



SAVONIA
AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka

Palopäälystön koulutus

OPINNÄYTETYÖ

**HUONEISTOPALON ALKUPALOVAIHEESSA SYNTYVÄT ALTISTEET JA ALKU-
SAMMUTTAJAN TURVALLISUUS**

Lasse Rytönen

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO

Koulutusohjelma

Palopäälylystön koulutusohjelma

Tekijä

Lasse Rytönen

Työn nimi

Huoneistopalon alkupalovaiheessa syntyvät altisteet ja alkusammuttajan turvallisuus

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Opinnäytetyö

28.4.2020

38+0

Työn valvoja

Yrityksen yhdysenkilö

tutkija Marko Hassinen

Yritys

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia huoneistopalon alkupalovaiheessa syntyvien haitallisten aineiden määriä ja pohtia milloin alkusammutustoimet ovat vielä turvallisia suorittaa.

Opinnäytetyössä tehtiin neljä erillistä polttokoetta, joista kolme ensimmäistä keskenään samanlaisia. Kolmessa ensimmäisessä polttokokeessa alkusammuttaja oli huoneistossa sisällä mittalaitteiden kanssa, jotta saimme kerättyä dataa ilmassa leijuvista haitallisista aineista ja pitoisuuksista.

Neljännessä polttokokeessa alkusammuttaja teki alkusammutuksen, jolloin voitiin arvioida alkusammutuksen vaikutusta tulipalosta vapautuviin haitallisiin aineisiin ja alkusammuttajan turvallisuuteen. Kaikki polttokokeet järjestettiin Pelastusopiston harjoitusalueella sijaitsevassa hirsitalosimulaattorissa.

Mittaustulokset osoittavat, että jokainen minuutti syttymisen jälkeen lisää merkittävästi riskiä haitallisten aineiden heti vaarallisille pitoisuuksille, joka pahimmassa tapauksessa tarkoittaa, että auttajasta tulee autettava.

Avainsanat

huoneistopalo, alkusammutus, alkupalovaihe

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Fire Officer (Engineer)

Author

Lasse Rytönen

Title of Project

Harmful substances released in the initial fire phase of an apartment fire and the safety of the firefighter at the initial phase

Type of Project

Date

Pages

Final Project

28 April, 2020

38+0

Academic Supervisor

Company Supervisor

Mr. Marko Hassinen, Research Scientist, Ph. D.

Company

Abstract

The aim of this final project was to study the amounts of harmful substances generated in the initial phase of an apartment fire and to consider when the extinguishing operations with a portable extinguisher are still safe to perform.

Four separate fire simulations were performed for the thesis, out of which the first three were similar to each other. In the first three test fires, the person extinguishing in the initial phase was inside the apartment with measuring equipment so that data could be collected on the type of harmful substances and their concentrations in the air.

In the fourth fire simulation, the first responder extinguished the initial phase of a fire with a portable extinguisher, in which case it was possible to assess the effect of extinguishing measures taken on the harmful substances released from the fire and the safety of the person using the extinguisher. All test fires were conducted in a log house simulator located at the training area of the Emergency Services Academy Finland.

The measurement results show that each minute after the ignition significantly increases the risk of immediately dangerous concentrations of harmful substances. In the worst case, it means that the helper becomes the one in need of help.

eywords

apartment fire, portable extinguisher, initial phase of fire

Confidentiality

public

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia Kodinkonepalot–hankkeeseen osallistuneita henkilöitä, jotka antoivat arvokkaita näkökulmia ja tietämystä työni pohjaksi. Kotiväelle haluan myös esittää suuren kiitoksen kaikesta tuesta koko opintojeni aikana.

Rovaniemellä 28.4.2020

Lasse Rytönen

SISÄLTÖ

KÄSITTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 AIEMMAT TUTKIMUKSET	9
3 ALTISTUMINEN TULIPALOSSA JA ALTISTUMISREITIT	10
3.1 Iho	10
3.2 Hengitystiet	11
3.3 Ruuansulatuskanava	11
3.4 Palokaasujen myrkyllisyys	11
3.5 Tulipalossa syntyvien altisteiden vaikutukset terveyteen	12
4 ALKUSAMMUTUSMENETELMÄT	14
4.1 Sammuttaminen	14
4.2 Sammutteet	14
4.2.1 Vesi	15
4.2.2 Hiilidioksidi	15
4.2.3 Sammutusjauheet	16
4.2.4 Sammutusvaahdot	17
5 TAPAUSTUTKIMUS	18
5.1 Tilastotietoa	18
5.2 Testausympäristö	19
5.3 Testaustapahtumat	20
5.4 Mittausvälineet ja menetelmät sekä dokumentointi	21

6	TULOKSET	24
6.1	Pitoisuudet alkusammuttajan sammutuspisteessä	25
6.2	Pitoisuudet alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä	31
6.3	Lämpötilat	34
7	POHDINTA	35
	LÄHTEET	37

KÄSITTEET JA SANASTO

Tässä luvussa avaan pelastusalan termistöä ja käsitteitä, koska tekstissä esiintyy pelastusalan ulkopuoliselle lukijalle vieraita termejä ja lyhenteitä. Lähteenä olen käyttänyt muun muassa Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö ry:n ja Suomen Palopäällystyöliiton kustantamaa ja Sanastokeskus TSK ry:n julkaisemaa Palo- ja pelastussanasto 2006 kirjaa.

Huoneistopalo kehittyminen jaetaan vaiheisiin. **Alkupalo** on palon syttymisestä alkava palon vaihe, joka päättyy lieskahdukseen, vakiotehon vaiheeseen tai hiipumiseen (Palo- ja pelastussanasto 2006).

Alkusammutus on palonalun sammuttamista käsillä olevin välinein (Palo- ja pelastussanasto 2006).

Alkusammutin on nopeasti käyttöön otettava ja helposti käytettävä sammutin (Palo- ja pelastussanasto 2006).

IDHL-arvolla tarkoitetaan terveydelle heti vaarallisen pitoisuuden arvoa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2016).

HTP-arvot ovat sosiaali- ja terveysministeriön arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle (Sosiaali- ja terveysministeriö 2016).

TUKES: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

1 JOHDANTO

Valitsin opinnäytetyön aiheeksi huoneistopalon alkupalovaiheessa syntyvät altisteet ja alkusamuttajan turvallisuuden, koska työskentelin tutkimusapulaisen Pelastusopiston tutkimus-, kehittämis- ja innovaatioyksikössä kodinkonepalot – hankkeessa. Kodinkonepalot – hanke käsitteli henkilöiden altistumista niin alkusamuttajan, pelastajan kuin palo- saneeraajan osalta. Opinnäytetyöni kohdistuu erityisesti huoneistopalon alkupalovaiheessa syntyviin altisteisiin ja niiden määriin. Opinnäytetyön tarkoituksena on myös poh- tia sitä, milloin alkusammutus on turvallista.

AS1-kouluttajakoulutuksen materiaaleissa todetaan, että aikaa alkusammutukseen tulipa- lon alkamisesta on noin 2 min 30 sekuntia. Polttokokeiden avulla pystyimme selvittämään numeraaliset faktat siitä, mitä haitallisia aineita huoneistopalon alkupalovaiheessa syntyy ja kuinka paljon.

Pelastustoimen näkökulmasta altistumisesta puhuminen on varsin tärkeää, koska järjes- tämme alkusammutuskoulutuksia, neuvomme ja valistamme kansalaisia toimimaan tuli- palotilanteissa oikein, joten meidän täytyy olla varmoja siitä, että neuvomme ja ohjeis- tamme heitä ennen kaikkea turvalliseen toimintaan.

2 AIEMMAT TUTKIMUKSET

Työterveyslaitoksen ja Pelastusopiston tieteellisessä artikkelissa ”Firefighters’ multiple exposure assessments in practice” on arvioitu palomiesten altistumisen terveysriskejä tilanteissa, joissa palomies altistuu samanaikaisesti usean altistumisreitin kautta (Laitinen ym. 2012, 1.).

Turvatekniikan keskus on tutkinut kylmälaitteiden lämmöneristemateriaalien palo-ominaisuuksia vuonna 2002. Tutkimusta varten TUKES hankki markkinoilla olevia kylmälaitteita polttokokeisiin. Tuloksena todettiin, että nykyisin kylmälaitteissa käytettävät polyuretaanivaahdot ovat erittäin tulenarkoja, mutta niiden palo-ominaisuuksia voidaan merkittävästi parantaa palonestoaineiden käytöllä. (Mannila 2002, 2.)

Työterveyslaitos on tutkinut, vähentääkö Skellefteå-malli palomiesten altistumista. Hankkeessa otettiin selvää palomiesten kemiallisesta altistumisesta eri aineille eri altistumisreittien kautta. Lisäksi hankkeessa etsittiin sellaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat palomiesten kokonaisaltistumiseen. Hankkeessa todettiin, että perinteistä mallia noudattavien palomiesten käsien kautta tuleva altistuminen kasvoi savusukellusajan kasvaessa ja heidän pitoisuudet olivat suurempia verrattuna Skellefteå-mallia noudattaviin palomiehiin. (Laitinen ym. 2016, 4-6.)

Työterveyslaitoksen ja VTT:n toteuttaman ”Palokohteiden savu-, noki- ja kemikaalijäämät ja niiden vaikutukset työturvallisuuteen” –tutkimushankkeen tarkoituksena oli selvittää palopaikoilla esiintyvät terveydelle haitalliset yhdisteet ja palopaikoilla työskentelevien altistuminen niille. Hankkeessa todettiin, että palopaikalla työskentelevät ihmiset voivat altistua syöpävaarallisille yhdisteille eri altistumisreittejä pitkin, vaikka tila tai palohuoneisto olisi tuuletettu asianmukaisesti. (Tillander ym. 2008, 3-9.)

