

# Palokohteissa työskentelevien suojautumisen haitallisilta yhdisteiltä

## TIIVISTELMÄ

VTT:n ja Työterveyslaitoksen yhteisprojektissa tutkitaan asuntopalokohteissa palon jälkeen työskentelevien ihmisten altistumista terveydelle haitallisille yhdisteille. Tutkimuksessa toteutetaan asuntopaloa jäljitteleviä palokokeita, joiden jälkeen suoritetaan altistumismittauksia poltetuissa tiloissa työskenteleville koehenkilöille. Altistumiskokeilla määritetään työsuorituksen kannalta tarkoituksenmukainen suojavarustus, joka antaa riittävän suojan haitallisilta yhdisteiltä vastaan. Tutkimushanke sisältää kaksi vaihetta: jo päättyneessä ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin palosaneeraajien altistumista, ja parhaillaan käynnissä olevassa toisessa vaiheessa keskitytään palokohteessa ennen saneeraustyötä vierailevien ihmisten altistumisen arviointiin.

kaista palokoetta samankaltaisissa koetiloiissa, jotka oli sisustettu normaalia asuntoa vastaaviksi. Valokuvat koetilojen keittiö- ja olohuone-erätyksistä esitetään kuvissa 2 ja 3.



Kuva 1. Valokuva VTT:n sammutushalliin vaihetta 1 varten rakennetusta koetilasta.

## PALON SYTTYMINEN

Vaiheen 1 kokeissa jäljiteltiin tilannetta, jossa palo alkaa keittiössä tiskipöydällä olevasta kahvinkeitimestä (kuva 4a) ja leviää yläpuolella oleviin keittiökaappeihin. Palon annettiin kehittyä ja levitä vapaasti noin 15 minuutin ajan, jonka jälkeen palotilaa alettiin jäähdyttää vedellä. Loppusammutus suoritettiin 20 minuutin kuluttua kokeen alusta.

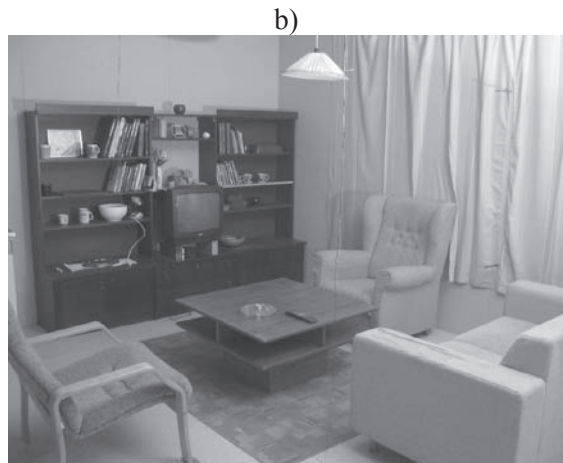
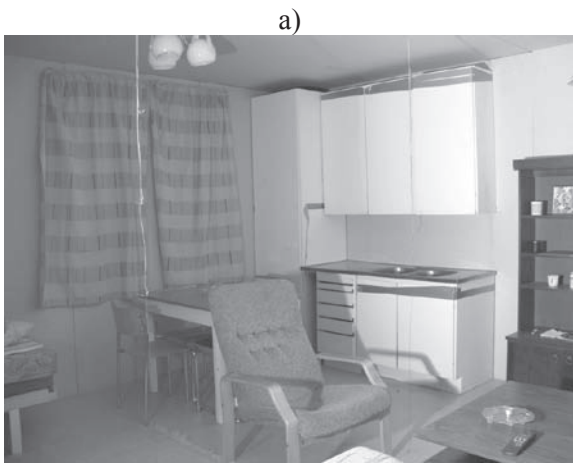
Vaiheen 2 kokeissa jäljiteltiin televisios-ta syttyvää asuntopaloa (kuva 4b). Palon annettiin levitä vapaasti noin yhdeksän minuuttia, minkä jälkeen palotilaa alettiin jäähdyttää vedellä lieskahduksen estämiseksi. Kokeiden loppusammutus suoritettiin noin 11,5-

