



PELASTUSOPISTO

Varusteiden ja kaluston puhdistusmenetelmien arviointi ja kehittäminen (SAVE-hanke)

Pelastustoimen tutkimus- ja kehittämispäivät 2024

Väitöskirjatutkija Riikka Salmi
Pelastusopisto

PELASTUSOPISTO.FI | 11.02.2023

PSR
PALOSUOJELURAHASTO





Tausta

Varusteiden ja kaluston puhdistusmenetelmien arviointi ja kehittäminen (SAVE) hankkeen tavoitteena on etsiä mahdollisimman tehokkaita ja kustannusystävällisiä puhdistusmenetelmiä syöpävaarallisten aineiden puhdistamiseen suoja- ja sammutusvarusteista.



Tavoitteet

Koulutuksen jälkeen:

1. Koulutettavat tiedostavat syöpävaarallisuuden riskit, joille sammutustehtävillä voidaan altistua ja kuinka altistumista voidaan vähentää
2. Koulutettavat tietävät erilaiset ja tehokkaimmat puhdistusmenetelmät suoja- ja sammutusvarusteille
3. Koulutettavat tietävät vetyperoksidikäsitteilyn ja otsonoinnin merkityksen varusteiden lisäkäsittelynä
4. Koulutettavat tietävät pelastuslaitosten tämänhetkiset yleisimmät puhdistusmenetelmät



Sisältö

1. Syöpävaaralliset aineet ja altistuminen
2. Altistumisen vähentäminen tulipaloissa
3. Käytännön testit sammutus- ja suojarahvarusteille
4. Pelastuslaitosten puhdistusmenetelmien nykytila
5. Altistuneiden varusteiden yleisimmät puhdistuskäytännöt pelastuslaitoksilla
6. Puhdistustehokkuustuloksia
7. Puhdistustekniikoiden kustannukset
8. Johtopäätökset
9. Suositukset



Syöpävaaralliset aineet ja altistuminen

- Pelastajat altistuvat samanaikaisesti useille syöpävaarallisille eri olomuodoissa oleville kemiallisille yhdisteille hengityselimistön, ihon ja ruoansulatuskanavan kautta rakennus-, liikenneväline- ja metsäpaloissa.
- Hetkellisesti eniten altistutaan rakennuspaloissa savusukelluksessa ja tulipalojen jälkiraivaustöissä. Metsäpaloissa altistumiset ovat korkeita johtuen heikosta suojautumisesta sekä pitkistä altistumisajoista. Kalustonhuolto on myös nostettu merkittäväksi palomiesten kokonaisaltistumista nostavaksi tekijäksi.
- Samanaikaisesti altistavien tekijöiden yhteisvaikutukset voivat olla summautuvia tai jopa kertautuvia, jonka vuoksi myös matalatasoisten altistumisten yhteisvaikutus voi olla syöpää edistävä.