3 ALTISTUMINEN TULIPALOSSA JA ALTISTUMISREITIT

Tulipalossa syntyviin kemiallisiin epäpuhtauksiin vaikuttaa merkittävästi palava materiaali sekä ympäröivät olosuhteet. Nykypäivänä rakennusmateriaalit ja huonekalut sisältävät yhä enemmän erilaisia muoveja, jotka palaessaan päästävät ilmaan paljon epäpuhtauksia. Tulipalon aikana esiintyy useimmiten kaasumaisia ja hiukkasmaisia yhdisteitä, mutta mitä kauemmin tulipalosta on kulunut aikaa, sitä todennäköisempää on, että ilmassa esiintyvät epäpuhtaudet ovat hiukkasmaisia. (Laitinen ym. 2010, 5.)

Altistumisella tarkoitetaan jonkin aineen tai tekijän, joka voi vaikuttaa terveyteen, esiintymistä henkilön välittömässä läheisyydessä. Ihminen altistuu haitallisille yhdisteille yleisimmin ruoansulatuskanavan, hengitystien tai ihon kautta. Hengitysilman mukana keuhkoihin voi kulkeutua hiukkasia tai kaasumaisia yhdisteitä. (Heikkilä 2007.)

Altistumisreitit ovat hyvin monisäikeisiä, ja altistumista voi tapahtua yhtä aikaa montakin eri reittiä. Esimerkiksi alkusammuttaja toimiessaan altistuu savun haitallisille yhdisteille hengityksen sekä ihon kautta. Altistumisen kesto tulee ottaa kuitenkin huomioon arvioitaessa vaikutuksia. Altistuminen voi olla hetkellistä, jatkuvaa ja kokoaikaista tai jotakin siltä väliltä. (THL 2019.)

3.1 Iho

Ihoaltistumisessa kemikaalit imeytyvät ihon päällimmäisiin kerroksiin. Vaikka ihon pintaa pestäänkin altistumisten jälkeen, epäpuhtauden jatkavat imeytymistään ihon syvempiin osiin ja lopulta kemikaalit pääsevät verenkiertoon. Ihoaltistuminen ei siis lopu, vaikka näkyvät epäpuhtaudet poistettaisiinkin ihon pinnalta. Ihoaltistumiseen vaikuttavat muun muassa ihon paksuus, rasvakerroksen toimivuus, hikoilu sekä ihon lämpötila. (Laitinen ym. 2010, 6 – 8.)

3.2 Hengitystiet

Hengitysteiden kautta tapahtuva altistuminen ja sen laajuus on riippuvainen aineen hiukkaskoosta, eli mitä pienempi hiukkaskoko on, sitä pidemmälle hiukkanen etenee keuhkoihin. Hengitystiealtistumiseen vaikuttaa oleellisesti altisteen höyrynpaine, sen veren ja ilman välinen jakaantumissuhde sekä aineen pölyävyys. Myös fyysinen työ, joka nostaa hengitystaajuutta, lisää samalla altistumista. (Laitinen ym. 2010, 6 – 8.)

3.3 Ruuansulatuskanava

Mikäli tilanteessa altistutaan ihon kautta, on enemmän kuin todennäköistä, että altistuu myös ruuansulatuskanavan kautta. Ihossa olevat epäpuhtaudet kulkeutuvat huomaamatta käsien kautta suuhun. Jos tilanteessa ei käytetä asianmukaista hengityksen suojausta, myös osa hengitysilmassa leijuvista kiinteistä hiukkasista joutuu suuhun ja tulee viimein nieltäväksi. Ruuansulatuskanavan kautta tapahtuvaa altistumista lisäävät huono ihon hygienia, työskentely ilman asianmukaisia suojaimia sekä tupakointi. (Laitinen ym. 2010, 9.)

3.4 Palokaasujen myrkyllisyys

Myrkyllisiä kaasuja on lukuisia, ja ne jaetaan tyypillisesti kahteen pääluokkaan; lamaaviin ja ärsyttäviin kaasuihin. Lamaavia kaasuja ovat hiilidioksidi (CO_2), syaanivety (HCN) ja hiilimonoksidi (CO) eli tunnetummin häkä. Hiilimonoksidi on yksi savun merkittävimmistä vaarallisista aineista. Hiilimonoksidin (CO) määrä savussa riippuu palavasta aineesta, mutta joka tapauksessa savussa on runsaasti häkää. Häkää syntyy epätäydellisessä palamisessa, erityisesti silloin kun on kyse happivajeesta. Tällaiset olosuhteet ovat tyypilliset esimerkiksi sisätiloissa tapahtuvassa tulipalossa. Häkäkaasun myrkyllisyys johtuu siitä, että se sitoutuu veren punasolujen hemoglobiiniin 240 kertaa happea paremmin. Häkäkaasun hengittäminen pienentää valtimoveren happipitoisuutta, ja tämän vuoksi veren hapenkuljetuskyky heikkenee. Syaanivetyä (HCN) voi syntyä tyypeä sisältävien aineiden, esimerkiksi villan tai polyuretaanin, palaessa. Syaanivety on nopeasti vaikuttava myrkky, ja se on 20 kertaa myrkyllisempää kuin hiilimonoksidi. Hiilidioksidia (CO_2) on myös savussa runsaasti. Hiilidioksidin määrä veressä vaikuttaa ihmisen hengitystiheyteen ja -syvyyteen. Mitä enemmän hiilidioksidia on veressä, sitä tiheämpää hengitys on, jolloin hengitysvoimakkuuden kasvamisen takia kehoon imeytyy enemmän

muuta palopaikan ilmassa esiintyviä myrkyllisiä kaasuja. Palokaasujen sisältämiä ärsyttäviä kaasuja ovat muun muassa akroleini, kloorivety ja typpioksidi. Edellä mainittujen lisäksi savussa voi esiintyä esimerkiksi rikkidioksidia, ammoniakkia, fluorivetyä, bromivetyä, isosyaniitteja fosforin yhdisteitä sekä eräitä hiilivetyjä. Kaikki edellä mainitut kaasut ärsyttävät voimakkaasti silmiä ja hengityselinten yläosia. Kloorivetyä syntyy esimerkiksi muovien, erityisesti PVC- muovin, palaessa. Typpioksideja (NO ja NO₂) syntyy korkeissa lämpötiloissa tyypeä sisältävien aineiden palaessa. (Hyttinen ym. 2012, 53 – 55.)

3.5 Tulipalossa syntyvien altisteiden vaikutukset terveyteen

Tulipalossa syntyvien altisteiden haittavaikutukset jaetaan kahteen luokkaan; hetkellisiin ja pitkäkestoisiin. Hetkelliset vaikutukset ilmenevät yleensä välittömästi altistumisen jälkeen, mutta myös häviävät nopeasti altistumisen päättymisen jälkeen. Oireet ovat yleensä helposti tunnistettavissa ja yhdistettävissä oireiden aiheuttajaan. Hetkellisiä oireita voivat esimerkiksi olla hengityselimistön, ihon tai silmien ärsytys, huimaus, päänsärky tai huono olo. Lyhyen altistumisen hetkelliset vaikutukset on esitetty taulukossa yksi. (Laitinen ym. 2010, 10.)

Pitkäaikaiset vaikutukset etenevät huomaamattomasti ajan kuluessa, niitä ei yleensä osata heti yhdistää aiheuttajaansa. Muutokset ovat usein sellaisia, jotka jättävät pysyviä muutoksia altistuneelle henkilölle. Oireet voivat olla lähimuistin häiriöitä, ääreishermoston oireita, dementiaa tai jopa persoonallisuuden muutoksia. Pitkäkestoisen altistumisen vaikutukset voi pahimmillaan aiheuttaa muutoksia jopa luuytimeen, virtsarakkoon, ihoon sekä munuaisiin ja maksaan. Pitkäkestoisen altistumisen vaikutukset on esitetty taulukossa kaksi. (Laitinen ym. 2010, 10.)

Taulukko 1. Lyhyen altistumisen hetkelliset vaikutukset (Laitinen ym, 2010. 10.)

Aine	Vaikutukset
Asbesti	Aiheuttaa ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä
Bentseeni	Vastaavat oireet kuin syaanivedyllä. Lisäksi aiheuttaa tajunnantason laskua sekä tajuttomuutta
Formaldehydi	Ärsyttää voimakkaasti silmiä ja hengitysteitä. Voi aiheuttaa nenänielun syöpää.
Hiilimonoksidi	Kerryttää karboksihemoglobiinia elimistöön, mikä voi johtaa sydämen toimintahäiriöihin.
PAH-yhdisteet (engl. polycyclic aromatic hydrocarbons)	Ärsyttää hengityselimiä, sekä vaikuttaa ihoon tulehduksina, tummumisena sekä valoyliherkkyytenä.
Syaanivety	Ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. Suurina määrinä voi katkaista soluhengityksen.

Taulukko 2. Pitkäkestoisen altistumisen pitkäaikaisvaikutukset (Laitinen ym, 2010. 11.)

Aine	Vaikutukset
Asbesti	Pitkäaikainen altistuminen voi vahingoittaa keuhkoja. Vatsaontelon ja keuhkopussin syöpäriski kasvaa.
Bentseeni	Voi seurata muutoksia luuytimessä ja immuunijärjestelmässä. Voi aiheuttaa myös leukemiaa.
Formaldehydi	Voi aiheuttaa syöpää.
Hiilimonoksidi	Pysyvät vaikutukset verenkiertoelimiin ja keskushermostoon.
PAH-yhdisteet	Voi aiheuttaa keuhko- ja ihosyöpää.
Syaanivety	Aivot ovat herkin elin syaanivedyn pitkäaikaisvaikutuksille. Muutoksia kilpirauhasen toiminnassa.

4 ALKUSAMMUTUSMENETELMÄT

4.1 Sammuttaminen

Jotta palamista tapahtuisi, tulee kaikkien palamisen perusedellytysten olla yhtäaikaaisesti voimassa. Liekkipalo tarvitsee riittävästi lämpöä, happea (ilmaa) ja polttoainetta sekä häiriintymättömän kemiallisen reaktion. Hehkupalossa puolestaan happi yhtyy suoraan polttoaineeseen aineen pinnalla ilman kemiallista reaktiota. Hehkupalon edellytykset ovat siis riittävä lämpötila, polttoaine ja happi. (Hyttinen ym. 2012, 17.)