## PALOKOKEET JÄLJITTELIVÄT ASUNTOPALOA

Altistumismittauksia varten VTT:n sammutushalliin rakennettiin väliaikaisrakentein asuntoa muistuttavat koetilat (kuva 1), joissa suoritettiin asuntopaloa jäljitteleviä palokokeita. Vaiheessa 1 koetilana oli pieni kipsilevyrunkoinen kaksio, jossa keittiö ja olohuone oli erotettu väliseinällä toisistaan. Vaiheen 2 koetila oli pieni yksio, jossa ei ollut väliseiniä. Molemmissa vaiheissa tehtiin kaksi rinnak-

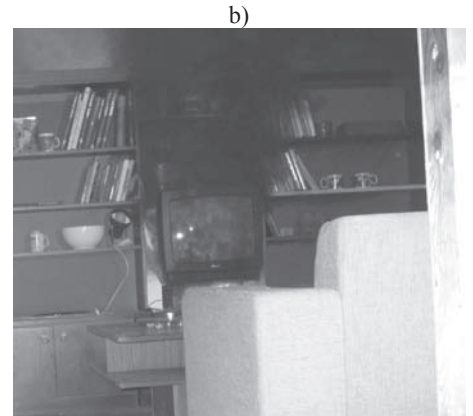
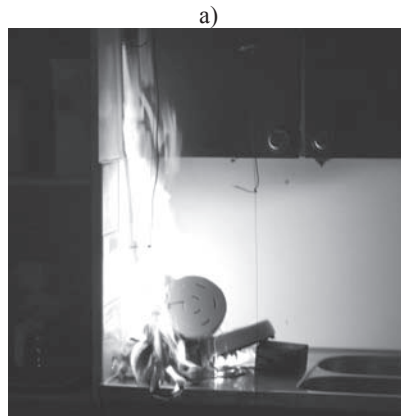
Kuva 2. Näkymä a) keittiöstä ja b) olohuoneenurkuksesta vaiheen 1 koetilassa.





Kuva 3. Näkymä a) keittiöstä ja b) olohuoneenurkkauksesta vaiheen 2 koetilassa.

Kuva 4. a) Vaiheessa 1 jäljiteltiin kahvinkeittimestä lähtevää paloa keittiössä ja b) vaiheessa 2 kirjahyllyyn sijoitetun television paloa.



13 minuutin kuluttua sytytyksestä.

Palon rajoittamisesta ja sammuttamisesta huolehti molempien vaiheiden kokeissa Helsingin Pelastuskoulu.

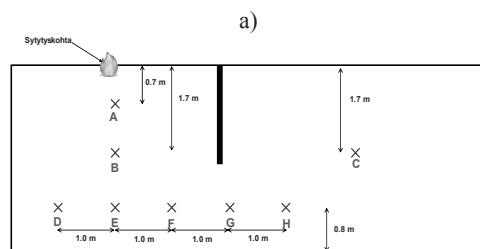
## PALOTEKNISET MITTAUKSET

Kokeiden aikana mitattiin lämpötiloja useita eri mittauspisteistä. Lämpötilamittausten lisäksi tilasta mitattiin myös kaasupitoisuuksia palon aikana. Mittauspisteiden paikat on esitetty kuvassa 5.

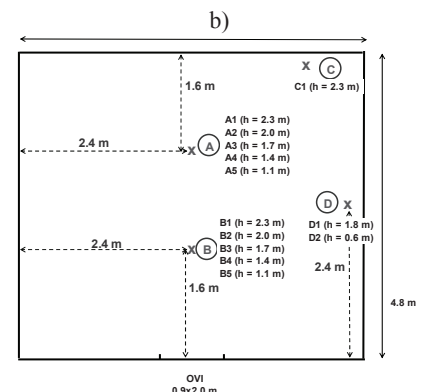
Kuvassa 6 on esitetty samoista pisteistä mitatut lämpötilat molempien vaiheiden rinnakkaiskokeissa. Lämpötila- ja sisäilmamittausten tulosten perusteella koetilojen poltot toteutuivat sekä vaiheessa 1 että 2 molemmissa toistokokeissa samankaltaisina, joten haitallisten yhdisteiden pitoisuuksien voidaan olettaa olleen samankaltaiset molemmissa altistumiskokeissa.