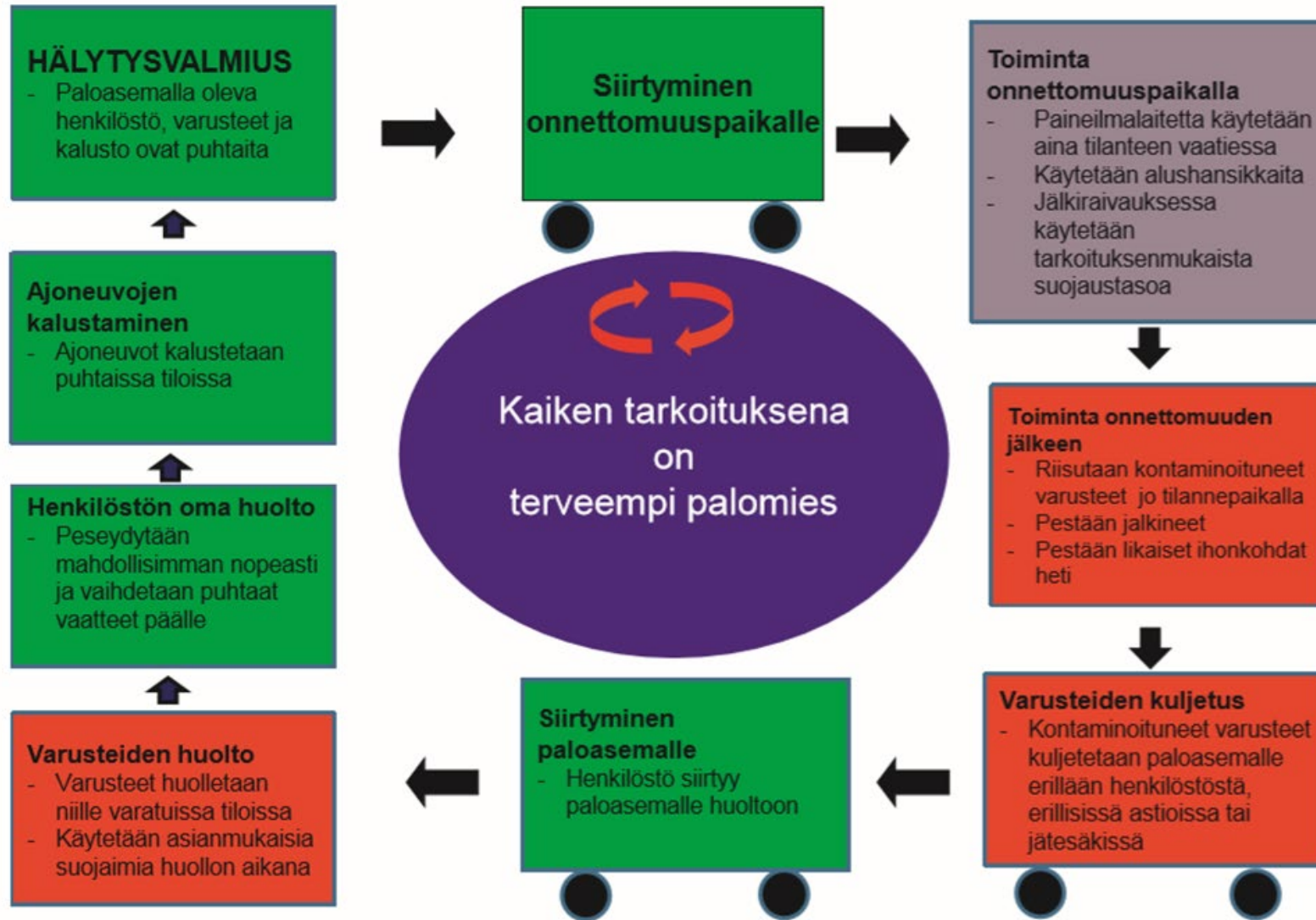


Syöpävaaralliset aineet ja altistuminen

- Pelastajan työ nostettiin kesällä 2022 Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen (IARC) toimesta korkeimpaan syöpävaarallisuuden luokkaan eli ryhmään 1.
- Altistumista voidaan minimoida kolmella tärkeällä peruseriaatteella:
 1. organisaatiolla on hyvä tietotaso altisteista, joille voidaan altistua,
 2. organisaatiolla on hyvät ja selkeät rutiinit, joilla altistumista vähennetään,
 3. organisaatio tarjoaa hyvät työvälineet, joilla altistuminen pidetään mahdollisimman vähäisenä.
- Puhdas paloasema-malli ja altistuneiden varusteiden hyvät käsittely- ja pesumenetelmät ovat tärkeitä toimenpiteitä altistumisen vähentämiseksi



Altistumisen vähentäminen tulipaloissa

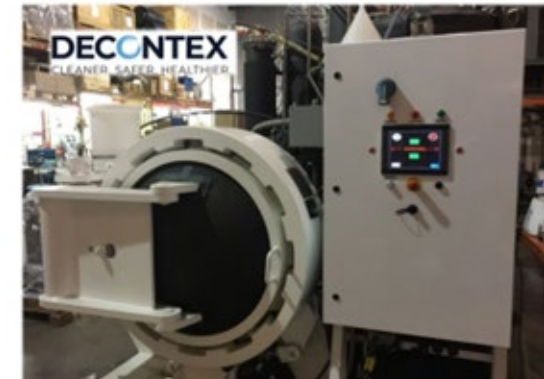
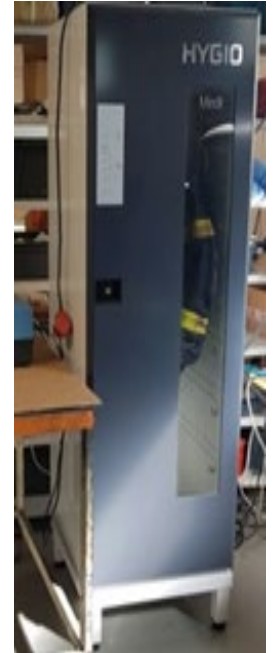


Kuva: Ari Tuulenkar, Pohjois-Pohjanmaan pelastuslaitos



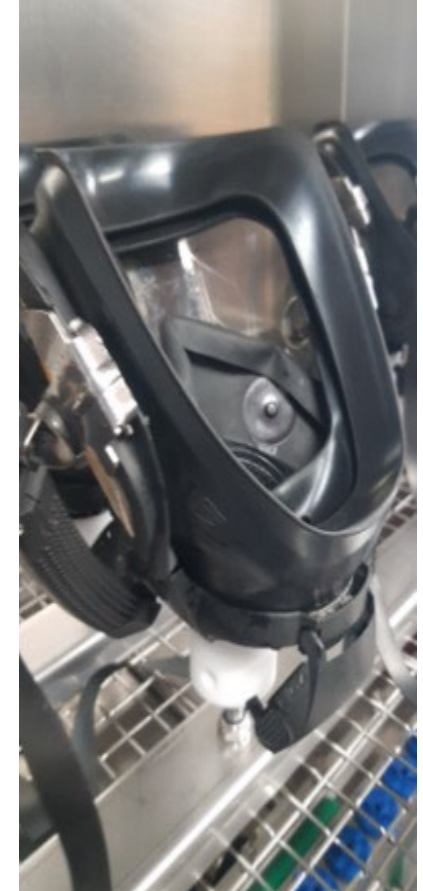
Käytännön testit sammutus- ja suojaruusteille 1/2