Sammuttamisella tarkoitetaan palamisen edellytysten poistamista. Palo sammuu, kun vähintään yksi edellytyksistä poistetaan tavalla tai toisella. Sammutustyö on tehokkaampaa, mikäli kyetään poistamaan useampi edellytys yhtäaikaisesti. (Hyttinen ym. 2012, 84.)

Sammutusmenetelmiä on neljä erilaista, jotka on nimetty kyseisen menetelmän vaikutuksen mukaan. Lämpötilaa alennettaessa puhutaan **jäähdyttämisestä**. Jäähdytettäessä lämpötila alennetaan niin alhaiseksi, että tulipalo sammuu, ja palo ei syty uudestaan jäähdytyksen loputtua. **Tukahduttamisella** tarkoitetaan happipitoisuuden alentamista sellaiseksi, että palaminen loppuu ja ei ole enää mahdollista. Ilman normaali happipitoisuus on noin 21 % ja useimmat liekkipalot sammuvat, kun ilman happipitoisuus on 12–15 t- %. **Sammutusraivauksella** tarkoitetaan palon rajoittamista ja sammuttamista poistamalla palava aine palokohteesta sekä sen välittömästä läheisyydestä. **Inhibitio** on kemiallisen reaktion hidastamista, ja sillä voidaan tehokkaasti poistaa paloa ylläpitävät reaktiiviset, virittyneet radikaalit. (Hyttinen ym. 2012, 84 – 94.)

4.2 Sammutteet

Erilaisia sammutteita käytetään palojen sammuttamiseen, sammuttajan suojaamiseen lämpösäteilyltä sekä palonehkäisyyden poistamiseen. Perinteisesti sammuttamiseen käytetään vain yhtä sammutetta, esimerkiksi vettä. Yhä useammissa tapauksissa päästäisiin parempiin lopputuloksiin, tehokkaampaan ja nopeampaan sammuttamiseen, mikäli käytettäisiin useampaa sammutetta yhtäaikaisesti. Edellä mainitussa tilanteessa kyseessä on sammutteiden yhteiskäyttö. Esimerkiksi palavan nesteeseen palo sammutetaan ensin jauhesammuttimella, minkä jälkeen suljetaan pois uudelleen syttymisen mahdollisuus tekemällä vaahtopatja

nesteen pinnalle, tämä patja estää kuumia pintoja ja kipinöitä sytyttämästä nestettä uudelleen. (Hyttinen ym. 2012, 95.)

4.2.1 Vesi

Sammutteena vesi on ympäristöystävällinen, vettä löytyy melkein paikasta kuin paikasta, ja ennen kaikkea se on tehokas sammute tulipalojen sammuttamiseen. Veden ensisijainen sammutusvaikutus perustuu jäähdytysvaikutukseen, ja esimerkiksi huoneistopalon sammutuksessa sammutustehoa lisää vesihöyryn tukahdutusvaikutus. Tulipaloon sumutettu vesi kuumenee ja höyrystyy, jolloin se sitoo 2.6 MJ lämpöä yhtä vesikilogrammaa kohti. Veden nestemäinen osa siis sitoo itseensä lämpöä eristäen samalla palavan aineen ilmasta, ja osa vedestä puolestaan höyrystyy ja sitoo höyrystymislämmöt palavasta nesteestä.

Vesi on todella hyvä sammute, mutta sen käyttö tulipalossa täytyy olla tarkkaan mietittyä. On olemassa tulipaloja, joiden sammutukseen vesi ei sovellu huonostikaan. Vesi reagoi sekä kemiallisesti että fyysisesti tiettyjen kemikaalien kanssa aiheuttaen haittoja tai vaaratilanteita, jotka on huomioitava sammutustilanteissa. Esimerkiksi veden kosketus palavaan metalliin (magnesium tai sinkki) vapauttaa vetyä ja happea. Vety taas palaa räjähdysmäisesti ja saa metallin räiskymään ympäristöön. (Hyttinen 2012, 97.)

4.2.2 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on hajuton ja väritön inerttikaasu, joka johtaa heikosti sähköä, mutta reagoi eräiden palavien metallien kanssa. Hiilidioksidi on sammute, joka ei sotke ympäristöä eikä aiheuta korroosiota metallipinnoilla. Hiilidioksidi syrjäyttää tilasta happea, ja kun ilman happipitoisuus tilassa laskee alle 12 – 15 t- %:n, useimmat liekkipalot sammuvat. Hiilidioksidin jäähdytysvaikutus on riippuvainen hiilidioksidin lämpötilasta. Hiilidioksidi soveltuu hyvin esimerkiksi sähkö- ja ATK-tilojen sekä kaapelitilojen alkusammutuskalustoksi. Magnesiumin tai natriumin sammutukseen hiilidioksidi ei ole toimiva, koska kyseiset metallit hajottavat hiilidioksidin. Myöskään ulkotiloissa hiilidioksidi ei toimi, koska hiilidioksidi helposti karkaa tuuleen mukana ympäristöön. (Hyttinen 2012, 101–103.)

4.2.3 Sammutusjauheet

Sammutusjauheet jaetaan seuraaviin kahteen luokkaan:

- ABC-jauhe, joka soveltuu A-, B-, ja C-luokkien tulipalojen sammuttamiseen. ABC-jauhe sammuttaa liekkipalon.
- BC-jauhetta käytetään B- ja C-luokkien paloihin. BC-jauhe sammuttaa myös liekkipalon.

Sammutusjauheet koostuvat pääasiallisesti neljästä eri komponentista, jotka ovat seuraavat: (Hyttinen 2012, 106.)

- Aktiivinen komponentti on usein epäorgaaninen suola tai urea, esimerkiksi natriumkarbonaatti tai kaliumsulfaatti.
- Sammuttimissa käytetään liukastetta, jonka tarkoituksena edistää sammutteen liikkumista sammuttimen letkussa. Liukaste on tyypillisesti piioksidia, talkkia, kiillettä tai bariumsulfaattia.
- Paakkuuntumisen estoaineen tarkoituksena on estää jauherakeiden kiinnittyminen toisiinsa sammuttesäilössä. Paakkuuntumisen estoaineena voidaan käyttää esimerkiksi silikoniöljyä
- Veden hylkivyyttä parantavilla ainesosilla estetään kideveden imeytyminen suolakenteisiin ja tästä aiheutuva paakkuuntuminen.

4.2.4 Sammutusvaahdot

Alkusammutuksessa käytettäviä vaahtoja on useita erilaisia ja pääsääntöisesti ne sopivat parhaiten lämpimiin sisätiloihin. Sopivia käyttökohteita vahto- ja nestesammuttimille ovat julkiset tilat, kuten koulut, sairaalat ja hotellit. Yksityiskotiin vaahtosammutin on myös oiva ratkaisu.

Nykyaikaiset vahto- ja nestesammuttimet ovat AB-luokissa yhtä tehokkaita sammuttimia kuin jauhesammuttimet. Vahto- tai nestesammuttimella tehtävässä alkusammutustilanteessa näkyvyys säilyy huomattavasti parempana kuin jauhesammuttimella tehtävässä alkusammutustilanteessa. Vahto- ja nestesammuttimien sammutteet ovat myös paljon helpompia siivota käytön jälkeen. Vahto- ja nestesammuttimet eivät kuitenkaan sovellu kaikkialle. Kyseisien sammuttimien käyttölämpötilat rajoittavat sammuttimien sijoittamisen esimerkiksi pihamaalle, koska pakkanen jäädyttää sammutteen sammuttimen sisälle ja sammutin ei välttämättä toimikaan siten kuin se on suunniteltu. Vahto- ja nestesammuttimet eivät myöskään sovi ainoaksi sammuttimeksi sellaisiin tiloihin, joissa on kaasupalojen vaara. (Käsisammuttimien aakkoset 2016.)

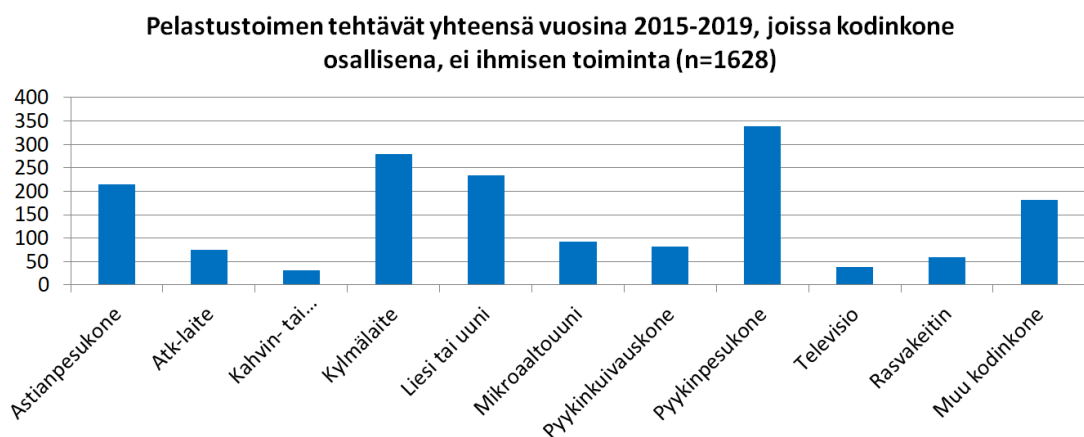
Tähän opinnäytetyöhön liittyvien polttokokeiden sammuttamiseen käytettiin Glorian valmistamaa 6 litran neste-/ vaahtosammutinta. Sammuttimen teholuokka on 43A183B ja sammutteena oli vesipohjainen vaahtoneste / Imprex S Eco C6. Kyseisen sammuttimen käyttölämpötila on määritelty välille 0°C - + 60°C. Testissä arvioitiin, että sammutetta kului alkusammutukseen noin viisi (5) litraa.

