoituneiden vaatteiden pesemistä erillään puhtaasta pyykistä ristiin kontaminaation ehkäisemiseksi. Asbestille kontaminoituneet pyykki on eroteltava muusta pyykistä erilleen jo pyykkien vastaanotossa. Lisäksi asbestille kontaminoituneiden työvaatteiden pesu edellyttää pesukoneelta ja kuivausrummulta niiden poistoilman johtamista suoraan pesulasta ulos. Lisäksi poistoilma tulisi suodattaa HEPA-suodattimella ennen sen päästämistä ulkoilmaan. Työntekijöiden tulee olla suojautuneena vähintään FFFP3-luokan hengityksensuojainten, kevytsuojahaalarein ja suojakäsinein pyykkien purun, pesujen, kuivausten ja loppukäsittelyn sekä myös pesukoneiden ja kuivausrumpujen puhdistuksen ja huoltojen aikana. Erityistä huomiota on kiinnitettävä suojautumiseen pesukoneiden ja kuivausrumpujen nukkasuodattimien puhdistuksessa, joista tuleva nukka on käsiteltävä ongelmajätteenä. Pesulan työntekijät tulee ilmoittaa syöpävaarallisille aineille altistuvien ASA-rekisteriin ja heidän altistumista on seurattava säännöllisin mittauksin. Heidän terveydentilaa tulee myös seurata tehostetummin.



## 8 LÄHTEET

Daniels RD1., Kubale TL., Yiin JH., Dahm MM., Hales TR., Baris D., Zahm SH., Beaumont JJ., Waters KM., Pinkerton LE. (2014). Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950–2009) *Occup Environ Med.* 71(6):388-97. doi: 10.1136/oemed-2013-101662.

Fabric Care Association (1998). Leaflet Issue No. 308, February 1998.

Grosse I, Huetter B, Hartmann I, Binde G, Gruber H, Kurz G, (1998). Asbestos on textile: Is there an endangering during washing and wearing? *Journal of Hazardous Materials, A:63:119-130.*

Health & Safety Laboratory (2002). Investigation into the effective laundering of Towels and coveralls used for asbestos work. Environmental Measurement Group HSL/2002/22, Sheffield.

[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&ved=2ahUKewix7-LJIIHgAhVD-fiwKHbEtBF4QFjAPegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.hse.gov.uk%2Fresearch%2Fhsl\\_pdf%2F2002%2Fhsl02-22.pdf&usq=AOvVaw370RvZvDT4YWtlx\\_b74j1t](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&ved=2ahUKewix7-LJIIHgAhVD-fiwKHbEtBF4QFjAPegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.hse.gov.uk%2Fresearch%2Fhsl_pdf%2F2002%2Fhsl02-22.pdf&usq=AOvVaw370RvZvDT4YWtlx_b74j1t)

Instituut Fysieke Veiligheid (2018). Exposure to smoke. An overview report of the studies to the exposure routes, contamination and cleaning of the turn-out gear and the skin barrier function. Report to Brandweer Nederland from the Instituut Fysieke Veiligheid, Zoetermeer.

Kähkönen H., Lallukka H., Linnainmaa M., Aho P., Mäkelä E., Juntila S., Oksa P. (2016) Asbestiriskien hallintaohjeet kaivoksille. Työterveyslaitos, Helsinki. [https://www.metalliliitto.fi/documents/10137/23185/Asbestiriskien\\_hallintaohjeet\\_kaivoksille\\_2016.pdf/6273d69a-c094-4ca4-a970-055488c02eff](https://www.metalliliitto.fi/documents/10137/23185/Asbestiriskien_hallintaohjeet_kaivoksille_2016.pdf/6273d69a-c094-4ca4-a970-055488c02eff)



Laitinen J, Lindholm H, Aatamila M, Hyttinen S, Karisola P. (2016) Vähentääkö Skellefteå-malli palomiesten altistumista operatiivisessa toiminnassa. Raportti Palosuojelurahastolle ja Työsuojelurahastolle. Tietoa Työstä –sarja, Työterveyslaitos Helsinki. ISBN 978-952-261-644-9 (pdf), ISBN 978-952-261-645-6. <https://www.tsr.fi/valmiit-hankkeet/hanke?h=113080#materials>

Pelastusopisto (2016). Pelastusopiston taskutilasto 2011-2015. Pelastusopisto ISSN:1795-9187.

Pukkala E., Martinsen J., Weiderpass E., Kjaerheim, K., Lynge, E., Tryggvadottir, L., Sparén, P., Demers, P. (2014). Cancer incidence among firefighters: 45 years of follow-up in five Nordic countries. *Occup Environ Med.* 71(6):398-404. doi: 10.1136/oemed-2013-101803.

Riala R., Pirhonen P., Heikkilä P. (1993) Asbesti rakennusmateriaaleissa. Työterveyslaitos, Helsinki. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/asbesti-rakennusmateriaaleissa.pdf>

Sosiaali- ja terveysministeriö (2018). HTP-arvot 2018, haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 9/2018, Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki. <https://stm.fi/julkaisu?pubid=URN:ISBN:978-952-00-3937-0>

World Health Organization (1996). Asbestos in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. 2<sup>nd</sup> ed. Vol 2. Health criteria and other supporting information. WHO, Geneva.

Hankkeessa arvioitiin asbestikuitujen kykyä tarttua sammutusasuihin ja työtakkeihin sekä niiden peseytymistehokkuutta normaalissa pesussa. Pesukoneiden ja kuivausrumpujen puhtautta arvioitiin asbestikuiduille kontaminoituneiden vaatteiden pesun jälkeen ja arvioitiin seuraavan pyykin kontaminaatoriskiä. Myös pesulassa mitattiin asbestikuitupitoisuuksia pyykkien käsittelyn aikana ilmasta, pinnoilta ja pesuvesistä.

Työvaatteet peseytyivät hyvin ja tulosten mukaan kuidut eivät siirtyneet seuraavaan pyykkiin. Itsesulavat pesupussit pudottivat pesulatyöntekijöiden altistumista. Hyvä työhygienia pesuloissa kuitenkin edellyttää asbestipyykin pesemistä erikseen muusta pyykistä, poistoilmojen ohjaamista pesukoneista ja kuivausrummuista suoraan ulos, tehokkaan esipesuohjelman sekä vähintään kolme pääpesua. Pesulatyöntekijöiden on pyykin käsittelyn aikana suojauduttava vähintään FFFP3-luokan hengityksensuojaimella, lyhytaikahaalarilla sekä suojakäsinein. Työntekijät on ilmoitettava ASA-rekisteriin ja heidän altistumista ja terveydentilaa on seurattava tehostetusti.

 **BOLIDEN**

Metals for modern life



**Lindström**



**sakupe**



Työsuojelurahasto  
Arbetskyddsfonden  
The Finnish Work Environment Fund



**PELASTUSOPISTO**

Työterveyslaitos  
Arbetshälsoinstitutet  
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

[www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)

ISBN 978-952-261-856-6 (nid.)  
ISBN 978-952-261-857-3 (PDF)