## TILANNE KOKEIDEN JÄLKEEN

Näkymät keittiöstä ja olohuoneesta palon jälkeen esitetään kuvissa 7–8. Ensimmäisen vaiheen kokeissa palo rajoittui keittiökaapistoon ja sen läheisyyteen. Olohuoneen vauriot olivat savuvahinkoja. Toisen vaiheen kokeissa palo rajoittui olohuoneenurkkauksen kirjahyllyyn ja osittain sohvakalustoon. Muu asunto kärsi savuvahinkoja.



Kuva 5. Mittauspisteet a) vaiheen 1 ja b) vaiheen 2 kokeissa.



## ALTISTUMISKOKEISSA NORMAALI JA PARANNETTU SUOJARUSTUS

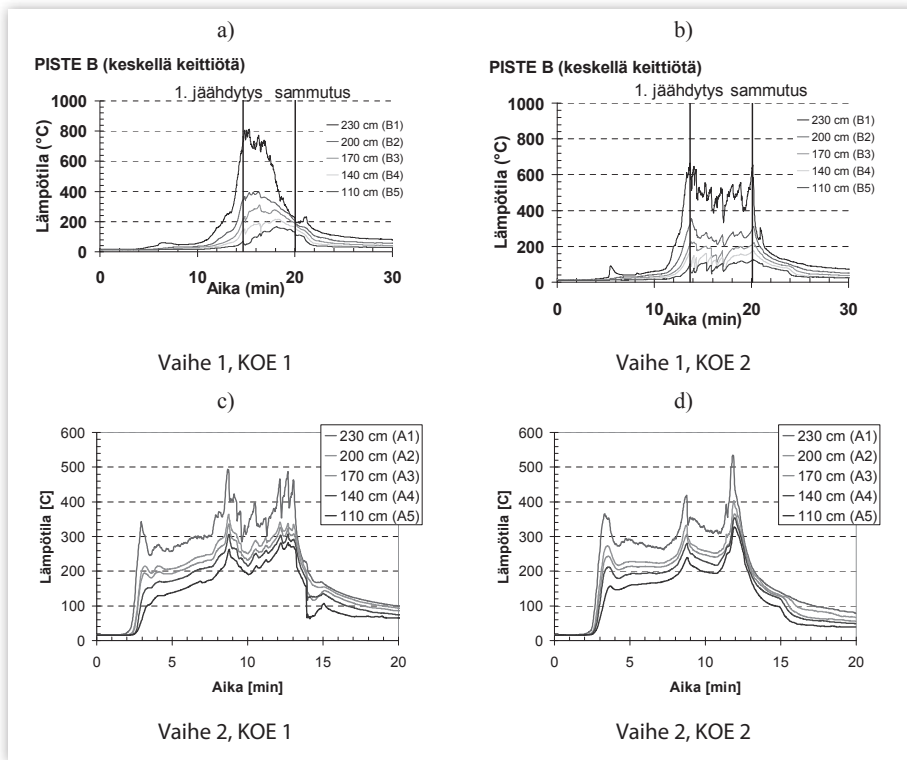
### VAIHE 1 (SANEERAAJIEN ALTISTUMINEN)