5 TAPAUSTUTKIMUS

Kaikki polttokokeet järjestettiin Pelastusopiston harjoitusalueen hirsitalosimulaattorissa. Kolme ensimmäistä testiä olivat keskenään samanlaisia, ja neljännessä testissä alkusammuttaja teki itse sammutustyön, jolloin voitiin arvioida sammutustyön vaikutuksia altistumiseen ja alkusammuttajan turvallisuuteen. Hirsitalo on Pelastusopiston harjoituskäyttöön suunniteltu yksikerroksinen ja kolmihuoneinen rakennus, jossa pystytään simuloimaan todelliset tulipalon tilanteet oikealla tulella ja sammutustoimenpiteet vedellä. Polttokokeiden syttymiskohdaksi valikoitui astianpesukone, koska tilastot osoittavat, että vuosittain syttyy satoja tulipaloja, joiden aiheuttajana on jokin kodinkone.

5.1 Tilastotietoa

Kuvassa yksi on esitetty vuosina 2015 – 2019 pelastustoimen kaikki 1628 tehtävää, joissa tehtävän aiheuttajana oli kodinkone (rakennuspalot, rakennuspalovaarat sekä tarkistus- ja varmistustehtävät). Edellä mainitusta tehtävämäärästä syttymissyynä ihmisen toiminta on rajattu pois. Vuosittain tällaisia tehtäviä tulee keskimäärin 326 kappaletta. Suurimpana tehtävien aiheuttajana on pyykinpesukone (339 kpl) ja toiseksi eniten tehtäviä aiheuttaa kylmälaitteet (280 kpl).



Kuva 1. Pelastustoimen tehtävät yhteensä vuosina 2015 – 2019, joissa kodinkone on ollut osallisena.

5.2 Testausympäristö

Pelastusopiston harjoitusalueen hirsitalon keskimmaiseen huoneeseen rakennettiin todenmukainen keittiöympäristö, johon lavastettiin tavanomainen astianpesukoneesta alkava huoneistopalo. Keittiön kaapistoon työskentelykorkeudelle integroitu astianpesukone syytettiin palaamaan laitteen käyttöpaneelista polttonesteeseen kastetun sytytystyynyn ja nestekaasupolttimen avulla. Kuvassa kaksi on esitetty poltettavan keittiön naamakuvaa.



Kuva 2. Keittiön naamakuvaa ja astianpesukoneen sijoitus.

Keittiön kalustus on tavanomainen kalustelevystä rakennettu kaapisto. Välitilassa on käytetty nykyisin suosittua muovista välitilanlevyä. Keittiön tasolle laitettiin pieniä kodinkoneita (leivänpaahdin, kahvinkeitin yms.) sekä erilaisia keittiötarvikkeita, jotka kuvastavat tavanomaisen ihmisen keittiötä. Keittiöt purettiin Niiralan Kulma Oy:n omistamasta remontoitavasta kerrostalosta, joten koeasetelman kalusteet olivat hyvinkin todenmukaiset.

5.3 Testaustapahtumat

Polttokoe tehtiin neljä kertaa. Kolmella ensimmäisellä kerralla paloasuun ja paineilmalaitteeseen pukeutunut alkusammuttaja kävi seisomassa hetken aikaa palavassa keittiössä ”keräten” samalla huoneilmasta näytteet mittareiden suodattimiin ja poistui tilasta (kuva 3.). Alkusammuttajan varusteisiin oli kiinnitetty kerääviä mittareita, jotka mittasivat muun muassa syaanivetyä, häkää ja typenoksideja. Työterveyslaitos asensi tilaan myös suoraan osoittavia mittareita, joista mittausdata saatiin testien jälkeen tietokoneen avulla luettavaksi. Neljännessä poltossa samainen paloasuun ja paineilmalaitteeseen pukeutunut alkusammuttaja sammutti palon alkusammuttimella (6 l vaahtosammutin), jolloin voitiin arvioida sammutustyön vaikutusta olosuhteisiin ja turvallisuuteen. Keräävien mittareiden numeraaliset tulokset saatiin jälkepäin laboratoriotutkimusten avulla.



Kuva 3. ”Alkusammuttaja” keräämässä dataa palon alkuvaiheessa.

Testeissä mitattiin myös palomiehen altistumista sammutustyön aikana. Kolmessa ensimmäisessä testissä palon annettiin kehittyä palokunnan saapumiseen saakka. 13 minuuttia palon syttymisen jälkeen sammutuspari aloitti sammutustyön vedellä. Palomiesten altistumista mitattiin samanlaisilla mittareilla kuin alkusammuttajaakin ja lisäksi toiselta palomieheltä kerättiin biomonitorointinäytteet. Jokaisen polton jälkeisenä aamuna kohteeseen saapui palosaneeraaja, joka saneerasi keittiön lähtötilanteeseen. Palosaneeraaja käytti samoja suojaimia, joita hän käyttää työssään vastaavissa tehtävissä. Myös saneeraajan altistumista mitattiin keräävillä varusteisiin kiinnitetyillä mittareilla sekä biomonitoroinnilla. Tällä menettelyllä saatiin dataa myös palosaneeraajan altistumisesta, vaikka sitä ei tässä työssä käsiteltykään.

5.4 Mittausvälineet ja menetelmät sekä dokumentointi

Altistusmittaukset aloitettiin tekemällä niin sanotut 0-mittaukset. Niissä oli tarkoituksena selvittää haitallisten aineiden pitoisuudet, joita hirsitalossa jo lähtötilanteessa oli. Kyseistä hirsitalosimulaattoria oli käytetty harjoitteluun useita kertoja ennen meidän testejä, joten 0-mittaukset olivat välttämättömiä. Testien dokumentointiin käytettiin lämpökameraa, actionkameraa, videokameraa sekä järjestelmäkameraa. Kamerat olivat sijoitettu keittiön vastakkaiselle seinälle jalustoilleen vierekkäin. Mittasimme myös huonetilan lämpötiloja neljältä eri korkeudelta Pelastusopiston DASyLab-järjestelmällä.

Palossa syntyviä hiilimonoksidia, typenoksideja, syaanivetyä ja hiukkasia mitattiin keräävillä mittareilla kiinteästä mittauspaikasta, kohdasta, josta alkusammuttaja ja palomies sammuttivat paloa (Kuva 4.). Tämän lisäksi kyseisestä paikasta mitattiin aldehydien, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden, syaanivedyn, kloori- ja fluorivetyhapon sekä polyyklisten aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet keräävillä mittareilla. Näiden lisäksi alkusammuttajan ja palomiehen hengitysvyöhykkeeltä mitattiin hengittyvän pölyn pitoisuudet, hiilimonoksidi- ja typenoksidipitoisuudet suoraan osoittavilla mittareilla. Mittausten tarkoituksena oli arvioida, kuinka suureen altistumisriskiin alkusammuttaja voi joutua alkusammutustilanteessa.



Kuva 4. Keräävät mittalaitteet asennettuna palotilaan. Mittalaitteet suojattiin koepolton ajaksi sammutustakilla.

Testiä seuraavan päivän aamuna kohteeseen saapui palosaneeraaja, jolta mitattiin työn aikana hengitysvyöhykkeeltä polysykliset aromaattiset hiilivedyt sekä haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Palosaneeraajan ja sammuttajan altistumista seurattiin myös biomonitorointinäytteillä. Biomonitorointinäytteistä virtsan 1-pyrenoli (U-Pyr) kuvasi koehenkilöiden altistumista pyreneille ja virtsan 2-naftoli (U-Naftol) naftaleenille, jotka molemmat ovat polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä. Palosaneeraaja sekä sammutusparin toinen osapuoli antoivat näytteet ennen altistumista, heti altistumisen jälkeen sekä kuusi tuntia altistumisen päättymisen jälkeen. Biomonitorointinäytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen testauslaboratoriossa (Taulukko 3.). Valtaosa Työterveyslaitoksen testeissä käyttämistä analysointi- ja keräysmenetelmistä olivat akkreditoituja (FINAS-akkreditointipalvelut, EN ISO/IEC 17025).

Taulukko 3. Mitattavat aineet ja menetelmät.

Altiste	Näytteenkeräin / Mittari	Analyysi-/ mittausmenetelmä
Aldehydit	Sep-Pak adrosbentti	Nestekromatografia
Kloori- ja fluorivety	Impregnoitu tuplasuodatin	Ionikromatografia yhdistettynä johtokykydetektoriin
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	Suodatin ja Tenax TA-adsorbentti	yhdistetty termodesorptio ja GC-MS –tekniikka
Hiukkasmaiset PAH-yhdisteet	Teflonsuodatin	GC-MS – tekniikka
Kaasumaiset PAH-yhdisteet	Kvartsisuodatin ja XAD-2 -adsorbentti	GC-MS – tekniikka
Syaanivety/syanidit	Absorptioneste (50 ml 0.1 M NaOH + suodatin)	ISE-tekniikka
Palavat kaasut, hiilimonoksidi ja typen oksidit	Suora osoitus (DX 4030, Gasmet)/sähkökemialliset kennot (Pac 7000, X-am 5600, Dräger)	FTIR – tekniikka/sähkökemiallinen osoitus
Hengittyvä pöly	Split 2 (SKC Ltd)/IOM-keräin (SKC Ltd)	Valon sironta/korjaus gravimetrismi
Virtsan 2-naftoli ja 1-pyrenoli		HPLC/FLD-tekniikka

6 TULOKSET

Hankkeen tarkoituksena oli selvittää alkusammuttajan, pelastajan ja palosaneeraajan altistumista palossa syntyville epäpuhtauksille. Opinnäytteeni keskittyy tässä kokonaisuudessa tarkemmin alkusammuttajan altistumiseen, ja tuloksien pohjalta tarkoitus on saada ihmiset pohtimaan turvallisen alkusammutuksen rajoja. Testeissä mitattiin hiukkasmaisia ja kaasumaisia polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, aldehydejä, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, kloorivety- ja fluorivetyhappoja, palavia kaasuja, hiilimonoksidia, hiilidioksidia, happea, typenoksideja syaanivetyä, syanideja ja pölyn määrää. Sammuttajan ja palosaneeraajan altistumista mitattiin myös biomonitorointimenetelmällä. Testeistä saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina teknisten laitteiden osalta, mutta voimme esittää vain valistuneita arvioita, onko testausympäristössä sellaisia tekijöitä, jotka toisivat virhelähteitä tuloksiin.

