



PELASTUSOPISTO



POLIISI
POLIISIAMMATTIKORKEAKOULU

Hyökkäävä ulkoa sammuttaminen

Täydentävät sammutustekniikat
Marko Kaartinen ja Jari Lehtonen

9/2023

Poliisiammattikorkeakoulun opinnäytetyö / AMK

TIIVISTELMÄ

Tekijät: Marko Kaartinen, Jari Lehtonen

Julkaisun nimi: Hyökkäävä ulkoa sammuttaminen

Opinnäytetyön muoto: *tutkimuksellinen, toiminnallinen*

Julkisuusaste: Julkinen

Ohjaaja: Ismo Huttu, yliopettaja

Tutkinto: Pelastusalan päällystötutkinto (AMK)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tietoa rakennuspalon sammutusmenetelmistä tehokkaan sammutustoiminnan aloittamiseksi ilman sisäsammutustaktiikkaa ja savusukellusta rakennuspalossa. Opinnäytetyössä käsiteltiin rakennuspalon sammutuksen ulkoa sammuttamisen taktiikka ja rakennuspalon sammutuksen nelikenttämallia.

Sammuttamisen nelikenttämallin ovat alun perin kehittäneet René Hagen ja Louis Witlocks 2018 Hollannissa. Alkuperäisen teoksen nimi on *The Basics for Fire Safety Substantiating fire protection in buildings*. Tämän teoksen suomenkielisen version on toimittanut Brita Somerkoski 2019. Teoksen suomenkielinen nimi on *Rakennusten paloturvallisuus*.

Työssä tutustuttiin sammuttamisen nelikenttämalliin teoriaan. Teoriatiedon perusteella tehtiin käytännön kokeita rakennuspalon sammuttamisessa hyökkävällä sammutusmenetelmällä käyttäen OFFEXT SKUNK-varsisammutinta. Tämän tehoa verrattiin jo käytössä oleviin ulkoa päin sammuttamiseen suunnatuilla sammutteilla. Tarkoituksena oli saada tietoa varsisammuttimen tehosta ja sammuttajan työkuormituksesta ulkoapäin sammutettaessa verrattuna perinteiseen savusukellukseen rajatun tilan palon sammuttamisessa.

Tutkimustulokset osoittivat, että ulkoapäin hyökkävä sammutustaktiikka varsisammuttimella on yhtä tehokas, jopa tehokkaampi kuin perinteinen sisäsammutustekniikka, jossa savu-sukelletaan. Sammuttajan rasitus ja altistus palokaasuille on myös huomattavasti pienempi. Tutkimus antaa aiheita miettiä perinteisen savusukelluksen tarvetta rakennuspalon sammuttamisessa.

Sivumäärä: 45 sivua

Tarkastuskuukausi ja vuosi: 9/2023

Avainsanat: sammuttamisen nelikenttämalli, varsisammutin, rakennuspalo, altistus

ABSTRACT

Author(s): Marko Kaartinen, Jari Lehtonen

Title of Project: Attacking outside extinguishing.

Type of thesis: research, functional

Confidentiality: public

Academic Supervisor: Mr. Ismo Huttu, Principal lecturer

Degree Programme: Fire Officer's Degree (UAS)

The purpose of this thesis is to produce information on extinguishing methods to start an effective extinguishing operation without smoke diving in a fire in a confined space. In this thesis, we deal with the section of the 4-quadrants model about offensive extinguishing from outside the building.

The 4-quadrants model of extinguishing was originally developed by René Hagen and Louis Witlocks in 2018 in the Netherlands. The name of the original work is *The Basics for Fire Safety Substantiating fire protection in buildings*. The Finnish version of this work was edited by Brita Somerkoski 2019. The Finnish name of the work is *Rakennusten paloturvallisuus*.

We familiarized ourselves with the 4-quadrants model of extinguishing in theory and based on that, we did practical experiments on extinguishing a confined space with an attacking extinguishing method from the outside using the OFFEXT SKUNK fire extinguisher. The effectiveness of this was compared to fire extinguishers already in use aimed at extinguishing from the outside. The purpose was to get information about the power of the arm nozzle and the firefighter's workload, when extinguishing from the outside is compared to traditional smoke diving when extinguishing a fire in a confined space.

The research results showed that the extinguishing tactic attacking from the outside with a fire extinguisher is as effective as the traditional smoke diving tactic, even more effective. Firefighter's strain and exposure to fire gases are significantly lower when extinguishing from the outside. The research gives reason to think about whether there is a need for traditional smoke diving to put out a fire in a confined space.

Pages: 45 pages

Month and year: March 2023

Keywords: extinguishing four-field model, stick fire extinguisher, confined space fire, exposure

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
1 SAMMUTTAMISEN NELIKENTTÄMALLI	2
1.1 Taustaa	2
1.2 Nelikentän hyödyntäminen	4
2 Rakennuspalon sammutuksen palofysiikka	5
2.1 Rakennuspalon sammutustaktiikan valinta	6
2.2 Hyökkäävän ulkoa sammuttamisen tarve	7
2.3 Sammutus pienpisarasammutuksella.....	9
2.4 Savusukelluksen haasteet	10
3 Rakennuspalon sammutus hyökkäävällä ulkosammutustekniikalla	12
4 Altistuminen.....	14
4.1 Järjestön luokituksia arvostetaan	14
4.2 Altistumisen vähentäminen.....	15
5 Tutkimuksen tekeminen.....	17
5.1 Tutkimusongelma.....	17
5.2 Tutkielman yleistettävyyys ja luotettavuus	19
5.3 Tutkimus.....	19
5.4 Tutkimuksen kulku.....	20
5.5 Varsisammutin	22
5.6 Heittosammutin	24
5.7 Sammutussauva	25
5.8 Tuuletusputki.....	26
5.9 Pistosuihkuputki	27
5.10 Suunnattava pistosuihkuputki	27
5.11 Jauhesammutin.....	28
5.12 Lämpötilamittaukset	28
5.13 Virtausmittaukset	30
6 Tulokset.....	33
6.1 Polttotutkimukset Heinävesi	34

6.2 Polttotutkimukset Jaala.....	37
7 Pohdinta	41
7.1 Mitä opimme?	42
7.2 Jatkotutkimusehdotukset	43
LÄHTEET	44

JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan täydentäviä sammutustekniikoita ja niiden käyttöä rakennuspalon sammutuksessa. Tutkimme mahdollisuutta sammuttaa rakennuspalon ilman sisäsammutustaktiikkaa ja savusukellusta. Työssä tutkitaan erilaisten täydentävien sammutusmenetelmien toiminnallisuutta ja tehokkuutta käytännön testeissä sekä kirjallisuuslähteiden avulla.

Valitsimme aiheen, koska nykyisin laajasti käytössä oleva sammutustaktiikka on sisäsammuttamista. Tekniikka on sisäsammutustekniikka, jossa pelastajat menevät savuiseen tilaan ja altistuvat monille vaaroille. Tämä perinteinen menetelmä lisää altistusta terveydelle vaarallisille kemikaaleille. Tässä opinnäytetyössä selvitetään täydentävien sammutusmenetelmien käytettävyyttä ja hyötyjä, sekä tuotetaan tietoa pelastustoimelle. Vaativiin savusukellustehtäviin (Sisäministeriön julkaisu 5/2016, 8.) perustuvaa sammutustyötä pystyy tekemään vähenevä joukko pelastajia. Tähän ovat syynä muun muassa miehistön ikääntyminen ja valmistuvien pelastajien vähäinen määrä suhteessa tarpeeseen. Varsinkin pienillä paikkakunnilla savusukelluskelpoisten riittävyys suhteessa vaatimukseen voi olla haasteellista. (Mikkonen 2022.)

Pelastusopistolla työskennellyt erikoistutkija Marko Hassinen on kehittänyt uuden sammutusvälineen käytettäväksi täydentävänä sammutustekniikkana. Tässä työssä kyseisestä laitteesta käytetään jäljempänä nimeä varsisammutin. Yhteistyökumppanina toimii Pohjois-Karjalan pelastuslaitos, joka tarjoaa mahdollisuuden testata varsisammutinta mahdollisimman autenttisessa toimintaympäristössä.

Tutkimme myös polttotalokohteissa ulkoapäin sammutusta käyttämällä pistosuihkuputkea. Tutkimuksessa palavan puurakenteisen rakennuksen seinään porattiin reikä, josta pistosuihkuputken kautta palavaan tilaan laitetaan sammutusjauhetta ja vettä. Tutkimustulokset ja havainnot kerrotaan myöhemmin tässä työssä.

1 SAMMUTTAMISEN NELIKENTTÄMALLI

Tässä luvussa kuvaamme sammuttamisen nelikenttämallin 4:ää eri taktiikkaa. Sammuttamisen nelikenttämallin taktiikat on jaettu sisältä ja ulkoa sammuttamiseen sekä hyökkävään ja puolustavaa taktiikkaan. Tarvittaessa eri menetelmiä voidaan käyttää toki samanaikaisesti ja siirtyä tarvittaessa taktiikasta toiseen.

1.1 Taustaa

Sammuttamisen nelikenttämalliin on koostettu erilaiset sammutusmenetelmät. Nelikenttämalli jakautuu sen mukaisesti, tapahtuuko sammuttaminen palavan palo-osaston sisällä vai sen ulkopuolelta käsin ja valitaanko käytettäväksi hyökkävä vai puolustava sammutusmenetelmä. Menetelmän käyttöön vaikuttaa käytettävissä olevat resurssit ja palon vaihe.

Pelastustoimen nelikenttä on luotu Alankomaiden sammutustoimenpiteiden työkaluksi ja turvallisemman sekä tehokkaamman pelastustoimen tueksi (Hagen, Hendriks ja Molenaar 2014). Nelikenttämallin kehittämisen motivaationa on ollut useita vakavaan loukkaantumiseen tai kuolemaan johtaneita onnettomuuksia sammuttamisen yhteydessä ja havainto siitä, että sisäsammuttamiseen liittyvien riskien ottaminen ei aina ole ollut pelastettavissa olevan omaisuuden tai ihmishenkien näkökulmasta järkevää.