Vaiheessa 1 palotila alipaineistettiin kokeen jälkeisenä päivänä. Kolmantena päivänä palokokeiden jälkeen suoritettiin palotilan saneeraus ja altistumiskokeet. Koehenkilöiden suojarustuksena kokeessa 1 oli pitkähihaiset ja -lahkeiset suojavaatteet, hengityksen suojaimeina suodattava ulospuhallusventtiilillä varustettu puolinaamari (suojauskerroin 20) sekä suojakäsineinä kuivatyövaiheessa nahkakäsineet ja märkätyövaiheessa nukatut luonnonkumikäsineet tai nitrilisuojakäsineet (kuva 9a). Kokeessa 2 käytettiin lyhytaikaalialaria pitkähihaisten ja -lahkeisten suoja-

vaatteiden päällä, puhaltimella varustettua hengityksensuojainta (suojauskerroin 200) sekä suojakäsineinä kuivatyövaiheessa kemikaaleilta suojaavia vinyylikäsineitä ja märkätyövaiheessa nitrilisuojakäsineitä (kuva 9b). Suojakäsineiden alla käytettiin kokeessa 2 puuvillaisia aluskäsineitä.

### VAIHE 2 (PALOKOhteessa heti palon jälkeän vieraillevien henkilöiden altistuminen)

Vaiheessa 2 palotilaa ei alipaineistettu. Palokokeita seuraavana päivänä tilassa oleskeli kaksi koehenkilöä, joiden suojarustus kokeessa 1 oli pitkähihainen ja -lahkeinen asu sekä nahkakäsineet (kuva 9c). Koehenkilöt eivät käyttäneet hengityksensuojaimia. Kokeessa 2



Kuva 6. Lämpötilat a) vaiheen 1 kokeessa 1 keskellä keittiötä, b) vaiheen 1 kokeessa 2 keskellä keittiötä, c) vaiheen 2 kokeessa 1 pisteessä A (ks. kuva 5) ja d) vaiheen 2 kokeessa 2 pisteessä A (ks. kuva 5).

pyrenolin ja mukonihapon avulla.

PAH-yhdisteitä muodostuu epätäydellisen orgaanisen materiaalin palamisen seurauksena. PAH-yhdisteet eivät ole akuutisti myrkyllisiä, mutta niiden haitallisuus perustuu niiden pitkäaikaisvaikutuksiin. Tunnetuin näistä vaikutuksista on syöpä, jonka kohde-elimenä ovat keuhkot, iho ja virtsarakko. Bentseeni on myös syöpää aiheuttava aine ja aiheuttaa suurina annoksina luuytimen toimimattomuutta ja myöhäisvaikutuksena leukemiaa.

## VAIHEEN 1 PALOSANEERAAJIEN KOETULOKSET KERTOVAT ALTISTUMISRISKISTÄ

Vaiheen 1 mittaukset osoittivat, että palon jälkeen palokohteessa työskentelevät ja vierailevat ihmiset voivat altistua syöpävaarallisille PAH-yhdisteille, vaikka huoneistoa olisi asianmukaisesti tuuletettu. Palavat materiaalit ja palo-olosuhteet vaikuttavat merkittävästi syntyneisiin epäpuhtauspitoisuuksiin, jotka voivat tietyissä olosuhteissa olla suurempiakin kuin näissä kokeissa havaitut pitoisuudet. Altistumisriski höyrymäisille PAH-yhdisteille pienenee tuuletuksen edetessä, mutta hiukkasmaiset PAH-yhdisteet pysyvät pinnoilla kauemmin ja altistavat sen vuoksi useiden viikkojenkin jälkeen. Mitä aiemmin kohteeseen palon jälkeen mennään, sitä tärkeämpää on käyttää asianmukaista hengityksen suojausta.

Tulokset osoittivat, että hiukkasmaiset ja höyrymäiset PAH-yhdisteet altistivat myös ihon kautta. Huolimatta saneeraajien käsien suojauksesta pieniä määriä PAH-yhdisteitä joutui heidän käsiinsä. Käsien kautta tulevan altistumisen vähentämiseksi suojakäsineiden käyttö on saneeraustyössä ehdottoman tarpeellista. Toinen tärkeä tekijä käsien kautta tulevan altistumisen vähentämiseksi ja käsien kautta välittyvän kontaminaation välttämiseksi on henkilökohtainen hygienia. Käsien pesulla vähennetään merkittävästi käsien kautta välittyvää altistumista ja myös kontaminaatiota.