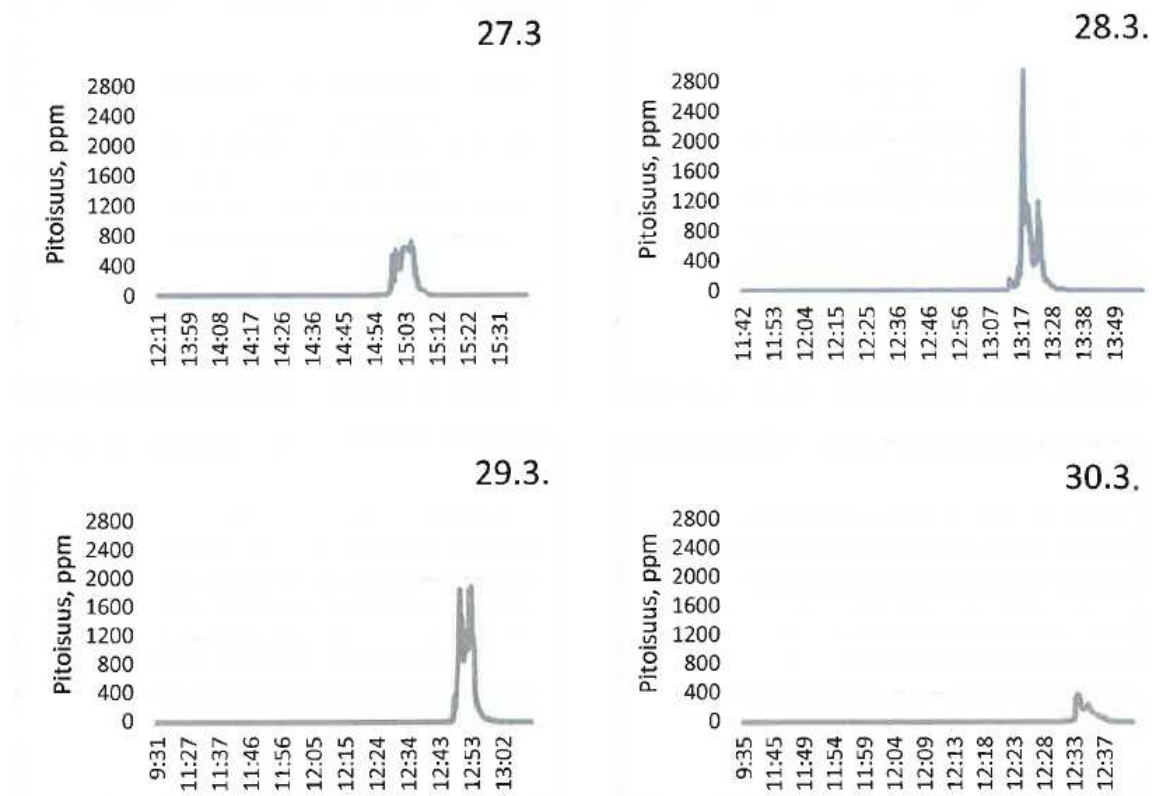
Alkusammuttajan sammutuspisteessä hiilimonoksidin ja syaanivedyn eli hapenkuljetusta estävien yhdisteiden pitoisuudet sekä typpimonoksidin pitoisuudet nousivat yli terveydelle heti vaarallisen pitoisuuksien noin 6 minuutin kuluttua palovaroittimen hälyttämisestä eli noin 8 minuutin kuluttua palon syttymisestä ”pahimmassa” koepolttilanteessa. Koepoltoissa tilan hiilidioksidipitoisuus oli suurimmillaan noin 2,2 %, joka on noin 55 % hiilidioksidin heti vaarallisesta pitoisuudesta. Happipitoisuus laski ”pahimmassa” koepoltossa alle 18 %, mikä voi aiheuttaa hapen puutetta.

Alkusammuttajan hengitysvyöhykkeeltä mitatut pitoisuudet osoittivat, että mitä aikaisemmassa vaiheessa tulipaloon pystytään puuttumaan, sitä paremmin pystytään vähentämään altistumista sekä tietenkin pystytään rajaamaan palon leviämistä. Alkusammuttajan jälkeen tilaan tulleen pelastajan hengitysvyöhykkeeltä mitatut pitoisuudet olivat jo huomattavasti korkeammat.

Kuvassa 14. esitetyn lämpötiläkäyrän alussa näkyvä selkeä yli 500°C lämpötilapiikki liittyy mittausteknisiin asioihin. Tämä kyseinen lämpötilapiikki on annettu suoraan osoittavan mittarin anturiin kaasusyöttimellä merkiksi testaajille siitä, että kyseinen koepoltto on käynnistynyt.

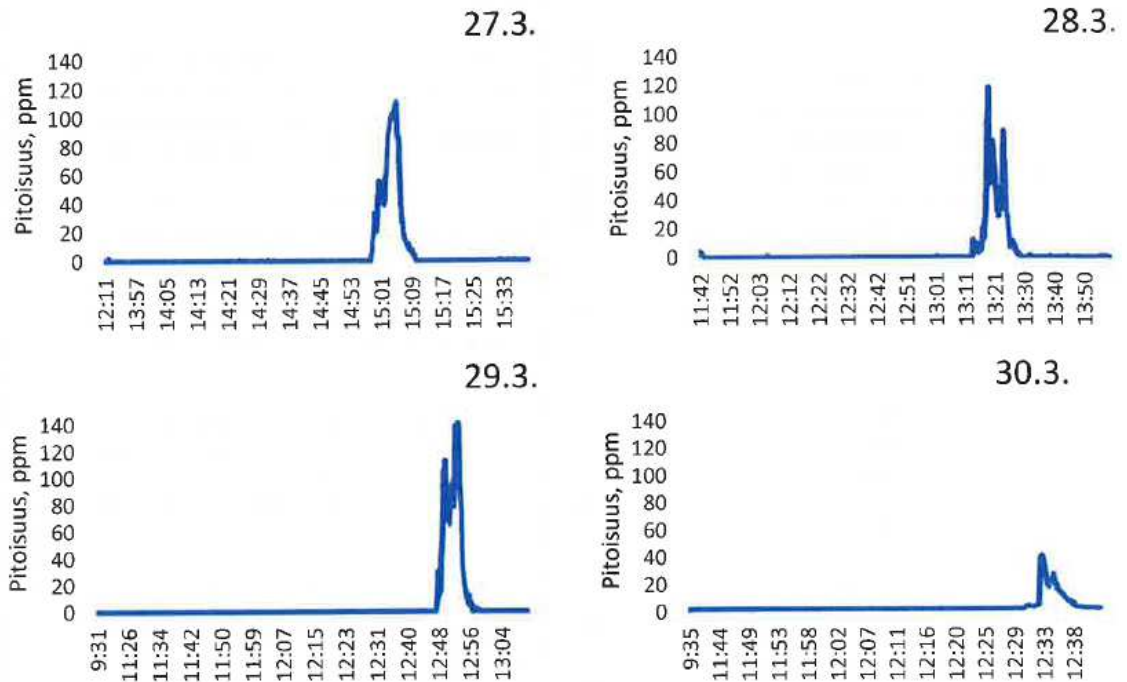
6.1 Pitoisuudet alkusammuttajan sammutuspisteessä

Kuvassa 5 on esitetty hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu kiinteässä alkusammuttajan mittauspisteessä eri testauspäivinä. Heti vaarallinen pitoisuus (1200 ppm) ylittyi kahdessa koepoltossa. Viimeisenä testauspäivänä pitoisuudet nousivat vain kolmasosaan heti vaarallisesta pitoisuudesta, koska alkusammutus tehtiin jo viiden minuutin kohdalla.



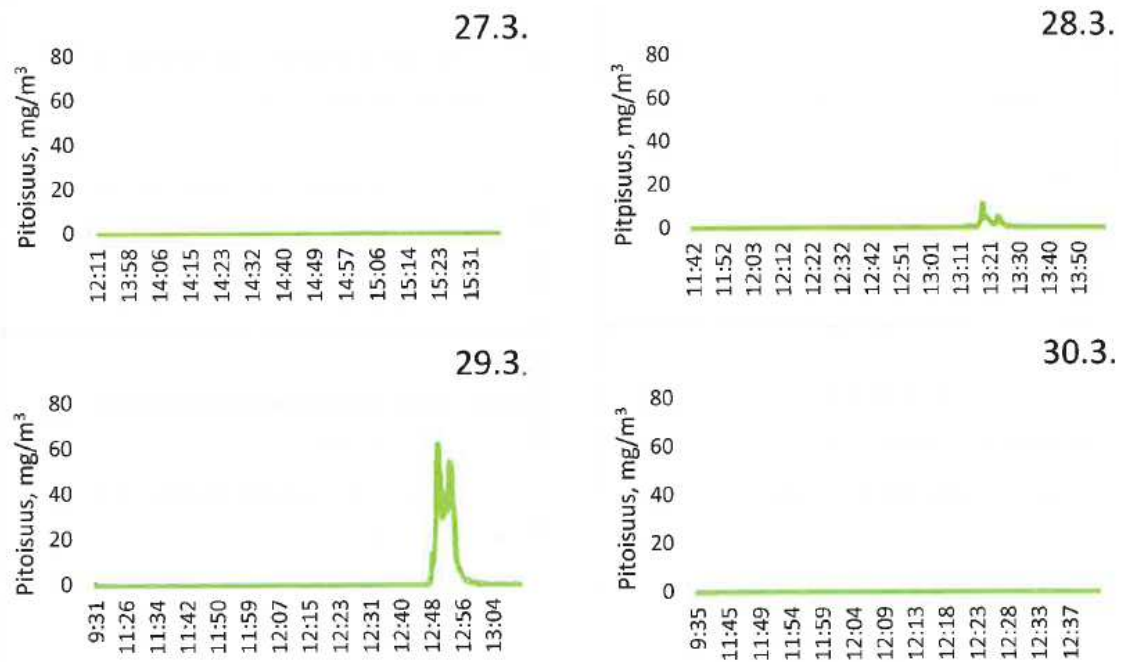
Kuva 5. Hiilimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri testauspäivinä.