”Taktinen nelikenttämalli rakennuspaloissa sisältää hyökkävään ja puolustavan taktiikan ulkoa ja sisältäpäin. Voidaankin sanoa, että puolustava taktiikka edustaa lähinnä palon rajoittamista ja hyökkävä taktiikka palon sammuttamista. Hyökkävää ja puolustavaa taktiikkaa voidaan toteuttaa tilanteen mukaan rakennuksen sisällä tai rakennuksen ulkopuolella ottaen huomioon työturvallisuus näkökohdat”. (Huttu 2023.)

Suomessa on sammutettu vuosikymmenten ajan rakennuspaloja hyökkävällä sisältä sammuttamisen taktiikalla. Tämän menetelmän haittoina ovat savukaasualtistus ja lämpökuormitus sammuttajille. Hyökkävä sisältäpäin sammuttaminen on myös riskialtista. Olosuhteet palavassa kohteessa voivat olla erittäin haastavat ja vaaralliset sekä voivat muuttua hyvinkin nopeasti esimerkiksi virtausreitien muutoksen myötä. Sammuttamisen tehokkuus on perustunut käytännössä yhteen tehokkaaseen taktiseen vaihtoehtoon, koska jäljelle jäänyt ulkoa sammuttamisen taktiikka on koettu tehottomaksi vaihtoehdoksi. Savusukeltajien sisäsammutustaktiikkaa on usein jatkettu ”viimeiseen” saakka, jotta palavasta kohteesta jäisi jotakin jäljelle. Tällainen sammutustaktiikka muodostaa pelastushenkilöstölle merkittävän työturvallisuusriskin. (Huttu ym. 2022, 19.)

Rakennuspalot ovat muuttuneet viimeisten vuosikymmenten aikana. Tämän ovat aikaansaanut rakenteellisen paloturvallisuuden ja rakennusmateriaalien kehittyminen paloturvallisemmiksi. Nykyisin tiiviimpi kaupunkirakentaminen auttaa havaitsemaan palot ennalta aikaisemmin. Pientalojen lämmitysmuodot ovat myös muuttuneet aiemmista tulisija ja öljylämmityksistä. Nämä edellä mainitut asiat vaikuttavat positiivisesti palojen havaitsemiseen ja mahdollisten palovahinkojen pienentymiseen. Rakennusten tiiveysvaatimukset ja synteettisten materiaalien lisääntyminen, sekä korkeat huonetiilat mahdollistavat vaarallisten savukaasujen muodostumisen sekä kerääntymisen. Tämän seurauksena rakennuspalloissa on entistä useammin happirajoitteiset olosuhteet ja korkeat lämpötilat. (Huttu ym. 2022, 20.)

Tällä hetkellä käytettävissä olevilla välineillä ja pelastusteknisellä osaamisella ei hyökkäävä sisältäpäin sammuttaminen pitäisi olla jokaisessa tilanteessa itsestäänselvyys. Pelastustoiminnassa on tunnistettava ja edelleen kehityttävä vastaamaan nykyisen palodynamiikan aiheuttamia haasteita. Toiminnassa tulee korostaa tiedustelua ja tilanteet tulee tunnistaa sekä ennakoita mahdollisia muutoksia. (Huttu ym. 2022, 20.)



Kaavio 1. Sammutustaktiikan nelikenttämalli (Rakennuspalon sammutus 2022, 23).

1.2 Nelikentän hyödyntäminen

Nelikentän hyödyntäminen ja nelikentän tavoitteet 2020-luvun pelastustoiminnassa tähtäävät tehokkaampaan ja entistä turvallisempaan pelastustoimintaan. Sammutustaktiikat ovat nelikenttämälisissä jaettu nimensä mukaisesti neljään erilaiseen vaihtoehtoon. Taktiikat on nimetty sisältä–ulkoa- sekä puolustava–hyökkäävä -käsitteiden avulla. Taktisilla valinnoilla pyritään tehokkaaseen onnettomuuskehityksen katkaisuun ja tilanteen turvalliseen haltuunottoon. (Huttu ym. 2022, 20.)

Hyökkäävällä ulkoa sammuttamisella ja rajoittamisella aloitetulla sammutustaktiikalla voidaan (Zevotek, Stakes ja Willi 2018) tutkimuksen mukaan parantaa ja pidentää selviytymismahdollisuuksia rakennuksen sisällä. Ulkoapäin hyökkäävällä sammutustaktiikalla voidaan vaikuttaa palavan tilan lämpötilaan, happipitoisuuteen ja hiilimonoksidipitoisuuteen. Taktiikan avulla saadaan mahdollisesti lisää aikaa pelastustoiminnalle ihmisten pelastamiseen. (Huttu ym. 2022, 21.)

Pelastustoiminnanjohtajan tulee tunnistaa tilanne, hankkia kaikki käytettävissä oleva tieto ja valita taktiikka kulloiseen pelastustoiminnan tehtävään. Johtajan tulee seurata onnettomuustilannetta ja taktiikan soveltuvuutta aktiivisesti. Tilanteen muuttuessa on välittömästi reagoitava ja muutettava tarvittaessa taktiikkaa.

2 RAKENNUSPALON SAMMUTUKSEN PALOFYSIIKKA

Palamisen edellytykset ovat riittävä lämpötila, happi, palava materiaali ja liekki palossa lisäksi häiriintymätön ketjureaktio (Hyttinen 2018, 9). Ulkoa sammuttamisessa rakenteita ei tarvitse juurikaan avata, jolloin palo ei saa tarpeettomasti lisää happea. Sammute jäähdyttää paloa ja, kun sammute pysyy palavan kohteen sisällä, happipitoisuus pienenee ja palo sammuu. Palaville pinnoille menevä sammute katkaisee pyrolyysin ja samalla savukaasut jäähtyvät. Ulkoa sammutettaessa vesihöyry ei aiheuta lämpörasitusta ja siten työturvallisuusriskiä sammuttajille. Inertti vesihöyry on tehokas sammuttaja ja sitä halutaan mahdollisimman paljon palavaan tilaan. Tehokkain sammutusvaikutus saadaan mahdollisimman nopealla kaikkien kuumien pintojen kastelulla, samalla saadaan paljon inerttiä höyryä.

Sisäkautta pienpisarasammutuksella pyritään jäähdyttämään syttymiskelpoisia savukaasuja ja sammuttamaan alkupalo. Tässä menetelmässä palavan kohteen sisään menevät savusukeltajat altistuvat palokaasuille. Sisällä olevien sammuttajien on kiinnitettävä huomiota savukaasujen jäähdytykseen käytettävään veden määrään. Kuumat savukaasut muodostavat veden kanssa polttavan vesihöyryn, joka altistaa savusukeltajat kuumuudelle.

Rakenteen ollessa ehjä (ikkunat ehjät) riittää varsin kohtuullinen vesimäärä tai jauhe tehokkaasti levitettynä. Sammute ei tuuletu rakenteesta, joten rakenne kannattaa pitää ehjänä ja antaa sammutteen tehdä tehtävänsä. Jos ikkunat ovat rikki tai aukkotekijä muutoin iso, sammute tuulettuu. Jauhe on tällaisessa tulipalossa tehoton. Vettä tarvitaan reilusti enemmän, koska jäähdytys on aiinoa vaikuttava tekijä.

Ulkoa sammutettaessa (hyökkäävä ulkoa sammuttaminen) on huolehdittava, ettei sammutteen mukana lisätä palon ilman saantia. Ulkoa sammutettaessa tehokas sammutustapa on tehdä pieni aukko rakenteeseen ja viedä pistosuihkuputki, varsisammutin, sammutuskeihäs tai vastaava väline palotilaan, jolloin vesisuihku purkautuu sisätilassa eikä sen aikaan saama ilmavirta lisää palon hapen saantia. Suihkuputkella ulkoa sammutettaessa tulee käyttää suoraa suihkua, jolloin veden mukaansa ottaman ilman määrä on pieni. Sumusuihku vie mukanaan paljon ilmaa, minkä vuoksi se on tehokas tuuletettaessa. Samaa tuuletusta ulkoa sisälle ei kannata tehdä. Yhdysvalloissa pitkään käytössä ollut transitional attack -menetelmä sisältää ensi-iskun ulkoa suoraan palavan tilan laipioon suoraa suihkua (smooth bore nozzle) käyttäen. Laipiosta vesi pirstokottuu palavaan tilaan ja aikaan saadaan lyhytaikainen sammutusvaikutus (knock down). Tämän jälkeen sammuttajat siirtyvät nopeasti sisälle. Jos samaan käytettäisiin sumusuihkua, olisi vaikutus negatiivinen. (Huttu. ym. 2022, 59–60.)

2.1 Rakennuspalon sammutustaktiikan valinta

Sammutustaktiikan valinta perustuu nykyisin Suomessa palon sammuttamisen nelikenttämalliin. Nelikenttämalli perustuu René Hagenin ja Louis Witlocksin alkuperäisteokseen *The Basics for Fire Safety Substantiating fire protection in buildings*. Nelikenttämalli on kehitetty helpottamaan sammutustaktiikan ja tekniikan valintaa tulipaloissa. Nelikenttämallissa sammutustaktiikka on jaettu neljään osaan: sammuttavaan ja rajoittavaan taktiikkaan ja sisältä ja ulkoa sammuttamiseen. (Savusukellusopas 2021, 61).

Aikaisemmin historiassa oli käytössä vain oikeastaan hyökkäävä ja rajoittava pistosuihkuputki. Pistosuihkuputkia hyödynnettiin todella vähän perinteisessä sammutustyössä. Monesti tuntui, että vasta ”viimeisenä keinona” otettiin käyttöön pistosuihkuputket rajoittamaan tulipalon leviämistä. Nykytiedon pohjalta on kehitetty lukuisia erilaisia selvitysmalleja ja välineitä hyökkäävään ulkoa päin sammuttamiseen.