Koko kehon ihoaltistuminen oli molemmissa kokeissa samansuuruista, vaikka koehenkilöillä oli toisessa kokeessa käytössä lyhytaikahaalari. Tulosta selittää se, että käytetty suojahaalari ei suojaa höyrymäisiltä



Kuva 7. Näkymä a) keittiöstä ja b) olohuoneenurkkauksesta vaiheen 1 koetilassa kokeen jälkeen.



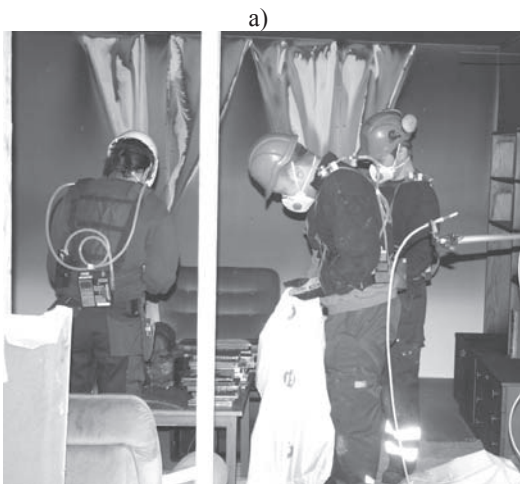
Kuva 8. Näkymä a) keittiöstä ja b) olohuoneenurkkauksesta vaiheen 2 koetilassa kokeen jälkeen.

käytetty suojavarustus oli sama, kuin vaiheen 1 kokeessa 2 (kuva 9d). Kuitenkaan suojakäsineiden alla ei käytetty aluskäsineitä.

## ALTISTUMISEN MÄÄRITYS

Altistumisen määrittämiseksi mitattiin koehenkilöiden hengitysvyöhykkeeltä ilman

PAH-pitoisuudet (PAH = polysykliset aromaattiset hiilivedyt). Koko kehon ihoaltistumista kuvaavat näytteet kerättiin ihoaltistumiskeräimillä suojavaatetuksen alta koehenkilöiden rinnasta ja selästä. Käsiiin joutuneet PAH-yhdisteet mitattiin pesemällä koehenkilöiden kädet auringonkukkaöljyllä. Kokonaisaltistumista naftaleenille, pyreneille ja bentseenille mitattiin virtsan naftolin,



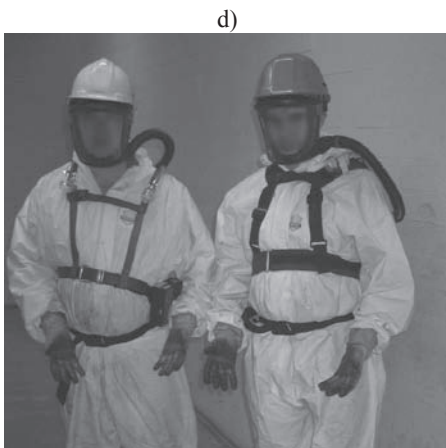
Vaihe 1, KOE 1



Vaihe 1, KOE 2



Vaihe 2, KOE 1



Vaihe 2, KOE 2

PAH-yhdisteiltä. Lisäksi haalareissa esiintyvä pumppausvaikutus voi lisätä koko kehon altistumista. Lyhytaikaahaalarin käyttöä ei siis voi perustella mitaustulosten avulla, mutta sillä voidaan estää päälyysvaatteiden nokeutumisen, joista noki voi edelleen siirtyä henkilön mukana ja altistaa tarpeettomasti myös ulkopuolisia henkilöitä.

Korvien todettiin myös joutuvan alttiiksi saneeraustyössä esiintyvälle pölylle. Korvien suojaaminen on mahdollista puhaltimella varustetulla hengityksensuojaimella, jossa kasvonsuojain sisältää hupun, tai hupulisella haalarilla.

Vaiheen 2 altistumismittaustulosten käsittely on vielä kesken.