- Pesutehokkuus tutkittiin altistamalla **palotakit, paineilmalaitteiden kasvo-osat sekä lämpökamerat** savukaasuille palotalossa tai konttiharjoituksissa.
- Altistetut takit vesipestiin (40 °C tai 60 °C) sekä rumpu- tai kaappikuivattiin. Lisäksi tutkittiin vetyperoksidikäsitteilyn ja otsonoinnin lisävaikutusta puhdistustehokkuuteen. Myös nestemäisen hiilidioksidin ja nestemäisen otsonoinnin pesutehokkuus tutkittiin.
- Näytteet otettiin altistuksen, pesujen ja lisäkäsittelyjen jälkeen palopuvun niskan sisäkerroksesta sekä rinnasta ja selästä otettiin sisä-, keski- ja ulkokerroksesta. Näytteistä analysoitiin 18 polysyklisiä aromaattista hiilivetyä (PAH-yhdisteet). Lisäksi analysoitiin syntyvät oksi-PAH-yhdisteet



Käytännön testit sammutus- ja suojavaarusteille 2/2

- Paineilmalaitteen kasvo-osat pestiin käsinpesu-, ruisku- tai rumpupesumenetelmällä.
- Kameran puhdistettiin perinteisellä liinapyyhinnällä ja osalle kameroista tehtiin vetyperoksidikäsittely. Myös kameroiden suojaussien konepesun pesutehokkuus tutkittiin
- Kameroiden ja kasvo-osien pyyhintänäytteistä analysoitiin PAH-yhdisteiden pitoisuudet.





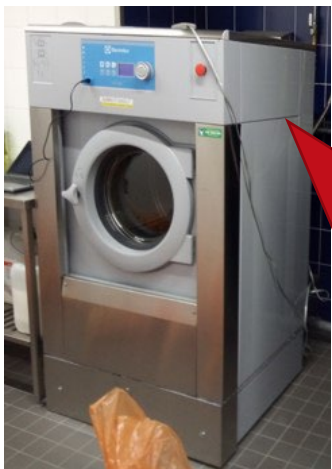
Pelastuslaitosten puhdistusmenetelmien nykytila

- Yksi osa hanketta oli selvittää pelastuslaitosten olemassa olevat sammutusasujen, paineilmalaitteiden, elektronisten laitteiden pesutekniikat ja huoltokonseptit.
- Haastatteluihin osallistui 19 pelastuslaitosta 22:sta eli 86 %.
- Haasteena oli se, että pelastuslaitosten alueilla on paljon asemia eikä kaikkien asemien käytännöistä vastaajilla ollut täyttä tietoa. Monesti vastaukset perustuivat vastaajan oman asemapaikan käytäntöihin. Toisaalta taas samalla alueella saattoi olla käytössä monta toimintamallia, ja erilaiset ja eri ikäiset asemarakennukset vaikuttivat siihen, toteutuiko ohjeistetut käytännöt. Näin ollen osassa vastauksia monta eri vaihtoehtoa toteutui päällekkäin.





Altistuneiden varusteiden yleisimmät puhdistuskäytännöt pelastuslaitoksilla



- Teollisuuspesukoneet
- Eri käyttötarkoitusta varten olevat asut pestään erikseen
- 1-2 asua per koneellinen
- Vesipesu 60 °C
- Putoamissuojaimet ohjeistettu irrottamaan
- Kuivaushuone yleisin
- Otsonointia satunnaisesti lähinnä hajun poistoon

- Altistuneet asut pääsääntöisesti eristetään
- Sulavat pesupussit tai jätessäkit
- Kuljetus kalustokaapissa tai erillisellä yksiköllä



- Altistuneiden asujen riisumiskäytännöt pääsääntöisesti ohjeistettu
- Riisutaan heti palopaikalla ja suojaimia ohjeistettu pitämään
- Osalla puhtaat vaihtoasut paloautoissa
- Asbestille ei erillistä ohjeistusta
- Asujen elinkaarelle ei ohjetta, yleisimmin silmämääräinen arviointi





Altistuneiden varusteiden yleisimmät puhdistuskäytännöt pelastuslaitoksilla



- Käsipesu yleisin
- Pesu joka käytön jälkeen
- Perusteellisempi pesu vuosihuollon yhteydessä
- Osalla asemia mahdollisuus rumpupesuun

- Pintapyyhintä puhdistuspyyhkein tai pintapyyhintäaineella
- Osa tehnyt otsonointia hajuhaitoille



- Likainen ja puhdas tila eriytetty mahdollisuuksien mukaan
- Pesupaikoilla suojaimia vaihtelevasti
- Letkujen pesupaikoilla yleisimmin suojakäsineitä, maskeja ja essuja
- Pyykinpesupaikoilla suojaimia harvemmin