Rakennuspalon sammutus koostuu useista eri osa-alueista. Perusteet rakennuspalon sammutukseen määrittävät pelastustoiminnan johtaminen ja tiedustelu. Palavan kohteen ominaisuudet ja rakenteellinen paloturvallisuus sekä palon kehittyminen ja leviäminen rakennuksessa vaikuttavat sammutustaktiikan ja sammutustekniikan valintaan.

Perusselvitys on ensitoimenpide, jolla tehokas sammutus- ja pelastustoiminta aloitetaan. Perusselvitys on perustoimintamalli, jota voidaan tarvittaessa laajentaa erilaisilla lisäselvityksillä kuten alkusammutustiedustelulla.

Pääpiirteittäin perusselvitystä käytetään ensitoimenpiteenä onnettomuuskohteessa, kun:

- syttymisvaara on ilmeinen
- palo on vähäinen, mutta sillä on suuri vaara levitä syttymisalueesta
- palo on päässyt kehittymään pidemmälle
- ryhmänjohtajan arvion mukaan.

Perusselvityksen (1+3) perusoperaatiomalli ei alkusammutustiedustelun lisäämisen myötä muutu. Ryhmänjohtaja ja savu kaksi suorittavat tiedustelun käsisammuttimilla, lämpökameralla ja tarvittaessa käyttävät alkusammuttimia (raivausvälineet mukana).

Alkusammutustiedustelu tarkoittaa tiedustelua ja alkusammuttamista. Alkusammutustiedusteluun liittyy epävarmuus tilanteesta ja mahdollisia vaaroja, jotka kohdistuvat alkusammutustiedustelua tekevään henkilöön. Alkusammutustiedustelussa tulee huomioida

*työturvallisuus ja käyttää asianmukaisia suojarusteita kuten paloasua ja paineilma-
hengityslaitetta (Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan 2023 10.).*

Alkusammutustiedustelu tulee tehdä harkitusti liiallista riskiä ottamatta. Alkusammutustiedustelun tekeminen edellyttää pelastustyöntekijöiltä kokemusta, palonlukemistaitoa ja asianmukaista suojaruustusta. Vaarana voi olla muun muassa se, että sammutusyrityksen aikana palon teho kasvaa ja alkusammutus ei riitä ja sammutte loppuu. Käsiammuttimien sammutusteho on rajallinen, ja joissakin tilanteissa sammutusvaikutus voi jäädä heikoksi tai sammutusvaikutusta ei ole juuri ollenkaan. Sammutusyrityksestä tulee myös pystyä luopumaan, jos tilanne näyttää siltä (Huttu 2022, 68.) Perusselvitys toimii erinomaisena selvitysmallina käytettäessä myös täydentäviä sammutusmenetelmiä kohteessa.

2.2 Hyökkäävän ulkoa sammuttamisen tarve

Perinteisen hyökkäävän sisäsammutustekniikan vaihtoehtona on hyökkäävä sammuttaminen ulkoa. Ulkoa sammuttaminen on turvallista ja altistaa vähemmän, ja se pystytään tehokkaasti aloittamaan pienemmällä henkilöstömäärällä.

*”Palavan rakennuksen sisätiloissa olevat ihmiset tulee pyrkiä pelastamaan savusukelta-
malla, mutta savusukeltajien turvallisuutta vaarantamatta. Savusukelluksesta tulee pi-
dättäytyä, mikäli siitä arvioidaan muodostuvan liian suuri riski savusukeltajien turvalli-
suudelle. Jos kyseessä on ainoastaan sammutustehtävä, tulee arvioida muiden kuin si-
säsammutustekniikan käyttömahdollisuuksia, että savusukeltaminen jäisi mahdollisim-
man vähäiseksi” (Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan 2023, 39).*

Hyökkäävä sammuttaminen ulkoa

- palon sammuttaminen tai sen leviämisen estäminen
- turvallisen työskentely-ympäristön luominen
- sisäsammuttamiseen siirtymisen valmistelu
- tehokas sammuttaminen täydenpalon vaiheessa
- turvallinen sammuttaminen epästabiilissa rakennuksessa.

Sammutustekniikan valinnassa pitää pystyä lukemaan tulipalon vaihetta ja palon leviämistä rakennuksessa. Tämä ei usein ole helppoa kokeneemmallekaan sammuttajalle. Hyökkäävä sammuttaminen ulkoa on tehokas sammutusmenetelmä tulipalon missä vaiheessa tahansa, mutta valittava väline ja käytettävä vesivirta tulee valita palon vaiheen ja voimakkuuden mukaan. Ulkoa sammuttamisella saadaan luotua tehokkaasti turvallinen työskentely-ympäristö kohteessa. Rakennuksen, rakennelman tai sen osien sortumavaara tulee huomioida savusukelluspäätöstä tehdessä. P1-luokan rakennuksen varsinaiset kantavat rakenteet on suunniteltu siten, että ne kestävät palorasituksia vähintään 60 minuuttia (ei koske sekundääri rakenteita), P2-luokan rakennuksessa 30 minuuttia, P3-luokan rakennuksessa ei ole varmistettua kestoa. P0-luokan rakennukset ovat kaikki yksilöitä, joiden rakenteiden kesto selviää kohdetiedoista. Savusukeltamisen aloittamispäätöstä tehtäessä tulee ottaa huomioon myös pelastusmuodostelman suorituskyky (Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan 2023, 39–40). Ulkoa sammuttamisen ehdottomana hyötynä on erittäin tehokas sammutustoiminta sekä työturvallisuus.

Sammutustekniikan valinta

Happirajoitteinenpalo (suunnattava tai tavallinen pistosuihkuputki, sammutusleikkuri)

- o Ikkunat ovat ehjät.
- o Aukkerroin (avointen aukkojen määrä) on pieni.
- o Rakennukseen laitettava sammute ei tuuletu pois.
- o Hyödynnetään vesihöyryn/jauheen inertoivaa vaikutusta.

Perinteisiä pistosuihkuputkia käytetään veden tai jauheen kanssa. Perinteisen pistosuihkuputkien suihku kohdistuu vain osittain kuumaan osaan huonetta ja tavoittaa vain hyvin rajatun osan kuumista pinnoista, joten sen suuntausta on muutettava jatkuvasti tekemällä useita reikiä eri osiin rakennuksen ulkoseinää ja erilaisilla suuntauksilla. Suunnattavalla pistosuihkuputkella voidaan jäähdyttää kaikki huoneen pinnat ja suunnata vesi kuumiin palokaasuihin. Suunnattavassa pistosuihkuputkessa voidaan käyttää vettä, jauhetta tai CAFS-vaahtoa.

Avopalo (Varsisammutin)

- o Ikkunat ovat rikki.
- o Aukkerroin on suuri.
- o Sammute tuulettuu aukkojen kautta pois.
- o Ainoa vaihtoehto on tulipalon voimakas jäähdyttäminen.

Kun huoneen aukkokerroin kasvaa (esimerkiksi ikkunat ovat rikki, ovet ovat auki) palo saa hyvin happea ja sammutteet (vesihöyry, jauhe, aerosoli) tuulettuvat ulos. Tällaisessa avopalossa täytyy saada riittävä jäädyttävä vaikutus ja riittävä vesivirta. Tavallisella suihkuputkella ulkoa sammuttaessa vesisuihku tavoittaa vain hyvin rajatun osan kuumia pintoja, iso osa sammutusvedestä menee väärään paikkaan (lattialle) ja sammutussuihku vie mukanaan happea palavaan tilaan, etenkin jos käytetään muuta kuin täysin suoraa suihkua. Edullisempaa on käyttää menetelmää, jossa vesi purkautuu suuttimesta huonetilan sisäpuolella, jolloin vesivirran mukana kulkeva ilma ei vaikuta tilan happipitoisuuteen. Varsisammutin kohdistaa veden oikeaan paikkaan (huoneen kuumaan yläosaan ja seinäpinnoille) ja ei tuo mukanaan lisää happea tilaan.

2.3 Sammutus pienpisarasammutuksella

Suomessa on ollut vakiintunut käytäntö ja opetustapa pienpisarasammutukselle. Tässä sammutusmenetelmässä on sammuttajaan kohdistuvia vaaratekijöitä ja haittoja. Ensinnäkin on leimahdusvaara, kun käytetään pieniä sammutusvesimääriä. Palavaan tilaan pääsee palamisilmaa esimerkiksi ikkunan rikkoutuessa, sammutusparin avatessa oven tai tuulen suunnan muuttuessa ja niin edelleen. Palokaasut ei välttämättä jäähdy tarpeeksi vaan voi korvausilmaa saadessaan leimahtaa. (Hyttinen 2018, 22.)

Sammutustyö joudutaan tekemään haastavissa olosuhteissa ja rajoitetulla näkyvyydellä. Vaikka optimitalanteessa, jossa saataisiin kaikki sammutusvesi höyrystymään palokaasuihin, siitä huolimatta lämpörasitus ja altistuminen savulle savusukeltajalle on runsasta. Todellisuudessa ei sammutusveden määrää voi niin tarkasti sammutustyössä hallita, etteikö ylimääräistä vesihöyryn tuoma lämpökuormaa synny.

Pienpisarasammutusmenetelmää on käytetty Suomessa viimeisten kolmen kymmenen vuoden ajan. Tekniikalla on tehokas sammutusvaikutus, ja oikein käytettynä menetelmä on myös turvallinen. Pienpisarasammutusta on pidetty niin hyvänä, että vaihtoehtoisia menetelmiä ei ole juuri kehitetty ennen kuin vasta viime vuosina. (Huttu ym. 2022, 12.)

2.4 Savusukelluksen haasteet

Savusukellus rakennuspalossa rajattuun tilaan aiheuttaa merkittävän riskin savusukeltajille ja altistaa monille terveydelle vaarallisille yhdisteille. Sammutustekniikoita käytettäessä yhdessä sammuttaminen on tehokkaampaa ja turvallisempaa. Sammutuksen aloituksessa rakennuspalossa ulkoa pistosuihkuputkella tai sammutusleikkurilla savusukeltajat altistuvat vähemmän syöpävaarallisille aineille. Palon rajoittaminen ulkoa tekee sisältä sammuttamisen turvallisemmaksi, ja täydentävät sammutustekniikat mahdollistavat sammutustaktiikan vaihtamisen hyökkäävästä ulkoa sammuttamisesta sisäsammutukseen turvallisemmin ja tehokkaammin. (Meraner 2021, 75.)