Kuvassa 6 on esitetty typpimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan sammutuspisteessä eri testauspäivinä. Terveydelle heti vaarallinen pitoisuus (40 ppm) ylittyi jokaisena mittauspäivänä. Suurimmat pitoisuudet saavutettiin 28.3. ja 29.3. noin 6 minuuttia palovaroittimen hälyttämisestä ja 8 minuuttia tulipalon syttymisestä. Viimeisessä poltossa alkusammutus aloitettiin noin 5 minuutin kohdalla ja palo sammutettiin, pitoisuudet jäivät selvästi pienemmiksi, mutta ylittivät kuitenkin IDHL-arvon.



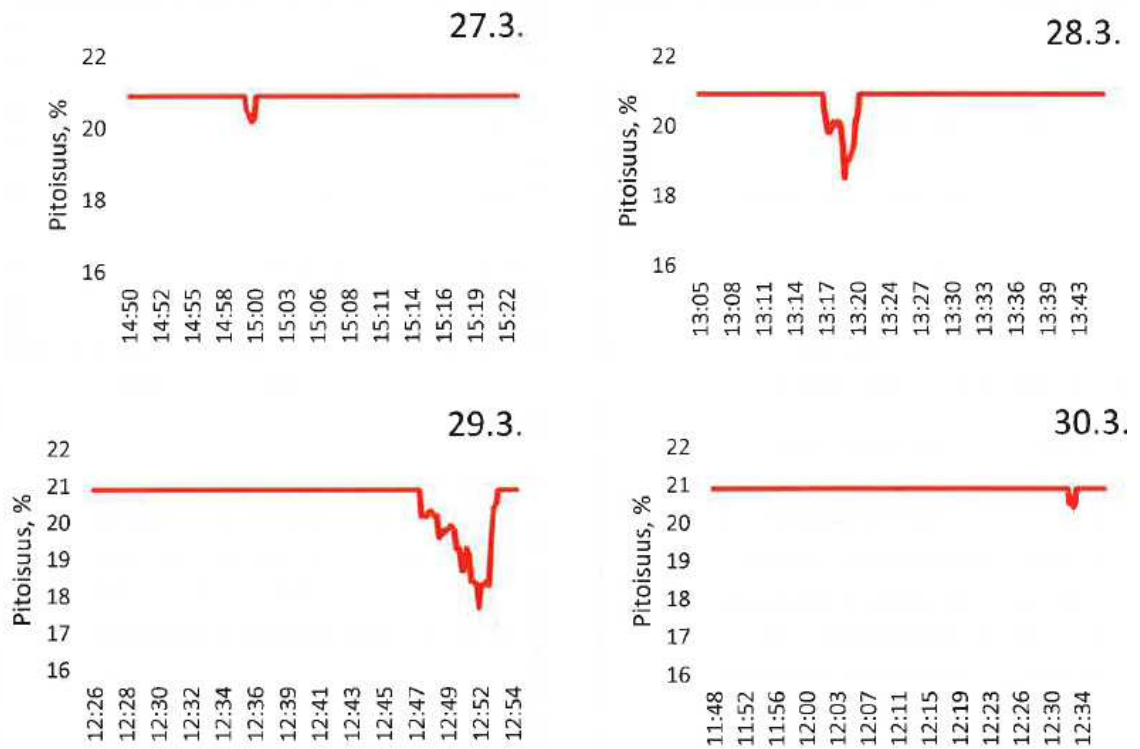
Kuva 6. Typpimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä.

Kuvassa 7 on esitetty syaanivetyypitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä. Heti vaarallinen pitoisuus ($60\text{ mg} / \text{m}^3$) ylittyi vain yhtenä mittauspäivänä (29.3.) Pitoisuus saavutettiin noin 6 minuuttia palovaroittimen hälytyksestä ja noin 8 minuuttia tulipalon syyttämisestä. Alkusammutus aloitettiin viimeisessä poltossa noin 5 minuutin kohdalla, jolloin pitoisuudet jäivät huomattavasti pienemmiksi. Ensimmäisenä testauspäivänä syaanivetyypitoisuus oli $<0,03\text{ mg}/\text{m}^3$, joka on reilusti alle $\text{HTP}_{8\text{h}}$ -arvon. ($\text{HTP}_{8\text{h}} = 1$)



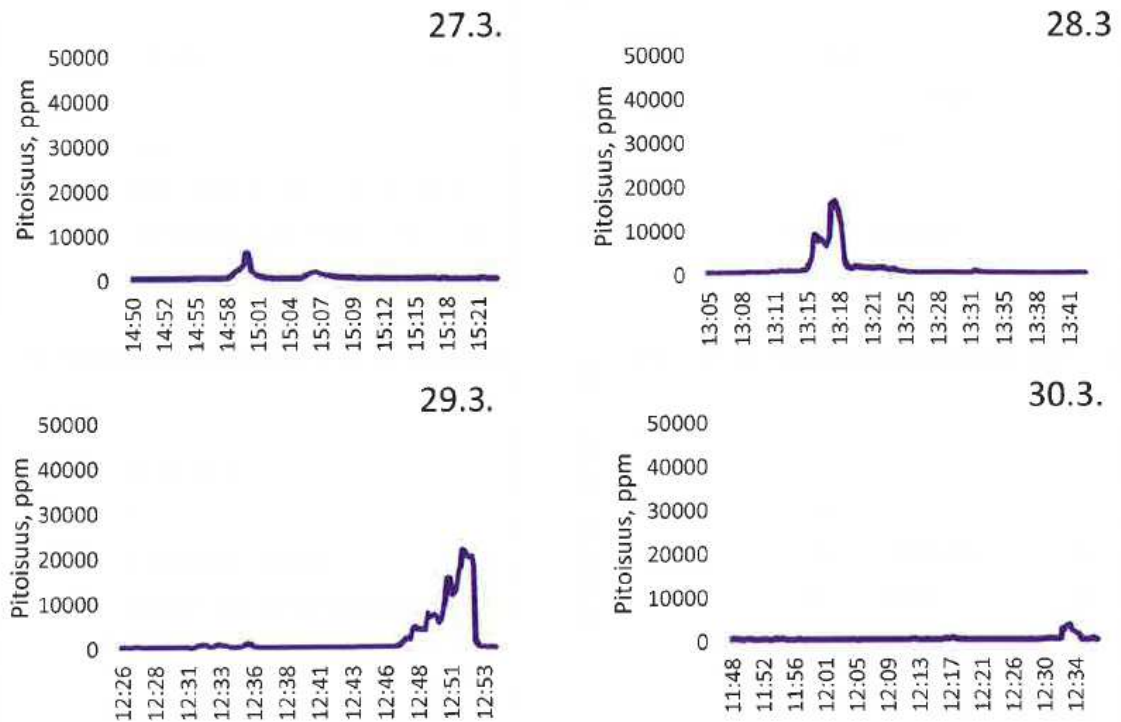
Kuva 7. Syaanivetyypitoisuudet (mg/m^3) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä.

Kuvassa 8 on esitetty happipitoisuuden vaihtelut alkusammuttajan sammutuspisteessä. Kaikissa testeissä happipitoisuus aleni hapen normaalipitoisuudesta (~21 %), mutta mitauspäivinä 28.3. ja 29.3. pitoisuus vaihteli pahimmillaan enää 17,7 – 18,5 %. Hapen puutetta voi ilmentyä happipitoisuuden laskiessa alle 18 %.



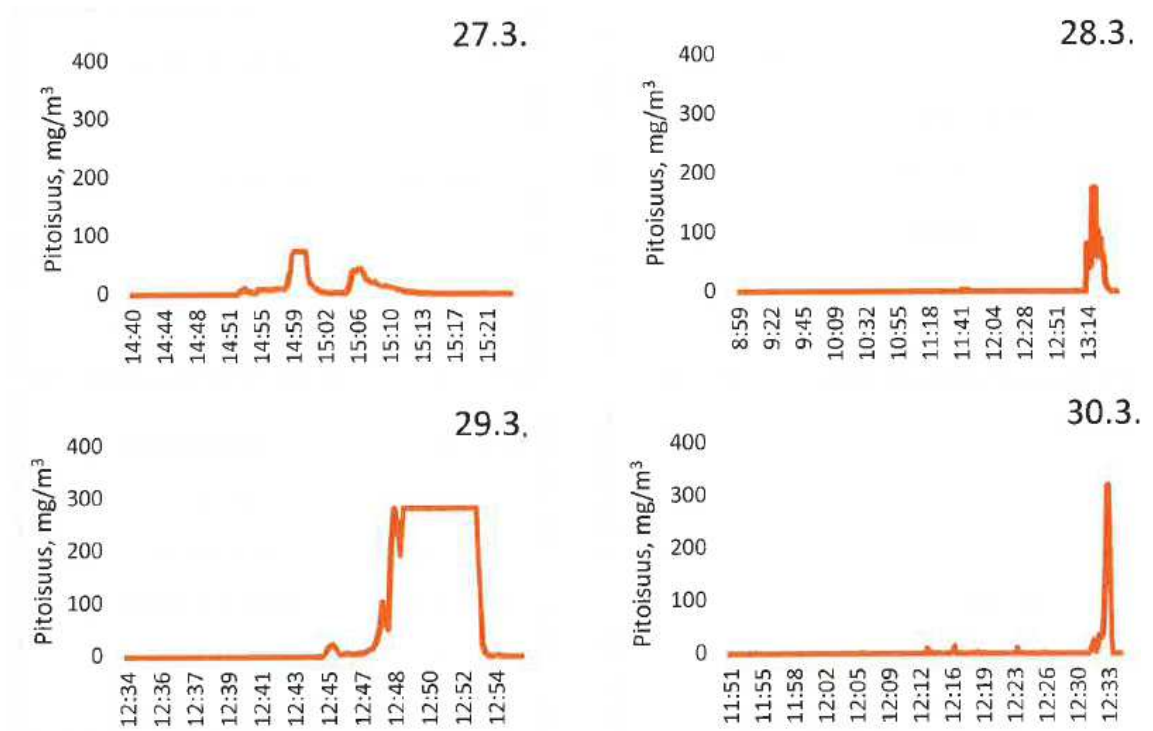
Kuva 8. Happipitoisuuden vaihtelu alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä.