## SUOJAUTUMISELLA TYÖTURVALLISUUTTA SANEERAAJILLE

Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen perusteella päädyttiin suosittelemaan saneeraajille puhaltimella varustettua hengityksensuojainta (suojauskerroin 200), jossa on A2-luokan kaasusuodatin ja P3-luokan hiukkassuodatin. Korvien suojaamiseksi tulisi käyttää hengityksensuojainta, jonka kasvonsuojain sisältää hupun ja suojaa näin myös korvat. Tässä yhteydessä on kuitenkin huolehdittava, että

myös kypärä on integroitavissa suojavaarustukseen. Koko keho tulee suojata vähintään puuvillaisella pitkähihaisella ja -lahkeisella suojaahaalarilla tai lyhytaikaahaalarilla. Hupulinen haalari suojaa myös korvia. Kuivatyövaiheessa kädet on syytä suojata tiiviillä käsineillä, joissa on tiivis resori ranteessa, tai käsineillä, jotka muutoin estävät noen pääsyn käsineisiin. Myös purku- ja raivaustyössä esiintyvät terävien esineiden aiheuttamat riskit on otettava huomioon käsineitä valitessa. Märkätyövaiheessa on käytettävä kemikaalikäsineitä, jotka suojaavat pesuaineilta ja pesuveteen liuenneilta epäpuhtauksilta.

Hankkeen toisen vaiheen tuloksena saadaan samankaltainen ohjeistus myös palokohteissa heti palon jälkeen vieraileville henkilöille, kuten muun muassa vahinkotarkastajille, palotarkastajille, poliisin palonsyöntutkijoille, kiinteistöhoitajille ja isännöitsijöille.

## LABORATORIOKOKOKEIDEN TODENTAMINEN CASE-TUTKIMUKSILLA

Hankkeen toiseen vaiheeseen on sisällytetty case-tapauksia, joissa saneeraajien altistumista tutkitaan todellisissa palokohteissa. Case-tapauksia on kaksi, joista saatavien tulosten

*Kuva 9. Suojavaarustus a) vaiheen 1 kokeessa 1, b) vaiheen 1 kokeessa 2, c) vaiheen 2 kokeessa 1 ja d) vaiheen 2 kokeessa 2.*

pohjalta pohditaan, miten edellä mainittua saneeraajien suojautumista tulisi tarkentaa jatkossa.

## TULOSENA SUOJAUTUMISOPAS

Vaiheiden 1 ja 2 tutkimustulokset yhdistämällä saadaan tietoa siitä, miten palopaikoilla palon jälkeen työskentelevien ja vierailevien ihmisten tulee asianmukaisesti suojautua haitallisilta yhdisteiltä. Tältä perustalta laaditaan kirjallinen opas, jota muun muassa pelastuslaitokset, JVT-alan yritykset, vahinkotarkastajat ja työterveysorganisaatiot voivat hyödyntää työturvallisuuden varmistamisessa, työhön ohjauksessa, opetuksessa ja koulutuksessa.

## 1. VAIHEEN LOPPURAPORTTI ON JULKAISTU

Yksityiskohtaisempaa tietoa kokeiden toteutuksesta ja tuloksista löytyy tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen raportista [1], joka on vapaasti saatavilla nettiosoitteessa <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W103.pdf>

## KIITOKSET

Haluamme kiittää kaikkia tutkimuksen onnistumiseen vaikuttaneita VTT:n, Työterveyslaitoksen, jälkivahinkojen saneerausalan, pelastusalan, vakuutusalan, poliisitoimen ja kiinteistöalan työntekijöitä. Erityiskiitokset osoitamme altistumismittauksiin osallistuneille koehenkilöille. ■

## LÄHDELUETTELO

1. Tillander, Kati; Järnström, Helena; Hakkarainen, Tuula; Laitinen, Juha; Mäkelä, Mauri; Oksa, Panu. 2008. Palokohteiden savu-, noki- ja kemikaalijäämät ja niiden vaikutukset työturvallisuuteen. Polttokokeet ja altistumisen arviointi. Espoo, VTT. 67 s. VTT Working Papers; 103. ISBN 978-951-38-7164-2. [Http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W103.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W103.pdf)