Savusukelluksen ongelmakohtia ovat muun muassa;

- altistuminen syöpävaarallisille aineille (Kansainvälinen syöväntutkimusjärjestö IARC on nostanut palomiehen työn syöpävaarallisuuden korkeimpaan 1. luokkaan)
- pelastussukelluskelpoisuuden korkeat fyysiset vaatimukset
- henkilöstön ikääntyminen, keski-ikänsä nousu
- uuden henkilöstön saatavuuden haasteet, myös sopimuspalokunnissa.

Savusukellus on aina riskialtis työtehtävä. Tilassa on rajoitettu näkyvyys ja yleensä korkea lämpötila. Ulkoisten tekijöiden aiheuttamat riskit lisäävät myös yksittäisen savusukeltajan niin fyysistä kuin henkistäkin rasitusta. Näitä haasteita voidaan vähentää hyödyntämällä nelikenttämällä rakennuspalon sammutuksessa. Nelikenttää voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttämällä ulkoista sammutusmenetelmää (ainoastaan) tai siihen, että siirtyminen sisäsammutukseen on helpompaa ja mahdollisesti turvallisempaa. Ensin on saatava ulkoa liekit, lämmöt ja savut alas ja vasta sitten ryhdyttävä sisäsammutukseen. Terveydellisten riskien ja sammutustoiminnan kehittämiseksi tarvitaan uutta tekniikkaa ja uusia menetelmiä, jotta voidaan sammuttaa tehokkaasti ulkoapäin.

”Savusukellus on sammutus- ja pelastustehtävän suorittamista sisällä rakennuksessa tai muussa rajatussa sisätilassa, missä on tiheä savupatja. Savusukeltaminen edellyttää savusukellusvarustusta ja paineellista työjohtoa tai vastaavaa. Työskentely palavan rakennuksen katolla sekä savuisissa maanalaisissa tiloissa rinnastetaan savusukellukseen” (Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan 2023, 12.)

”Paineilmahengityslaitteen käyttö tarkoittaa hengityksen suojaamista pelastustoiminnassa. Paineilmahengityslaitte on riippumaton ympäristön happipitoisuudesta ja turvapaaineellisena se suojaa käyttäjänsä hyvin erilaisissa tilanteissa. Sammutus- ja pelastustoiminnassa tulee pyrkiä käyttämään paineilmahengityslaitetta ns. ”matalalla kynnyk-

sellä” altistumisen vähentämiseksi. Paineilmahengityslaitteen käyttöä tapahtuu esimerkiksi seuraavissa tilanteissa: palon sammuttaminen ulkoapäin, nostolavan korissa työkentely, sekä rakennuksen sisällä silloin, kun kyseessä ei ole savusukellus, kuten alkusammutustiedustelu, opastus ja jälkiraivaus” (Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan, 2023, 13.)

3 RAKENNUSPALON SAMMUTUS HYÖKKÄVÄLLÄ ULKOSAMMUTUSTEKNIKALLA

Tässä luvussa tutkitaan varsisammuttimen sammutustehoa ja käytettävyyttä rakennuspalon sammutuksessa. Varsisammuttimen tehoa verrataan valikoitujen täydentävien sammutusmenetelmien sammutusvaikutukseen. Tähän työhön sammutusmenetelmiksi valittiin heitto-, jauhe- ja nestesammutin, koska tutkimuksen tekemiselle on rajallinen aika sekä taloudelliset resurssit. Myöhemmin esiteltävä sammutussauva olisi ollut luonnollinen vertailukohta, mutta se ei ollut vielä saatavilla tätä opinnäytetyötä tehtäessä. Tärkeimmät kysymykset, joihin halutaan tutkittua tietoa, olivat varsisammuttimen sammutusteho, ja käytettävyys rakennuspaloissa.

Huoneistopalon sammutuksessa pyritään vaikuttamaan fysikaalisiin muuttujiin. Muuttujia ovat palomuuttajat, joihin sammuttaja ei voi vaikuttaa, ja sammutusmuuttuja, johon sammuttaja voi vaikuttaa. Palo- ja sammutusmuuttujien tiedostaminen on kuitenkin edellytys palon sammutukselle.

Palomuuttujia ovat

- aukkotekijä
- rakennuksen koko ja muoto
- palavaa ainetta koskevat muuttuja.

Sammutusmuuttujia ovat

- suihkuputken paikka sammutettavassa tilassa
- suihkuputken suihkukulma
- suihkupaine
- suihkuputken liike
- suihkun pisarakoko.

Myös savunpoistoaukot ovat sammutusmuuttujia (Hyttinen 2018, 159–160).

Palomuuttujista aukkotekijällä tarkoitetaan, miten ilmaa pääsee sisään ja miten savukaasut ulos. Näitä aukkotekijöitä voidaan säädellä luonnollisesti rakennuksen ovilla ja ikkunoilla, on myös kehitetty peitteitä, joilla voidaan sulkea ovi- tai ikkuna-aukkoja. Tästä voidaan mainita esimerkkinä PORTABLE SMOKE BLOCKER-oviverho (Kuva 1). Näillä oviverhoilla rajoitetaan palokaasujen pääsyä pois palotilasta esimerkiksi porraskäytävään ja samalla rajoitetaan palotilaan ilman pääsyä, joka mahdollistaa ja lisää palamista. Ollessaan yli 5 % kokonaispinta-alasta aukkotekijä mahdollistaa jo palon kehittymisen täydenpalon vaiheeseen, joten tämä on oleellinen tekijä sammutustyössä. (Kuva 1). Rakennuksen koko ja muoto on sellaisia muuttujia, joihin ei juurikaan voida vaikuttaa, mutta ne tulee ottaa huomioon sammutustaktiikassa.

Palavaa ainetta koskevat muuttujat ovat rakennuksen kiinteät rakennusmateriaalit ja toisaalta myös rakennuksessa olevat kalusteet ja muu irtaimen tavaran määrä. Näihin asioihin voidaan vaikuttaa ennakkoon. Rakennuksien osalta pelastusviranomaisen ohjaa asiantuntijaroolissa rakentamista yhdessä rakennusvalvontaviranomaisten kanssa, jotta rakentamisen paloturvallisuus täyttyy laissa ja asetuksissa määrätyllä tasolla. Irtaimiston ja muun tavaran määrää valvotaan pelastusviranomaisen toimesta määräajoin suoritettavissa palotarkastuksissa.



Kuva 1. SMOKE-BLOCKING CURTAIN F 70 PRO.

4 ALTISTUMINEN

Kansainvälinen syöväntutkimusjärjestö IARC on nostanut palomiehen työn syöpävaarallisuuden korkeimpaan 1. luokkaan. Aikaisempi luokitus oli mahdollisesti syöpävaarallinen 2B-luokka. Kansainvälisen tutkijaryhmän päätöksen taustalla ovat kymmenet tehdyt tutkimukset. Myös Suomessa on selvitetty palomiesten altistumista sairauksia aiheuttaville aineille. (Demers ym. 2022.)

Päätös tehtiin 25 tutkijan kokouksessa Lyonissa Ranskassa kesäkuussa. Tutkijat perustavat päätöksensä yhteensä 71 tutkimukseen, raporttiin ja analyysiin. (Demers ym. 2022.)

Edellisen luokituksen IARC teki vuonna 2007, jolloin jo keskusteltiin palomiehen työn vakavista terveysvaikutuksista. Suomessa asiaa pitkään seurannut Pelastusopiston erikoistutkija Juha Laitinen ei tämän vuoksi ole yllätynyt IARC:n uudesta ilmoituksesta (Laitinen 2022). Lisätietoa palomiesten sairauksista on kerätty 15 vuoden ajan, ja nyt tutkijat katsovat, että näyttö on riittävä. Palomiehen työn altisteet aiheuttavat syöpiä. Aiempaa matalampaa luokitusta on kansainvälisesti arvosteltu, sillä jo pitkään on ollut tutkimusnäyttöä palomiehen ammatin ja sairauksien välisestä yhteydestä. Työympäristössä esiintyy vahvoja karsinogeneenejä kuten bentseeniä. (Demers ym. 2022.)

4.1 Järjestön luokituksia arvostetaan

Riittävä näyttö eri syöpätyypeistä koskee mesoteliomaa eli keuhkopussin kasvaimia sekä virtsarakon syöpää. Viisi muuta syöpätyyppiä, muun muassa paksusuoli- ja eturauhassyöpä, jäivät edelleen alemmalle luokitukselle. (Demers ym. 2022.)

Syöväntutkimusjärjestö IARC:n luokituksilla on painoarvoa, ja sen tarkkaan harkintaan perustuviin arvioihin nojataan muun muassa Euroopan Unionin päätöksenteossa. Erikoistutkija Laitinen odottaa, että uuden luokituksen seurauksena palomiesten terveyden puolesta tehdään työtä entistä voimallisemmin. Altistumisen vähentämiseksi tarvitaan kaikkien alalla toimivien panosta, Laitinen sanoo. (Demers ym. 2022.)

Sairauksien ehkäisyn kannalta oleellista on palomiesten terveysseuranta, jotta altistumisen aiheuttamiin muutoksiin päästään ajoissa kiinni. Suomessa pelastustoimen työnantajilla on velvollisuus ilmoittaa Työterveyslaitoksen ylläpitämään ASA-rekisteriin pelastuslaitosten työntekijät, jotka ammatissaan altistuvat syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille.