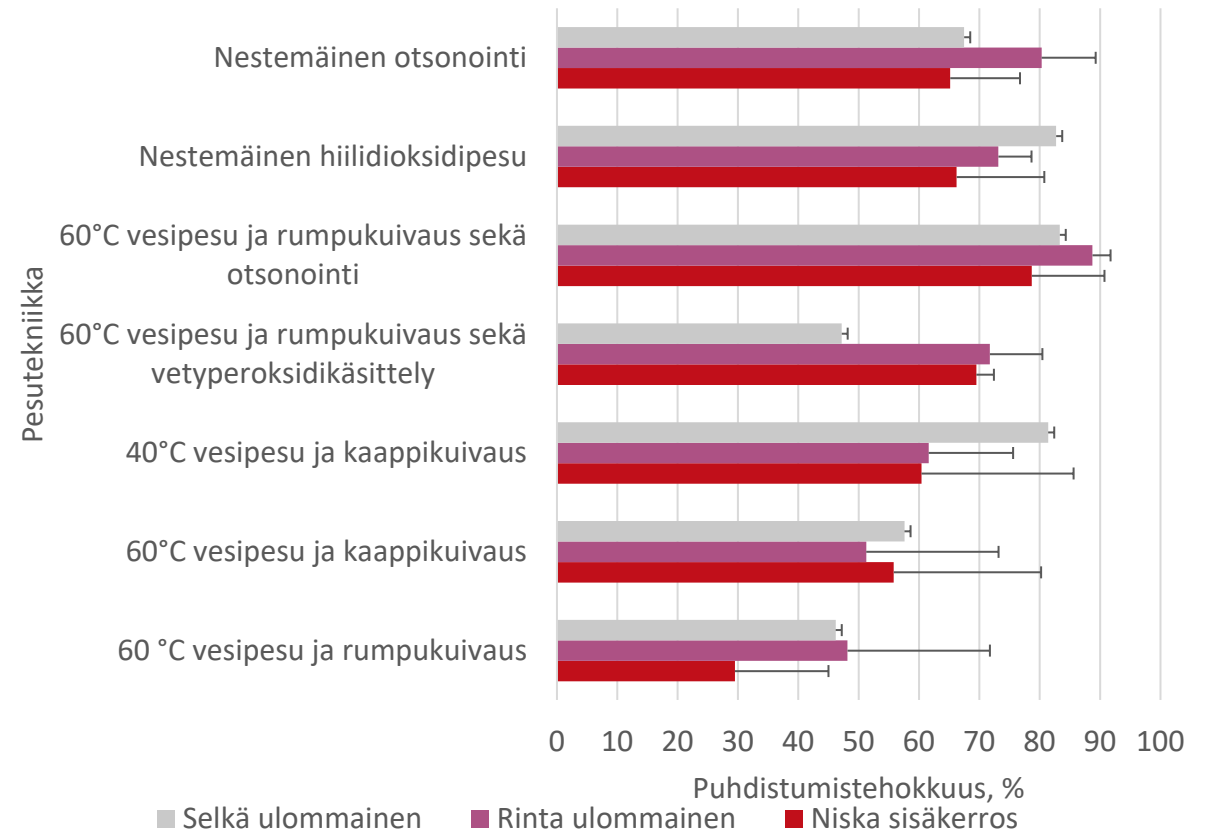


Palotakkien puhdistustehokkuustuloksia

ULOMPI JA SISÄ KERROS (niska, rinta ja selkä)

- Vesipesu 68 % (40 °C ja kaappikuivaus)
- Vesipesu 55 % (60 °C ja kaappikuivaus)
- Vesipesu 42 % (60 °C ja rumpukuivaus)
- Vesipesu keskimäärin 56 %
- Vesipesu ja lisävetyperoksidikäsitteily keskimäärin 61 %
- Nestemäisen otsonoinnin keskimäärin 71 %
- Nestemäisen hiilidioksidin keskimäärin 74 %.
- Vesipesu ja lisäotsonointikäsitteily keskimäärin 84 %

Palotakkien puhdistustehokkuus eri pesutekniikoilla selän ja rinnan ulkokerroksessa sekä niskan sisäkerroksessa