Kuvassa 9 on esitetty hiilidioksidipitoisuuden vaihtelut palotilassa alkusammuttajan sammutuspisteessä. Kaikissa koepolttoissa, lukuun ottamatta viimeistä polttoa, hiilidioksidipitoisuudet nousivat yli sen kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnetun pitoisuuden (HTP_{8h}). Suurimmat pitoisuudet mitattiin 28.3. ja 29.3., jolloin suurimmat pitoisuudet olivat 54 % IDHL-arvosta. Koepoltossa, jossa alkusammuttaja teki alkusammutuksen, pitoisuus oli maksimissaan vain 62 % hiilidioksidin HTP_{8h} -arvosta.



Kuva 9. Hiilidioksidipitouuksien (ppm) vaihtelut palotilassa alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä.

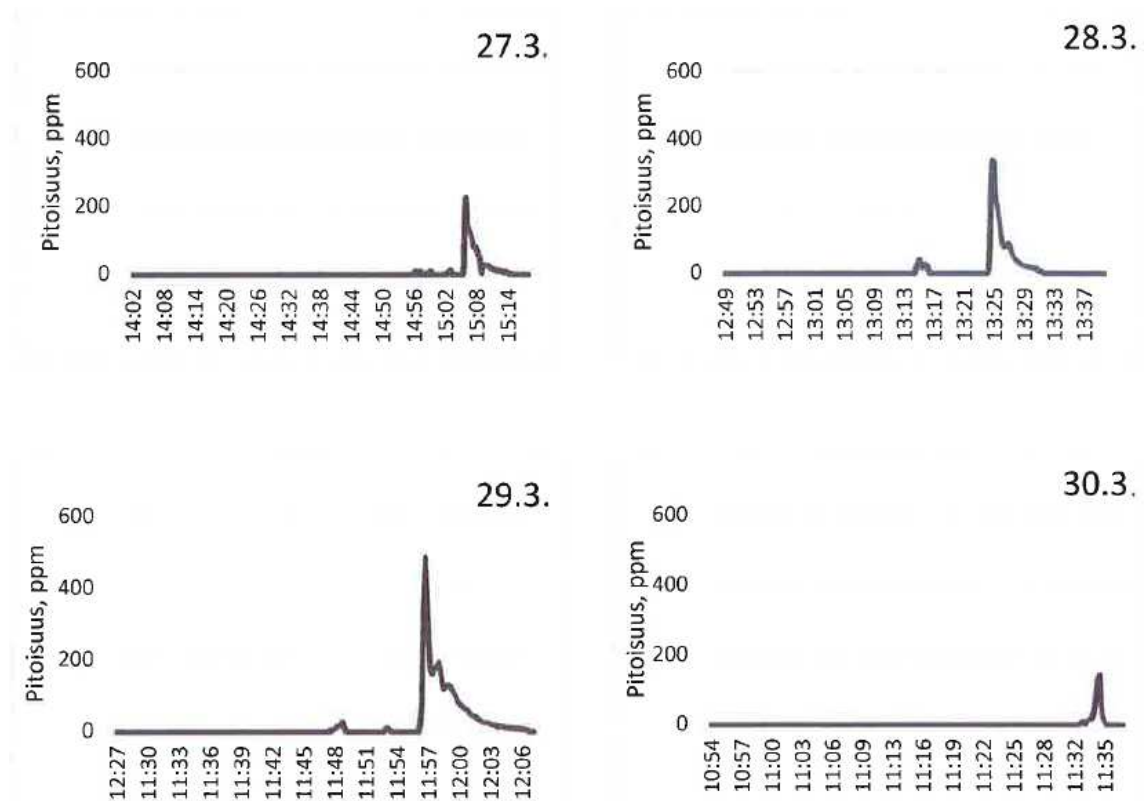
Kuvassa 10 on esitetty hengittyvän pölypitoisuuden vaihtelut alkusammuttajan sammutuspisteessä eri testauspäivinä. Epäorgaanisen pölyn kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP_{8h}) ylittyi moninkertaisesti kaikissa mittauksissa.



Kuva 10. Hengittyvän pölyn pitoisuusvaihtelut (mg/m^3) alkusammuttajan sammutuspisteessä eri mittauspäivinä.

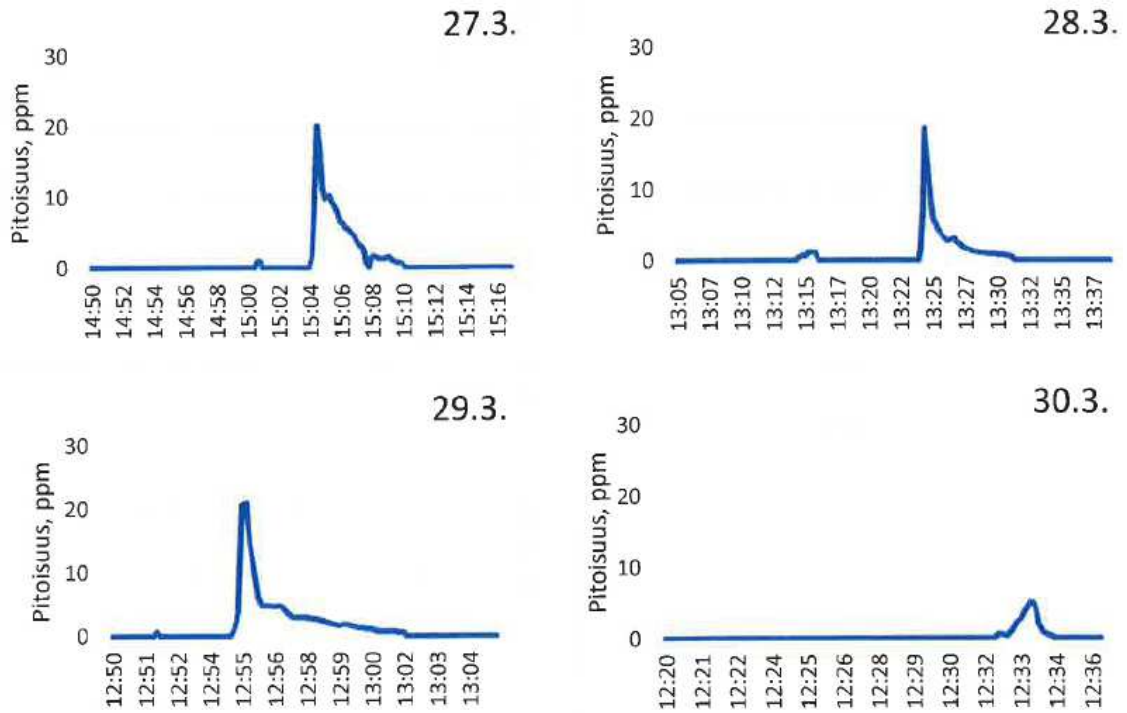
6.2 Pitoisuudet alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä

Kuvassa 11 on esitetty hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Viidentoista minuutin haitalliseksi todettu pitoisuus (75 ppm) ylittyi kaikissa neljässä koepoltossa. Suurin pitoisuus saavutettiin 29.3., joka oli 41 % hiilimonoksidin heti vaarallisesta pitoisuudesta. Sen sijaan kun alkusammutus aloitettiin noin 5 minuutin kohdalla viimeisessä testissä, pitoisuudet ehtivät nousta vain 12 %:iin heti vaarallisesta pitoisuudesta.



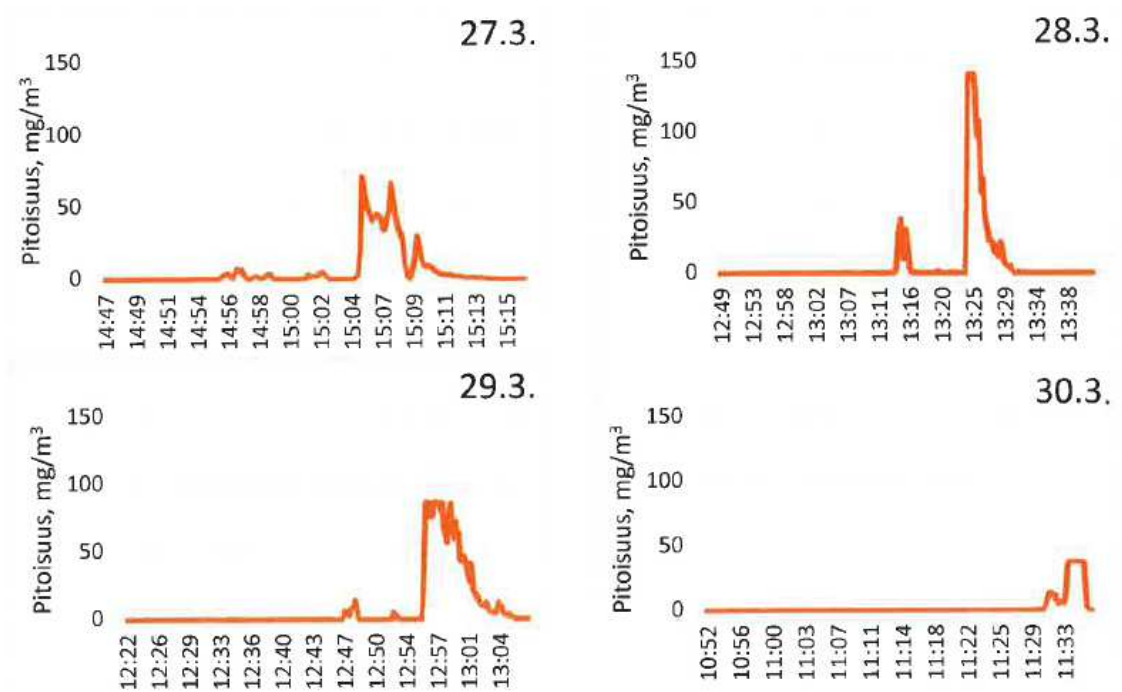
Kuva 11. Hiilimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä eri mittauspäivinä.