Suomessa Pelastusopisto ja Työterveyslaitos ovat tehneet useita palomiehen altistumiseen liittyviä tutkimuksia ja julkaisseet suosituksia suojautumista työtehtävillä ja paloasemilla. Tutkimukset käynnistyivät Pelastusopiston savusukellusopettajien työn tutkimuksella 2000-luvun alkupuolella. Laaja palomiesten kokonaisaltistumista käsitellyt hanke toteutettiin 2014–2016. Viimeksi Pelastusopisto on tutkinut metsäpalon sammuttajien työmenetelmiä ja suojaajia 2019–2021. (Laitinen. 2022.)

4.2 Altistumisen vähentäminen

Ruotsissa aloitettiin jo vuonna 2006 ”Friska brandmän” -hanke, jonka ideana oli vähentää pelastushenkilöstön altistumisia terveyshaitoille työtehtävissä ja tästä syntyikin Puhdas paloasema -malli, joka tunnetaan myös Skellefteån -mallina. (Laitinen. 2015,16.)

Suomessa altistuksen vähentäminen aloitetaan nykyisin jo henkilökohtaisesta varustuksesta. Haitallisille savukaasuille altistuminen on merkittävä riski savusukeltajille. Altistusta voidaan vähentää pukeutumalla oikein. Oikeaoppisessa savusukellusvarustuksessa käytetään kalvollista sammutusasua, jossa saadaan hihat ja lahkeet pysymään ihon suojana, alusasu väliasun alle, sammutuskäsineiden alla puuvillaisia sormikkaita, sekä alushuppua pään ja kaulan suojana. Savusukeltajan oikeaoppisella pukeutumisella on suuri merkitys altistuksen vähentämisessä, mutta myös varusteiden riisumisella ja puhdistuksella on paljon vaikutusta koko paloasemalla työskentelevän henkilöstön terveyteen. On tärkeä riisua savusukelluksessa likaantuneet varusteet oikeassa järjestyksessä. Likaiset varusteet laitetaan pesupusseihin, jotka suljetaan heti ja kuljetetaan pesukoneeseen suljetuissa pusseissa. Myös kaikki muut varusteet esimerkiksi paineilmahengityslaitteet laitetaan säkkeihin ja viedään pesukoneeseen niin, ettei nokipartikkelit leviä ajoneuvoihin tai pelastusasemalle. Tehtävän jälkeen ihon pesu ja puhdistus mahdollisuuksia on lisätty tehtävä paikalla, jotta iho altistus jää mahdollisimman lyhyeksi. Sammutusasuihin on tullut parannuksia altistuksen vähentämiseksi esimerkiksi hihansuihin ja lahkeisiin on tullut kiristysmahdollisuus, jotta pienhiukkaset eivät pääse sammutusasun sisäpuolelle.

Pelastusasemalle saavuttaessa sammutusvarusteet viedään suoraan pesuun kulkematta puhtaiden tilojen läpi. Samoin ajoneuvokalusto pestään ja kalusto huolletaan ja täydennetään ennen puhdistuksiin tiloihin menoa.

Myös työmenetelmiin on tullut muutoksia. Ennen riisuttiin raskaat paineilmalaitteet heti sammutustyön päätyttyä ja kevennettiin muutenkin varustusta, kun aloitettiin jälkiraivaus toimenpiteet. Ja koska suojuvarusteet ja hengityssuojaimet riisuttiin pois, oli altistus tässä vaiheessa erittäin suurta ihon ja hengityselimien osalta. Tämän jälkeen aloitettiin käyttämään suojakäsineitä ja FFP2 luokan hengityssuojaimia, mutta samoja suojaajia käytettiin useilla tehtävillä toistuvasti. Nykyään on

moottoroidut hengityssuojaimet ja kertakäyttöisiä suojakäsineitä suojaamaan altistukselta. Mootto-
roituihin hengityssuojain on saatavana myös häkäsuodattimet. Nykyisin pelastushenkilöstö pitää
myös henkilökohtaista altistumispäiväkirjaa.

5 TUTKIMUKSEN TEKEMINEN

Tässä luvussa kuvataan opinnäytetyön tutkimusten kulkua ja tutkimusmenetelmiä sekä tutkimusongelmaa. Tämä tutkimus on rajattu vain nelikentän hyökkäävän ulkoapäin sammuttamisen osioon.

5.1 Tutkimusongelma

Tutkimusongelma on merkittävin tutkimusasetelman osista. Tutkimusasetelma muodostuu näiden kolmen tekijän vuorovaikutuksesta, jotka ovat tutkimusongelma, käytetty aineisto ja valittu tutkimusmenetelmä. Tutkimusongelma, joka ilmaistaan usein kysymyksen muodossa, on siten tutkimuksen lähtökohta. Pääongelman lisäksi tutkimus voi sisältää muutamia alaongelmia, joihin tutkimuksella aiotaan vastata. Alaongelmat auttavat löytämään vastauksen itse tutkimusongelmaan. Tutkimusongelma määrittää hyvin pitkälle, millaista aineistoa vaaditaan ja millä menetelmillä ongelmaan voidaan saada vastaus. (Uusitalo 1997, 49–50.) Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys oli seuraava: Mitä muita keinoja rakennuspalon sammutukseen on, kuin sisäsammutustaktiikkaa.

Tutkimus voi olla tarkoitukseltaan kartoittava, selittävä, ennustava tai kuvaileva. Kartoittava tutkimus etsii uusia näkökulmia ja ilmiöitä. Selittävä tutkimus pyrkii löytämään syy- ja seuraussuhteita sekä kysyy, miksi asia on. Nimensä mukaisesti ennustava tutkimus taas pyrkii ennustamaan tapahtumia ja toimintoja esittämällä kysymyksen, mikä on tuloksena jostain tietystä ilmiöstä. Kuvaileva tutkimus pyrkii vastaamaan kysymykseen, millainen tai miten asia on. (Hirsjärvi, Remes ja Saja-vaara 2000, 117). Tutkimuksemme oli luonteeltaan selittävä ja pyrkii vastaamaan kysymyksiin hyökkäävän ulkoisen sammuttamisen käyttökelpoisuudesta ja siitä, miten se vertautuu perinteiseen hyökkäävään sisältä sammuttamiseen. Samalla vertailimme erilaisia menetelmiä toteuttaa hyökkäävää ulkoa sammuttamista.

Tämän työn tutkimusongelma voidaan muotoilla seuraavasti:

Haemme tietoa jo käytettävissä olevista täydentävistä sammutusmenetelmistä ja niihin käytettävistä työkaluista. Perehdymme aiheesta aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin. Hakulausekkeina voidaan käyttää seuraavia: täydentävät sammutusmenetelmät, vaihtoehtoiset sammutusmenetelmät, heittosammutin, pistosuihkuputki, sammutinleikkuri, jauhesammutin, nestesammutin, pelastussukelluskelpoisuus, pelastussukellusohje, savusukelluskelpoisuus, savusukellusohje ja niin edelleen. Tutkimuksessa on tarkoitus selvit-

tää uuden täydentävän sammutustekniikan, varsisammuttimen, tehoa rakennuspa-loissa. Varsisammutin on uusi keksintö, jonka on keksinyt pelastusopiston erikoistutkija Marko Hassinen. Varsisammutin kuuluu niin sanottuihin täydentäviin sammutustekniikoi-hin, joihin ei tarvita savusukelluskykyä, vaan sammuttaminen tapahtuu palavan kohteen ulkopuolelta.

Tutkimuksessa verrattiin varsisammuttimen sammutusvaikutusta ja toiminnallisuutta muihin täyden-täviin sammutusmenetelmiin. Tähän tutkimukseen verrokeiksi valittiin heittosammutin, sammutus-sauva, jauhesammutin ja pistosuihkuputki. Tarkastelimme myös näiden yhteiskäyttöä tuuletusput-ken eli niin sanotun ST-putken kanssa.

Tutkimus tehtiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella huoneistopalosimulaattorissa, toinen vaihe Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen talonpolttoharjoituk-sen yhteydessä Heinävedellä ja kolmas Jaalassa kesämökin polttoharjoituksena. Heinävedellä oli kaksi erillistä rivitalohuoneistoa, joissa vertaileva tutkimus tehtiin.

Tutkimuksemme kohteena oli uusi tuotekehityksen tulos, josta ei ole aiempaa tutkimustietoa. Jo käytössä olevista täydentävistä sammutusmenetelmistä ja niiden laitteistoista on aiempia tutkimuk-sia.

Vertasimme varsisammutinta niihin ja tulokset esitellään tässä opinnäytetyössä. Pääongelmat oli-vat seuraavat:

- Millainen on varsisammuttimen sammutusteho ja käytettävyys?
- Millainen on varsisammuttimen käyttö ja toiminnallisuus.

Pääongelmaa täsmennettiin seuraavien alaongelmien avulla:

- Mikä on varsisammutin?
- Mikä on sen sammutusvaikutus?
- Mikä varsisammuttimen käytettävyys rakennuspalon sammutuksessa?
- Miten varsisammutin toimii verrattuna jo käytössä oleviin sammutusvälineisiin?

Pääongelma ilmaisee tutkimuksen varsinaisen tavoitteen, mutta jotta siihen pystyttäisiin perusteellisesti vastaamaan, asetetaan alaongelmia, joiden kautta voidaan vastata pääongelmaan. Opinnäytetyö jäseneltiin siten, että aluksi vastataan alaongelmiin teorian perusteella ja siten alaongelmien avulla rakennetaan tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Empiirisessä osiossa testataan teoriaa käytännössä ja täydennetään viitekehystä, sillä tavalla tutkimuksen varsinaiseen ongelmaan saadaan vastaus vasta empiirisen osion jälkeen.

Tutkimus on rajattu koskemaan ainoastaan varsisammutinta ja aiemmin mainittuja vertailu sammutuslaitteita, ulkopuolelle jätetään kaikki muut vaihtoehtoiset sammutteet ja sammutusmenetelmät sekä muu huoneiston/rakennuksen ulkopuolelta tapahtuva sammuttaminen.