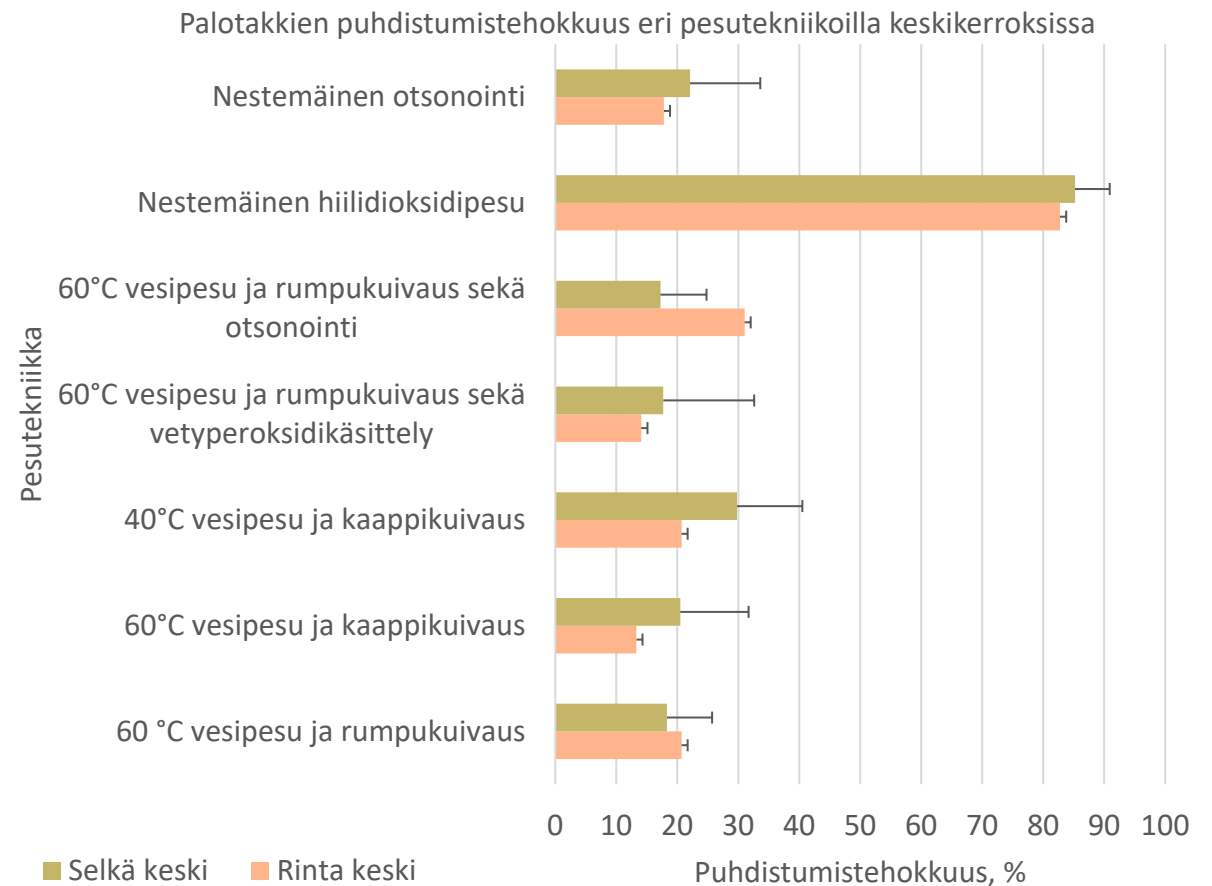




Palotakkien puhdistustehokkuustuloksia

KESKIMMÄISET KERROKSET (rinta ja selkä)

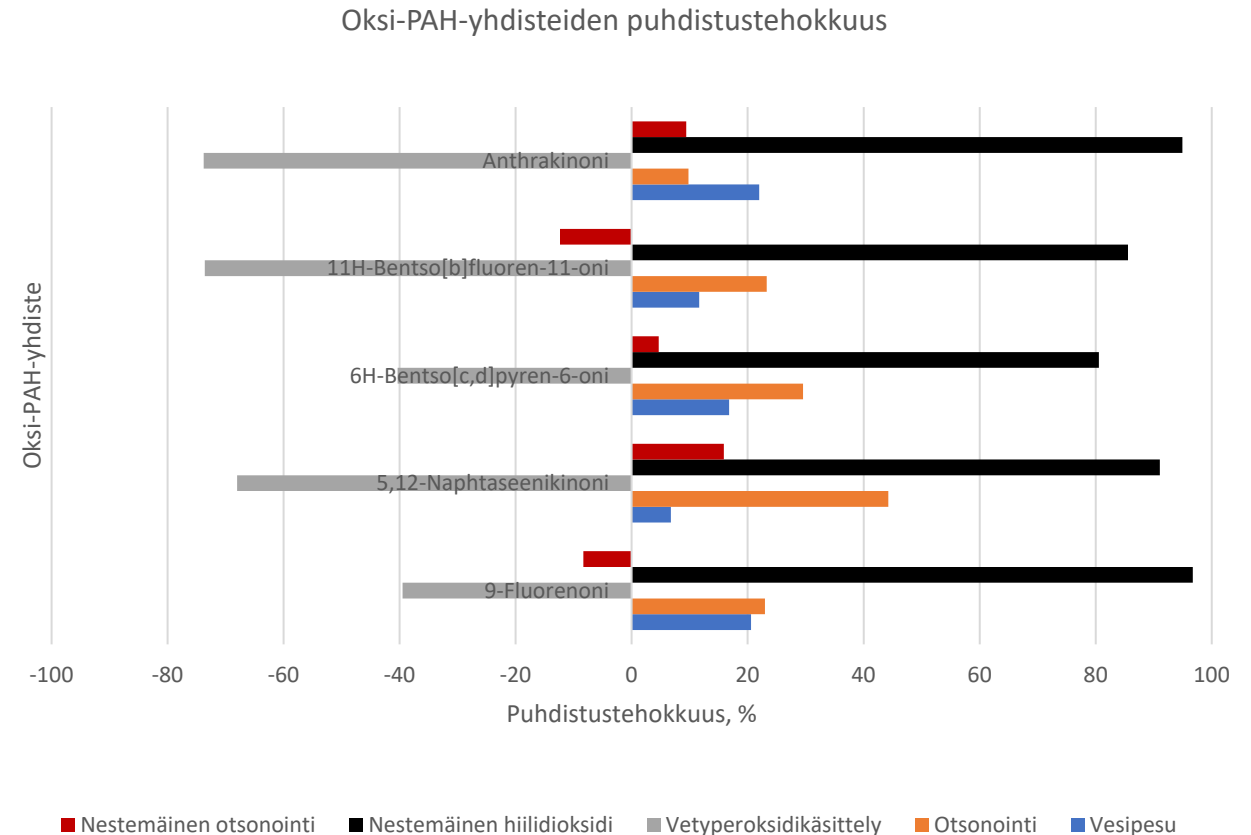
- Nestemäisen hiilidioksidi keskimäärin 84 %
- Seuraavaksi parhaimmilla tekniikoilla keskimäärin 30 %