Kuvassa 12 on esitetty typpimonoksidipitoisuuksien vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä. Typpimonoksidin 8 tunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP_{8h}) ylittyi jokaisessa neljässä koepoltossa. Suurin typpimonoksidipitoisuus oli 52 % IDHL-arvosta, joka saavutettiin 29.3.



Kuva 12. Typpimonoksidipitoisuudet (ppm) alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä.

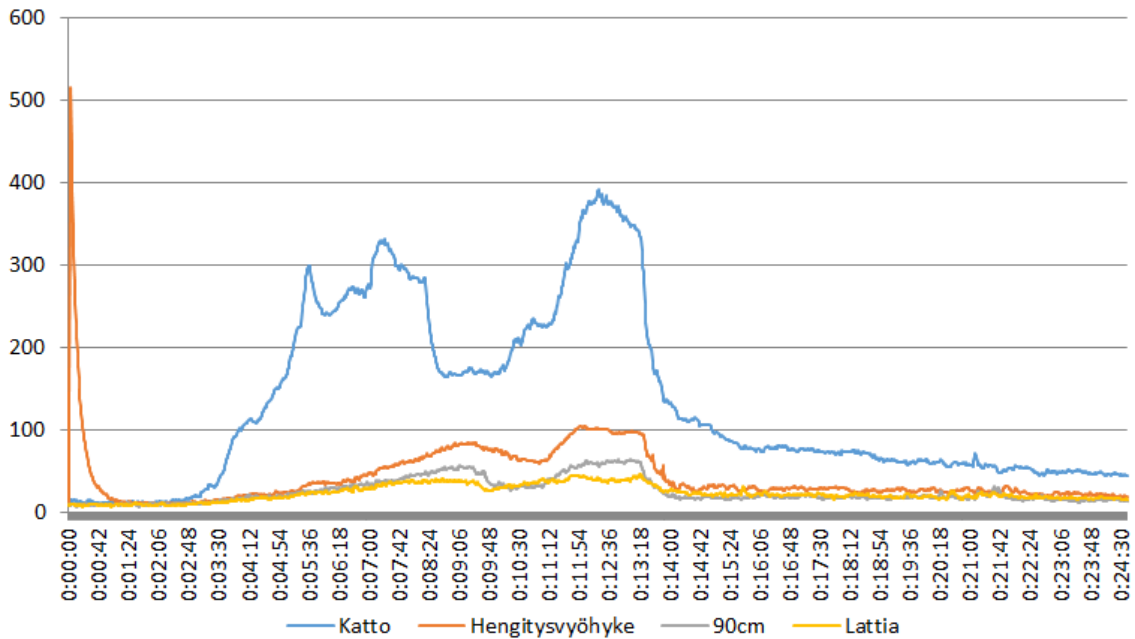
Kuvassa 13 on esitetty hengittyvän pölypitoisuuden vaihtelut alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä eri testauspäivinä. Epäorgaanisen pölyn kahdeksantunnin haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP_{8h}) ylittyi moninkertaisesti kaikissa mittauksissa.



Kuva 13. Hengittyvän pölypitoisuuden (mg/m^3) vaihtelu alkusammuttajan hengitysvyöhykkeellä.

6.3 Lämpötilat

Koepolttojen lämpötilat huoneistosta mitattiin ja tallennettiin pelastusopiston DasyLab-laitteistolla. Lämpötiloja mitattiin neljästä eri mittauspisteestä: katosta, alkusammuttajan hengitysvyöhykkeeltä, 90 cm korkeudelta sekä lattianrajasta. Testeissä havaittiin, että tulipalojen lämpötilakäyrät mukailivat tyypillisen huoneistopalon lämpötiloja sekä lämpötilojen vaihteluita. Kuvassa numero 14 on esitetty kolmen ensimmäisen polttokokeen lämpötilojen keskiarvoilla laadittu lämpötilakäyrä.



Kuva 14. Kolmen ensimmäisen polttokokeen lämpötilojen keskiarvokäyrä.

7 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millä edellytyksillä ja missä vaiheessa paloa alkusammutusta maallikon on vielä turvallista yrittää. Pelastuslaitoksen kannalta tilanne on tietenkin toinen. Vaikka jokainen ammattilainen on osaltaan saattanut syyllistyä laiminlyöntiin paineilmalaitteen käytössä, arkielämä on osoittanut, että pääsääntöisesti paineilmalaitteita käytetään myös ”pienissä” tulipalon aluissa eli niissä tehtävissä, joissa alkusammutusta olisi samassa palon vaiheessa voinut maallikko yrittää, jos alkusammutusvälineistöä tai toimintakykyistä henkilöstöä olisi ollut paikalla.

Mittaustulokset osoittivat, että alkusammuttajan tulee toimia nopeasti tulipalotilanteessa. Jokainen minuutti palon syttymisen jälkeen lisää riskiä altistua merkittävästi terveydelle heti vaarallisille pitoisuuksille, mikä pahimmassa tapauksessa voi tarkoittaa sitä, että auttajasta tuleekin autettava.

Kuten lämpötilakäyrää tarkastelemalla voidaan todeta, huoneistopalon vahinkokertymä on voimakkaimmillaan muutamia minuutteja palon syttymisen jälkeen, ja samoin pelastettavissa olevien henkilöiden selviytymisen kannalta nämä kyseiset minuutit ovat ratkaisevia. Mitä nopeammin vahinkokehitys saadaan katkaistua, sitä varmemmin pystytään pelastamaan ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta, joten alkusammutustoimenpiteiden merkitys on erittäin suuri.

Alkusammuttajan turvallisuutta pohdittaessa voidaan todeta, että yhden polttokokeen tulokset, joissa alkusammuttaja on suorittanut sammutuksen, eivät riitä kokonaisvaltaiseen arviointiin alkusammuttajan turvallisuudesta. Jonkinlaista valistunutta arviota voidaan kuitenkin esittää siitä, milloin alkusammutusta kannattaa vielä yrittää. Jokaisen alkusammuttajan punnittavaksi kuitenkin jää itse tilanteessa hyödyt ja haitat. Mikäli alkusammutus olisikin jo terveydelle haitallista palon kehittymisen takia, kannattaako uhata omaa henkeään maallisen omaisuuden tähden, mielestäni ei.

Jatkotutkimusaiheena pohdinnassani nousi esille turvallisen alkusammutuksen kansankielinen määritelmä. Onko alkusammutusoppaassa esitetty 2 min 30 sekuntia turvallinen

aikaraja alkusammutukseen kaikissa tulipalotilanteissa? Esimerkiksi jos kahvinkeitin sytty palamattomalla alustalla irrallaan palavasta materiaalista, voitaisiin ajatella, että alkusammutusoppaassa mainitun 2 min 30 sek puitteissa alkusammutus on turvallista tehdä. Verrataan tilannetta vaikkapa kalusteisiin upotetun jääkaapin tai pesukoneen syttymiseen. Palo todennäköisesti havaitaan myöhemmässä vaiheessa ja rakenteet syttyvät käytännössä heti, kun syttynyt jääkaappi tai pesukone palaa liekillä. Tästä syystä mielestäni kukaan ei voi sanoa, milloin alkusammutus on turvallista ja milloin ei. Jokaisen on siis tehtävä henkilökohtainen päätös tapauskohtaisesti, onko alkusammutusta turvallista yrittää vai ei.

LÄHTEET

Hakkarainen, T., Laitinen, J., Mäkelä, M., Oksa, P., Paloposki, T. ja Tillander, K. 2010. Kemikaalialtisteiden vähentäminen palokohteissa. VTT Tiedotteita 2531. www-dokumentti. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2010/T2531.pdf>. 28.4.2020.

Heikkilä, P. 2007. *Työhön liittyvän altistumisen arviointi*. PowerPoint-esitys. Työterveyslaitos. Helsinki.

Hyttinen, V., Tolonen, P. ja Väisänen, T. 2012 *Palofysiikka*. Suomen Pelastusalan keskusjärjestö. Helsinki.

Laitinen, J., Lindholm, H., Aatamila, M., Hyttinen, S. ja Karisola, P. 2016. Vähentääkö Skellefteå-malli palomiesten altistumista operatiivisessa työssä. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti.

Laitinen, J., Mäkelä, M., Mikkola, J., ja Huttu, I. 2012 Firefighters' multiple exposure assessments in practice. PDF-dokumentti. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378427412011691>. 28.4.2020

Mannila, J. 2002. Kylmälaitteiden lämmöneristemateriaalien palo-ominaisuudet. pdf-dokumentti. TUKES.

Presto Paloturvallisuus Oy. 2016. Käsिसammuttimien aakkoset. Kiinteistöjen uusi sammutinopas-osa 2/2. www-dokumentti. https://www.presto.fi/hubfs/Docs/Presto_Kasissammuttimien_aakkoset_05-2016_final.pdf?t=1510938613696. 28.4.2020.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2016. HTP-arvot. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Julkaisu 2016:8. PDF-dokumentti. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79109/08_2016_HTP-arvot_suomi_22122016_nettil_kansilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y

THL. 2019. www-dokumentti. *Altistumisen arviointi*. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparisto-terveys/riskinarvio/altistumisen-arviointi>

Tillander, K., Järnström, H., Hakkarainen, T., Laitinen, J., Mäkelä, M. ja Oksa, P. 2008. Palokohteiden savu-, noki- ja kemikaalijäämät ja niiden vaikutukset työturvallisuuteen. Polttokokeet ja altistumisen arviointi. VTT & Työterveyslaitos. PDF-dokumentti