5.2 Tutkielman yleistettävyys ja luotettavuus

Reliabiliteetti määrittelee, että tutkimuksessa tutkitaan sitä, mitä on tarkoituskin tutkia. Validiteetti taas kertoo, vastaavatko havainnot odotettua ja voidaanko havainnot koskea yleistämään jotakin toista tapausta. Reliabiliteetti on edellytys tutkimuksen validiteetille. (Saunders, Lewis ja Thornhill 2003, 101–102.) Validiteettia voidaan parantaa vertaamalla tutkimusta ja sen tulkintoja aikaisempiin tutkimuksiin, valitsemalla kohderyhmä, joilla on samanlainen kokemusmaailma ja yleinen kiinnostus tutkimusta kohtaan, sekä parantamalla tekijän itsensä ymmärrystä tutkimusongelmasta ja teoriasta.

5.3 Tutkimus

Tämä tutkimus on deskriptiivinen. Deskriptiivinen tarkoittaa tutkimusta, joka on kuvailevaa, selittävää tai ennustavaa. Normatiivisuuteen sitä vastoin liittyy tavoitehakuisuus, eli se kertoo, kuinka asioiden pitäisi olla. Tässä tutkimuksessa tutkimusote on toiminta-analyttinen. Tarkoituksena on sekä ymmärtää että kuvailla varsisammuttimen toimintaa ja toiminnallisuutta operatiivisissa huoneistopa-loissa.

Teoreettisten käsitteiden, havaintokäsitteiden ja hypoteesien muodostamisessa käsiteanalyysi on välttämätön jokaisessa tutkimuksessa (Neilimo – Näsi 1980, 33). Tämäkin tutkimus sisältää käsite-analyttisen osion, jossa määritellään käsitteet ja luodaan teoreettinen viitekehys.

Varsisammutin testattiin kolmessa testauspäivässä. Ensimmäinen testaus tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueen palotalossa 21.9.2021. Toinen testaus tehtiin Pohjois-Karjalan pelastuslaitoksen talonpolttoharjoituksen yhteydessä 25.9.2021 Heinävedellä. Kolmas testipäivä oli 29.5.2023 Kymenlaaksossa Jaalassa, jossa toteutettiin kesämökin polttoharjoitus.

Tulokset analysoitiin sen jälkeen, kun testipäivät olivat valmiit. Testauspäivien aikana kerätty materiaali ja mittaustulokset koottiin yhteen, näin saatiin kattava aineisto. Varsisammuttimen tehoa verrattiin aikaisemmin mainittuihin sammutteisiin ja sammutusmenetelmiin sekä sammutusvälineisiin.

5.4 Tutkimuksen kulku

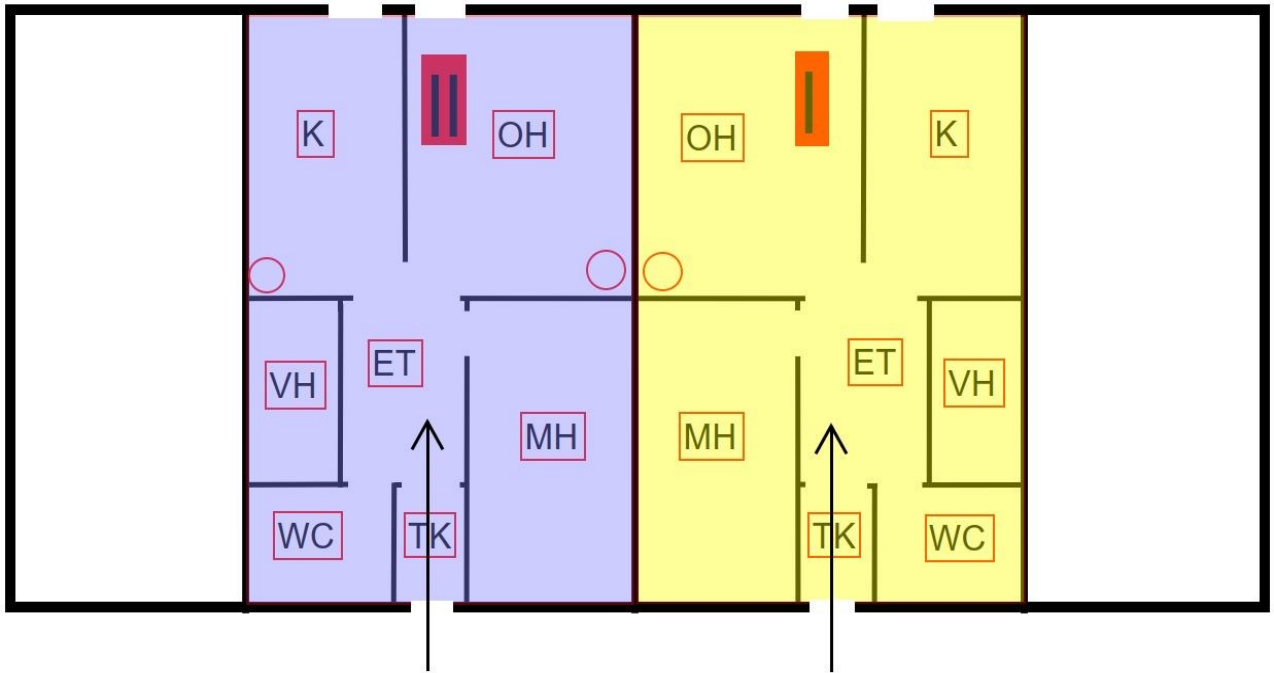
Tutkimuksen tavoite oli selvittää täydentävien sammutusmenetelmien sammutusvaikutusta ja niiden eroavaisuuksia rakennuspalossa. Tutkimme varsisammuttimen ja heittosammuttimen käyttökelpoisuutta ja toimivuutta rakennuspalossa käytännössä. Muita täydentäviä sammutusmenetelmiä vertasimme niistä saatavan tiedon perusteella.

Huoneistoa kuvasi harjoitusalueella oleva palotalon huoneisto, talonpolttoharjoitus Heinävedellä ja kesämökin polttoharjoitus Kouvolassa, joissa tutkimusta pystyttiin tekemään autenttisissa olosuhteissa. Heinävedellä huoneistot olivat 2 huonetta ja keittiö, ja ne olivat peilikuvat toisistaan. Huoneiden pinnat olivat maalattua Gyproc-levyä ja lattiat muovimattoa. Alkupalona käytettiin käytettyjä kuormalavoja ja huoneistosta purettua lastulevyä (Kuva 3). Alkupalot sijaitsivat keittiössä ja olohuoneissa (Kuva 2). Tutkimuskohteissa palotilaan asennettiin lämpötila-anturit (termoparit). Anturit asetettiin katon rajaan, keskelle huonetta ja lähelle lattian rajaa. Lämpöantureiden lisäksi havainnointiin ja datan tallentamiseen käytettiin lämpökameroita ja puhelimen kameraominaisuutta.

Palon annettiin kehittyä niin, että yläanturin lämmöt kohosivat noin 600 celsius asteeseen. Lämpötila nostettiin samaan lämpötilaan testikertojen välillä antamalla palolle lisää hapekasta ilmaa sekä lisäämällä palokuormaa.

Palon annettiin kehittyä niin pitkään, että se juuri ja juuri oli muuttumassa happirajoitteiseksi (silmämääräisesti arvioiden savun väristä) ja sen jälkeen laskettiin sammute tilaan kokonaan, pois lukien varsisammutin, jota käytettiin noin 5–30 s. Näin ollen sammutusvedenmäärä oli noin 55–330 litran välillä. Sammutteet heitettiin etuovelta ja myös varsisammutinta käytettiin etuovelta niin sanotusta ”koiran luukusta”. Varsisammutin oli koottu täysimittaiseksi.

Kesämökin polttoharjoituksessa tutkittiin pistosuihkuputkea ja sen toiminnallisuutta vedellä, sekä sammutusjauheella ja sammutus- tuuletusputkea. Kohteessa rajatun tilan palo olohuoneetilassa sammutettiin vain ulkoapäin. Sammutukseen ei käytetty savusukellusta.



Kuva 2. Heinäveden harjoituspoltto asuntojen pohjakuvat. Mustat nuolet osoittavat varsisammuttimen sijainnin.



Kuva 3. Alkupalopaikat kuvattuina.

5.5 Varsisammutin

Varsisammutin on suunniteltu rakennuspalon sammuttamiseen rakennuksen ulkopuolelta ja sähköautopalon sammutukseen ja rajoittamiseen ajoneuvon pohjan alle asetettuna. Varsisammutin tuottaa 660 litraa minuutissa 10 baarin paineella. Varsisammutin työnnetään lattiaa pitkin palavaan tilaan, ja siitä vesisumu suuntautuu ylöspäin kohti kuumia savukaasuja ja pyrolysoituvia pintoja. Suuttimesta tulee pieniä pisaroita, jotka jäädyttävät savukaasuja, sekä isoja pisaroita, jotka kulkeutuvat savukaasujen läpi kuumille pinnoille. Kaikki sammutusvesi menee suoraan kuumimpaan paikkaan kattoon ja tämän ansiosta sammutus on erittäin tehokasta. Kuva 4 havainnollistaa vesisuihkun suuntautumisesta varsisammuttimen ja pistosuihkuputken välillä. Kuvasta poiketen pistosuihkuputken suuntaus pitää olla viistosti ylöspäin.



Kuva 4. Pistosuihkuputki vs. varsisammutin. (Kuva 4 Hassinen 2021).

Varsisammutin on pakattu yhteen muoviseen salkkuun, ja siinä on 5 osaa. Osat ovat seuraavat: OFFEXT SKUNK, OFFEXT EV SKUNK, jatkovarsi 2 kpl, käyttövarsi ja välisulkuliitin. OFFEXT SKUNK on tarkoitettu käytettäväksi huoneistopaloissa ja ajoneuvopaloissa. OFFEXT EV SKUNK on taas tarkoitettu sähköauton akkupalojen jäädyttämiseen. Jatko-osat kiinnitetään toisiinsa salpaliittimillä. Välisulkuliitin kiinnitetään enne käyttövarsta, mikä nopeuttaa ja helpottaa työskentelyä, jos on nähtävissä tarvetta vaihtaa sammutuksen aikana letkuun tai käyttää muuta kalustoa kuten vaikka pistosuihkuputkea. Maksimi työskentelypituus on noin 4,8 metriä. Varsisammutin voidaan kalustaa sammutusauton kalustoluukkuun pystyyn (Kuva 5).