Oksi-PAH-yhdisteiden puhdistustehokkuus

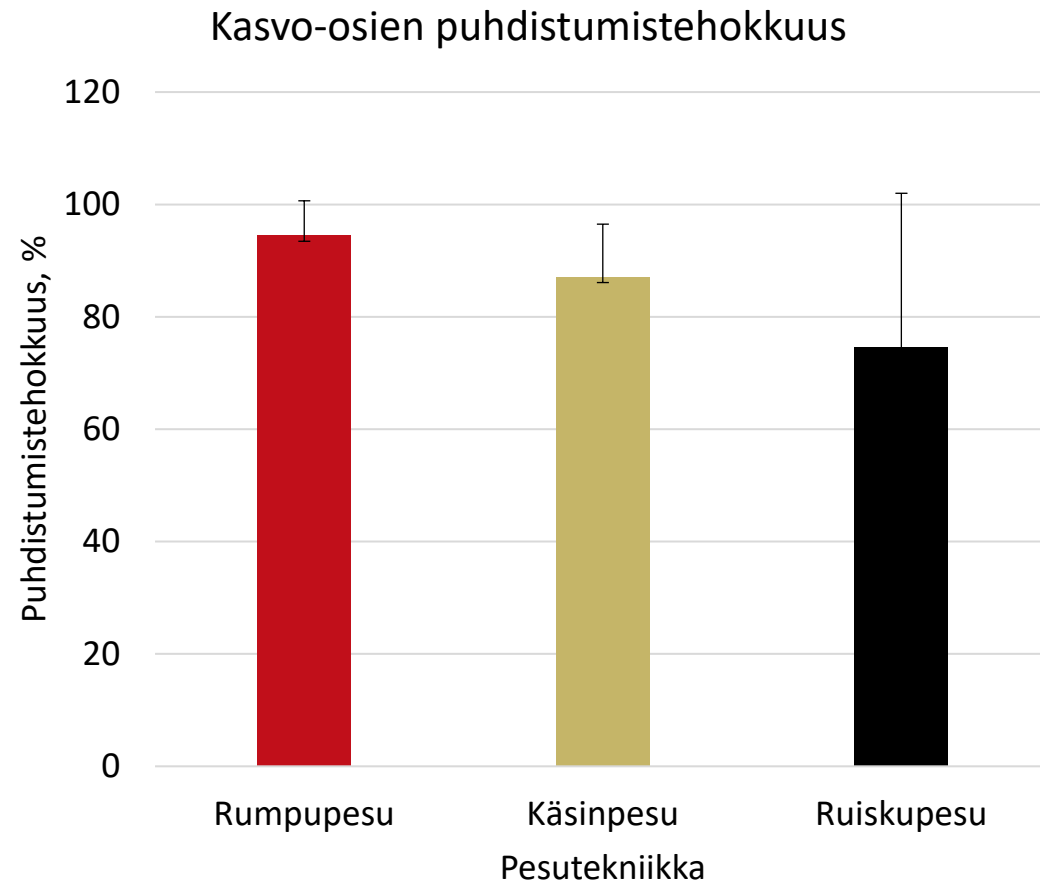
- Tutkimme myös oksi-PAH-yhdisteiden esiintymistä palopuvuissa ja niiden mahdollista lisääntymistä hapettavissa käsittelyissä (otsonointi ja vetyperoksidi)
- Nestemäinen hiilidioksidikäsittely osoitti oksi-PAH yhdisteille keskimääräistä 95 % puhdistustehokkuutta
- Oksi-PAH yhdisteiden pitoisuudet kohosivat selvästi vetyperoksidikäsittelyn jälkeen ja hieman nestemäisen otsonoinnin jälkeen.
- Otsonoinnin ja vesipesun pesutehokkuus oli huonompi oksi-PAH-yhdisteille kuin vastaaville PAH-yhdisteille, mikä saattaa myös viitata oksi-PAH-yhdisteiden syntyyn