Ennen varsinaista käyttöä varsisammuttimen kokoaminen ja käyttäminen vaatii perehdytyksen. Käyttäminen tämän jälkeen on helppoa ja nopeaa sammutustilanteessa. Varsisammutinta voi käyttää huoneiston ovelta tai ikkunasta, normaalissa ajoneuvopalossa tai jäähdyttämään sähköajoneuvon akkupalossa.



Kuva 5. OFFEXT SKUNK sijoitettuna sammutusauton kalustoon.

5.6 Heittosammutin

Heittosammutin eli aerosolisammutin (Kuva 6) on tarkoitettu erityisesti rajatun tilan paloihin, ja se on nopea käyttää. Oikeaoppisella käytöllä sillä voidaan rajoittaa paloa tehokkaasti ja saada lisää aikaa varsinaisen sammutustoiminnan alkamiselle.

Heittosammutin ei sammuta hehkupaloa vaan estää tilassa liekillä palamisen, ja tässäkin tapauksessa tulee aerosolia olla riittävä määrä palotilassa. Alkupallo vaatii yleensä aina muun sammutteen käyttämistä, yleensä veden.

Jotta heittosammutin toimisi tehokkaasti, sammutettavan tilan tulisi olla mahdollisimman tiivis. Kaikenlaiset avoimet aukot heikentävät aerosolin pysymistä tilassa, ja samalla liekkipalon sammutusvaikutus heikkenee. Hyvin suljetussa ja tiiviissä tilassa aerosolin vaikutus voi kestää kymmeniä minuutteja.

Heittosammutin toimiessaan kuumenee jopa noin 400°C:seen ja sen on huomattu aiheuttaneen palojälkiä huonekaluihin, jos se on ollut liian lähellä. Heittosammutin toimiessaan myös sekoittaa tilassa olevat savukaasut ja samalla hävittää näkyvyyden. Tämä vaikeuttaa hetkellisesti varsinaista sammutustyötä ja altistaa sammuttajan korkeammille lämpötiloille.



Kuva 6. DSPA-heittosammutin, jossa sammutetta 2300–3700 g. Sammutettavan tilan maksimi koko 110–180 m³. Purkautumisaika 25–30 sekuntia.

5.7 Sammutussauva

Sammutussauva on suunniteltu sammuttamiseen myös rakennuksen ulkopuolelta kuten varsisammutinkin. Molemmat korvaavat savusukeltamista ja toimivat tehokkaina sammutusmenetelminä, kun vahvuudet ei riitä tai palo on kehittynyt liian voimakkaaksi savusukeltamiselle.

Sammutussauva on pituudeltaan 2–8 m. Ne toimivat 5–8 bar paineella tuottaen 320–350 l/min vesisumua. Vesisumu tulee 360° kulmassa suuttimesta ja sauvan sumu suuntautuu myös taaksepäin.

Sammutussauvalla voidaan sammuttaa ontelopaloja, sillä yletetään räystäiden väliin, välipohjiin ja muihin ahtaisiin paikkoihin. Sammutussauvassa ei ole rekyyliä, ja sitä voidaan käyttää niin sanotusti ”miehittämättömänä”.

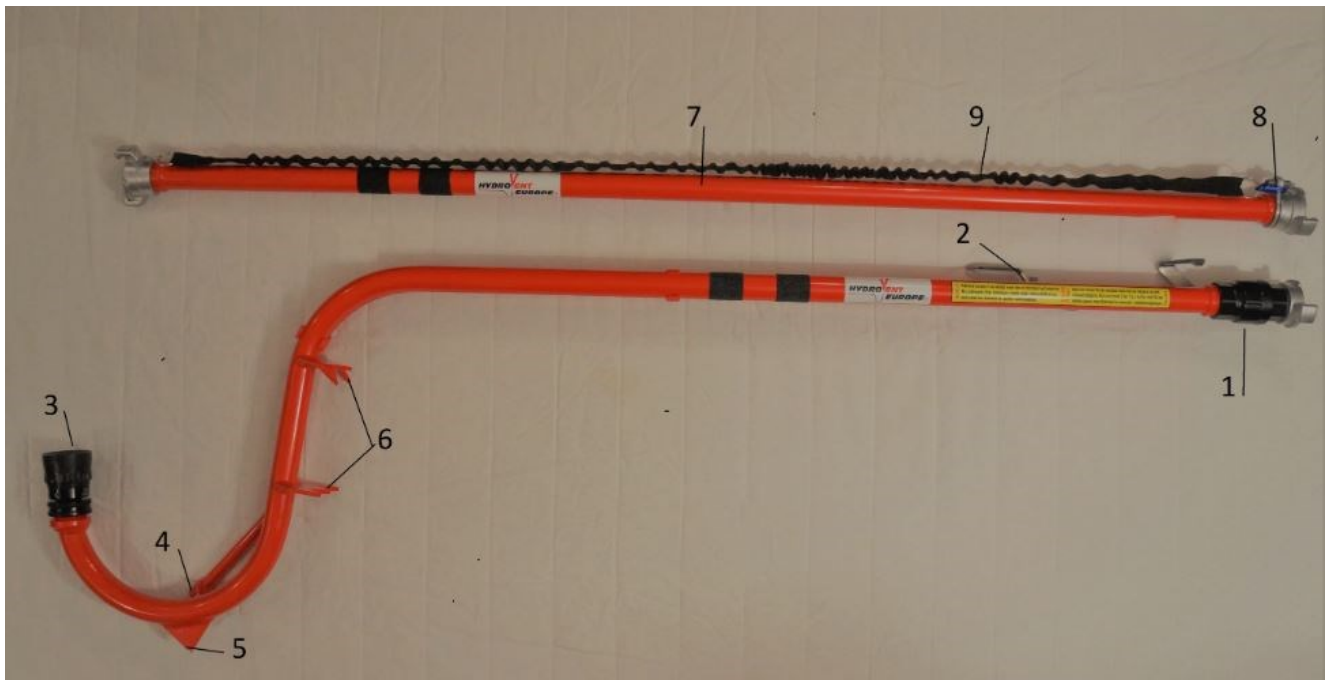


Kuva 7. Kuvassa ylimpänä sammutussauva ja alempana varsisammutin (Rakennuspalon sammutusopas).

5.8 Tuuletusputki

Tuuletusputki on sammutusmenetelmä, jonka avulla tehty alipainetuuletus sopii parhaiten rivi- ja omakotitaloihin sekä rakennuksiin, joihin tuuletusputki saadaan asetettua ulkoa vaivattomasti. Tuuletusputken toiminta periaate on alipainetuuletus. Aiempi sammutusputki-nimi tulee oikeastaan suojasumusta, jonka sammutussuutin antaa tuuletussuuttimen ja myös palokaasujen jäähdyttämiseen, ei niinkään palon sammuttamiseen. Tässä kohtaa nimi hieman harhaanjohtava. Tuuletussumu kuluttaa vettä 360 l/min ja suoja/sammutus -sumu 130 l/min. (Huttu ym. 2022, 105.)

Palon sammuttamiseksi tarvitaan aina myös ulko- tai sisäsammuttamista. Tuuletusputki tuulettaa tilaa ejektorivaikutuksella. Tuuletussuuttimesta tulevan veden virtaus aiheuttaa imua tuuletusaukkoon, jolloin savukaasut purkautuvat aukon kautta ulos palotilasta. Korvausilma pitää huolehtia onnistuneen alipainetuuletuksen saavuttamiseksi. Tuuletusputken käyttäminen oikeaoppisesti yhdessä varsisammuttimen, sammutussauvan tai perinteisen suihkuputkisammutuksen kanssa on erittäin tehokasta. Tuuletusputki parantaa nopeasti näkyvyyttä palotilassa ja laskee sammutustyötä tekevien lämpörasitusta merkittävästi, joten se parantaa sammutustyön työturvallisuutta merkittävästi. Myös palokaasuille altistuminen vähenee. Tuuletusputkea tulisikin opetella käyttämään aina sammutushyökkäyksen kanssa. (Huttu 2022, 106.)



Kuva 8. Tuuletusputken osat: 1. Sulkija 2. Sammutussulkija 3. Tuuletussuutin 4. Sammutussuutin 5. Ikkunanrikkoja 6. Pidike 7. Jatkoputki 8. Lukko 9. Sulkijaremmi. (Hydroventeuropa/käyttöopas)

5.9 Pistosuihkuputki

Pistosuihkuputki on metallinen putki, joka laitetaan ennalta poratun reiän läpi palavaan tilaan. Pistosuihkuputkessa on 1,5” liitin, johon saadaan veden syöttö työjohdosta. Suihkuputken päähän on porattu reikiä, joiden kautta vesi ohjautuu palaavaan tilaan muodostaen sammuttavan vesisumun tilaan. Vesimäärä yhdestä putkesta on 70 l/min 8 bar paineella. Pistosuihkuputken muodostama vesisumu on tehokas sammute rajatun tilan palossa, josta ei ole pakoaukkoa. Veden etuna on näkyyden säilyminen verrattuna jauhesammuttimeen. Veden faasimuutos nesteestä kaasuun sitoo myös erittäin paljon lämpöä, minkä seurauksena tilan lämpö laskee ja palon teho heikkenee. Pistosuihkuputkia on saatavana hyökkävällä ja rajoittavalla kärjellä. Rajoittava kärki tekee ympärilleen noin 5x2 m suihkukuvion, kun taas hyökkävän kärjen suihkukuvio on eteenpäin suuntautunut.



Kuva 9. Perinteinen rajoittavapistosuihkuputki Fognail®.