Paineilmahengityksensuojainten kasvo-osien puhdistustehokkuuksia

- Puhdistustehokkuudet:
 - Rumpupesumenetelmä 94 %
 - Käsiinpesutekniikalla 87 %
 - Ruiskupesutekniikalla 75 %

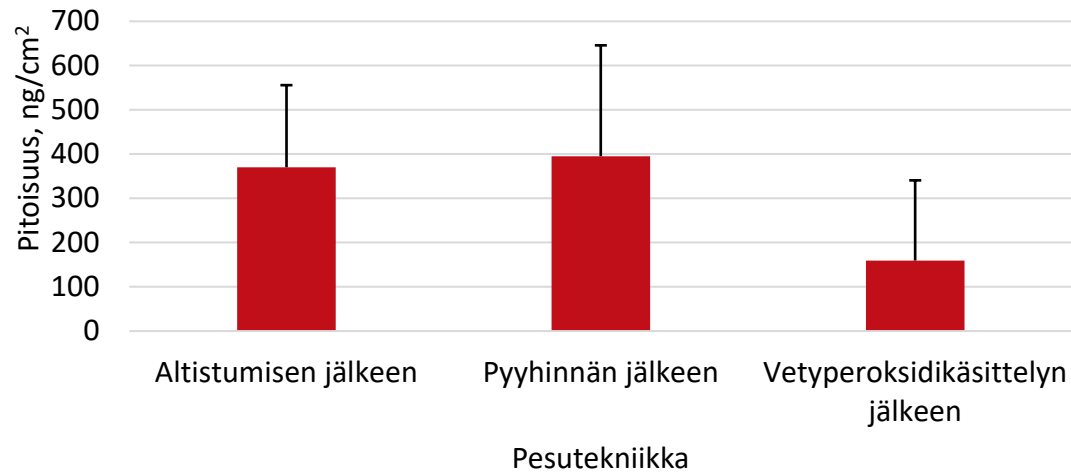




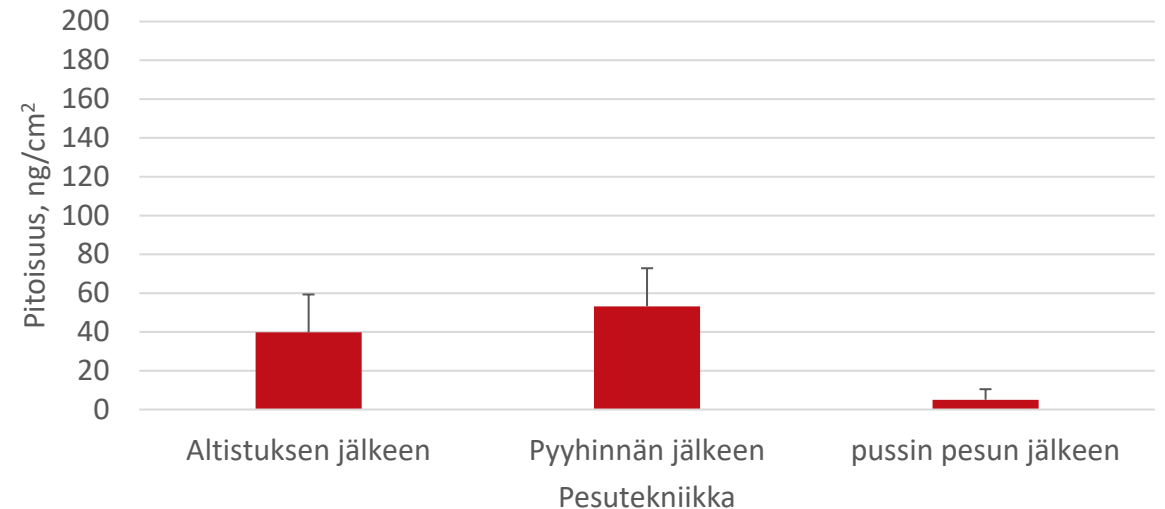
Lämpökameroiden puhdistustehokkuustuloksia

- Tulokset osoittivat, että pintapyyhintä ei puhdistanut PAH-yhdisteitä, mutta yhdistämällä ne vetyperoksidikäsittelyn (testi 1) tai suojaussin rumpupesun kanssa (testi 2) puhdistustehokkuudet olivat 60 % ja 91 %.

PAH-pitoisuudet altistumisen, pyyhinnän, vetyperoksidikäsittelyn jälkeen testissä 1



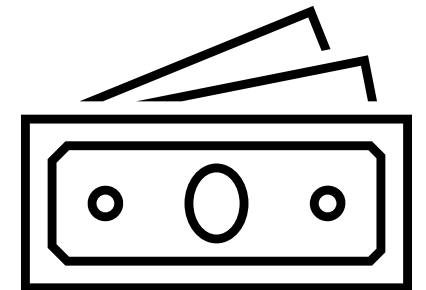
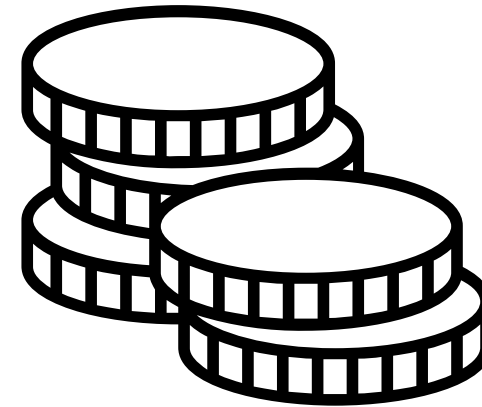
PAH-pitoisuudet, altistamisen, pyyhinnän ja suojaussin rumpupesun jälkeen testissä 2





Puhdistustekniikoiden kustannukset

- **Vesipesu:** Yhden sammutusasun vesipesukerta maksaa keskimäärin noin **2,60 euroa**.
- **Otsonointi:** Yhden sammutusasun käsittelyn hinta on noin **1,50 euroa** jos yksi asu käsitellään päivässä ja jokainen asu yksitellen. Hintaan tulee laskea myös tarvittava vesipesu ja kuivaus ennen otsonointia joten yhteensä hinnaksi tulee **4,1 euroa**.
- **Vetyperoksidikäsittely:** Palvelu pitää ostaa ulkopuoliselta yritykseltä. Palvelun hinta riippuu sopimuksesta. Tutkimuksessa käyttämämme palvelun hinta on noin **63 euroa**/palopuku.
- **Nestemäinen hiilidioksidipesu:** ei ole toistaiseksi saatavilla Suomesta. Decontex NV (Belgia) määrittelee käsittelyn hinnaksi n. **68 euroa**/asukokonaisuus (sisältäen tarkistuksen)
- **Nestemäinen otsonointi:** Palvelu pitää ostaa ulkopuoliselta yritykseltä. Palvelun hinta riippuu sopimuksesta. Tutkimuksessa käyttämämme palvelun hinta on noin **16-20 euroa**/palopuku.





Johtopäätökset 1/3

PALOPUVUT

- Vesipesun 40 °C ja 60 °C pesun puhdistustehokkuuden ero ei ole kovin suuri
- Kaappikuivauksen ja rumpukuivauksen välillä ei myöskään suurta eroa
- Vesipesun puhdistustehokkuus vaihteli pesujen välillä ollen 50-60 %
- Vesipesun vetyperoksidilisäkäsittely ei juuri parantanut puhdistustehokkuutta
- Vesipesun otsonilisäkäsittely paransi hieman pesutehokkuutta
- Vetyperoksidikäsittely ja otsonointi vaikuttivat lisäävän oksi-PAH-yhdisteitä



Johtopäätökset 2/3

PALOPUVUT

- Nestemäisen hiilidioksidin puhdistustehokkuus oli 70-80 % ja puhdistustulokset olivat tasaisia
- LCO₂-käsittely leikkasi tehokkaimmin suurimpia PAH-pitoisuuksia ollen näin lähimpänä EU-komission tavoitetta (1 mg/kg) puhtaasta palotakista.
- Nestemäinen hiilidioksidi osoitti oksi-PAH-yhdisteille noin 95 % puhdistustehokkuutta. Lisäksi LCO₂ käsittelyyn ei sisälly riskiä yhdisteiden puutteellisesta hajoamisesta, joka voisi johtaa esimerkiksi oksi-PAH-yhdisteiden syntyyn.



Johtopäätökset 3/3

PAINEILMALAITTEIDEN KASVO-OSAT

- Ruiskupesukoneen keskimääräinen pesutehokkuus oli 75 %, käsinpesun 87 % ja rumpupesukoneen 94 %

LÄMPÖKAMERAT

- Tulokset osoittivat, että pintapyyhintä ei puhdistanut PAH-yhdisteitä, mutta yhdistämällä ne vetyperoksidikäsittelyn tai suojapussin rumpupesun kanssa puhdistustehokkuudet olivat 60 % ja 91 %.



Suosituksset

Palopuvut

- Normaalipesu keikan jälkeen vesipesulla
- Syväpuhdistus LCO₂:lla kerran tai pari vuodessa
- Otsonointikäsittely tarvittaessa hajun poistoon ehdottoman kuiville varusteille

Paineilmalaitteiden kasvomaskit

- Käsienpesun lisänä suosittelemme rumpu- ja ruiskupesua

Lämpökamerat

- Pyyhinnän tehostamiseksi suosittelemme puhdistamisen tehostamista esimerkiksi vetyperoksidikäsittelyllä



PELASTUSOPISTO

Riikka Salmi | +358295453493 | riikka.salmi@pelastusopisto.fi

Puh. 0295 450 201, PL 1122 (käyntiosoite: Hulkontie 83), 70821 Kuopio | PELASTUSOPISTO.FI | 