5.10 Suunnattava pistosuihkuputki

Perinteisestä pistosuihkuputkesta on kehitetty suunnattava pistosuihkuputki (Kuva 10), johon on tehty kääntyvä kärkiosa. Kärkiosaa käännettäessä kahvasta poratun reiän ulkopuolelta. Sammute voidaan ohjata oikeaan kohtaan palavassa tilassa. Suunnattavaa pistosuihkuputkea voi käyttää veden, CAFS-vaahdon tai sammutusjauheen kanssa. Kääntyvä kärkiosa mahdollistaa sammutteen suuntaamisen yhdestä reiästä koko palavaan tilaan. Kääntyvän kärjen kulma ja suutin on suunniteltu niin, että sillä pystyy sammuttamaan reiän ympärillä olevan sisäseinän. Kärki pyörii täydet 360 astetta. Nämä ominaisuudet antavat lisämahdollisuuksia esimerkiksi huoneiston sisältä tapahtuvaan välipohjan sammuttamiseen. Tähän työtä helpottamaan on kehitetty kaadonsuuntaajasta RH

Pusher-sovite, jonka avulla putki voidaan jättää paikoilleen ja käyttö ei kuormita, kun sammutustyötä tekevän ei tarvitse sitä kannatella.



Kuva 10. Suunnattava pistosuihkuputki OFFEXT VIPER.

5.11 Jauhesammutin

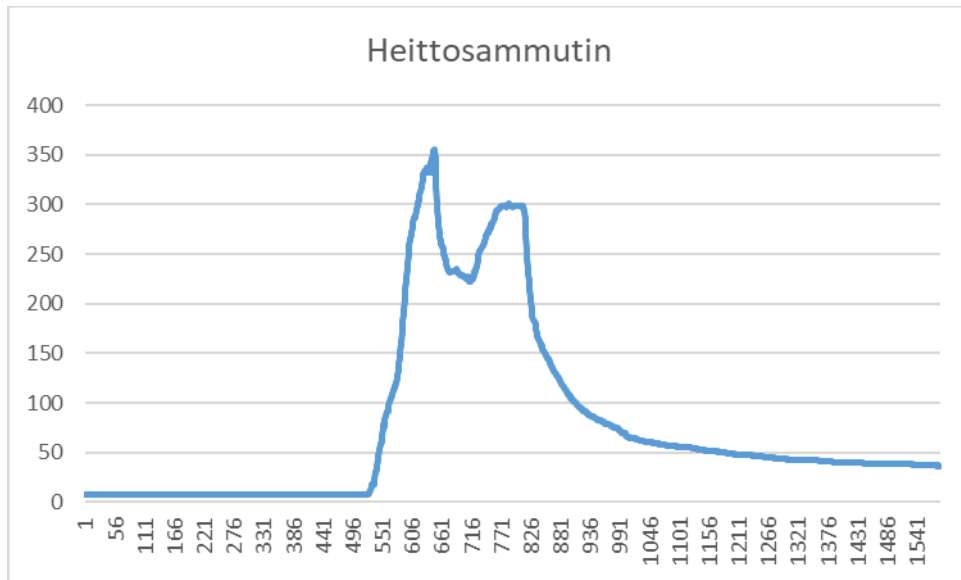
Pistosuihkuputkessa voidaan käyttää sammutteena joko vettä tai sammutusjauhetta. Sammutusjauheena on ammoniumsulfaatin, talkin ja hexametyl-disiloxanin seos. Jauhesammutin sopii lähes kaikentyyppisten palojen sammuttamiseen. Sammutusvaikutuksena on sammutejauheen lämpenemisen ja hajoamisen aiheuttama jäähdytysvaikutus ja hajoamistuotteiden kemiallinen vaikutus. Inhibitiolla hidastetaan palamisen kemiallista reaktiota liekkipalossa. (Hyttinen ym. 2014, 107.) Haittana sammutustilanteessa on jauhesammuttimen muodostama näkyvyyttä haittaava pölypilvi. Hienojakoinen pöly leviää laajalle alueelle ja vaikeuttaa mahdollisesti myöhemmin tapahtuvaa savusukellusta. Tila olisi hyvä tuulettaa joko yli- tai alipainetuuletuksella näkyvyyden parantamiseksi ja tilan jäähdyttämiseksi. Tuuletuksessa on huomioitava ja varauduttava uudelleen syttymisen riskiin. Jauhesammutin kytketään pistosuihkuputkeen, joka laitetaan ennalta poratun reiän läpi palavaan tilaan. Testeissä käytettiin 6 kg jauhesammutinta.

5.12 Lämpötilamittaukset

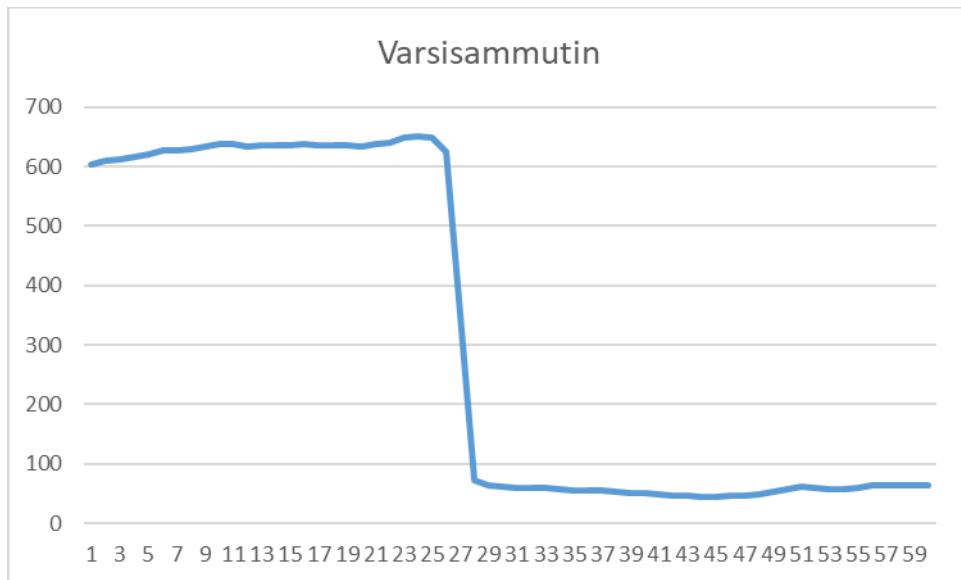
Sammuttimien sammutustehoa mittasimme yksinkertaisesti lämpömittarilla ja lämpökameralla. Palotilaan asetettiin kolme kappaletta termopari lämpötila-anturia. Yksi laitettiin 15 cm päähän katonrajasta, toinen 150 cm korkeuteen huoneen puolivälin paikkeille ja kolmas 30 cm korkeuteen lattianrajasta. Ylimmällä anturilla haluttiin mitata huoneen maksimilämpötilaa ja lämpötilan sekoittumista sammutustilanteessa. Keskimmaisella anturilla haluttiin mitata lämpötilan sekoittumista ja

alimmalla konttaavaan savusukeltajaan kohdistuvaa lämpörasitusta ja myös lämpötilan sekoittumista sammutustilanteessa.

Lämpökameralla palotilassa havainnoitiin lämpötilan sekoittumista ja sammutteen tehoa.



Kaavio 1. Heittosammuttimen sammutusvaikutus.



Kaavio 2. Varsisammuttimen sammutusvaikutus.

5.13 Virtausmittaukset

Virtausmittauksia varsisammuttimella tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella. Varsisammuttimia oli kahta eri kokoa. Testasimme molemmat. Pienempää ”kärkeä” käytettiin sammuttamaan huoneistopalo palotalossa. Virtausmittarina käytettiin Flowmaster 250-virtausmittaria. Vedenpaine tuotettiin paloauton pumpulla ja johdettiin ensin virtausmittarille 39 mm työjohdolla ja virtausmittarilta edelleen varsisammuttimelle myös 39 mm työjohdolla. Tämä letkuvalinta kuitenkin osoittautui ei-toimivaksi, koska pumpun paine pysyi tasaisena, mutta mittarilla paine heitteli noin 0,5–1 bar:ia. Tämän jälkeen vaihdoimme 76 mm pääjohdon pumpun ja mittarin välille, jolloin painevaihtelu tasoittui. Tämän jälkeen nostimme pumpulla painetta 1 bar:in välein ja katsoimme virtausmittarilla vedentuottoa varsisammuttimelle. Painetta nostettiin niin pitkään, kunnes paineen nosto ei enää lisännyt virtausta oleellisesti. Tämä tapahtui 10 bar:in pumppupaineella. Myös sammuttimen tekemän sammutusvesikuvio kuvattiin. Virtausero oli pienemmän ja isomman välillä 10 bar:in paineella ~ 500 l/min.

Alla kuvat sammutinkärkien minimi ja maksimi sammutusvesi kuvioista, paineesta ja virtauksista.



Kuva 11. Pienemmän sammutinkärjen vesikuvio, paine ja virtauslukema minimipaineella.



Kuva 12. Pienemmän sammutinkärjen vesikuvio, paine ja virtauslukema maksimipaineella.



Kuva 13. Isomman sammutinkärjen vesikuvio, paine ja virtauslukema minimipaineella.



Kuva 14. Isomman sammutinkärjen vesikuvio, paine ja virtauslukema maksimipaineella.

6 TULOKSET

Tulokset luvussa käsittelemme opinnäytetyöprosessin aikana tutkittuja sammutusvälineitä, joita testasimme käytännöntesteissä Pelastusopiston harjoitusalueella, Heinävedellä rivitalon poltossa ja Jaalassa kesämökin polttokokeessa.

Pelastusopiston harjoitusalueella palotalossa testasimme varsisammutinta ja sammutusheitettä. Visuaalisten havaintojen perusteella varsisammutin sammutti rakennuspalon huoneistossa tehokkaasti. Havaintojen perusteella kuitenkin varsisammuttimen vesimäärä verrattuna esimerkiksi sisäsammutustaktiikassa käytettyyn suihkuputkeen voi aiheuttaa veden kerääntymisen rakennuksen sisälle, jos palokohteen lämpötila ei saa kaikkea vesimäärää höyrystymään.

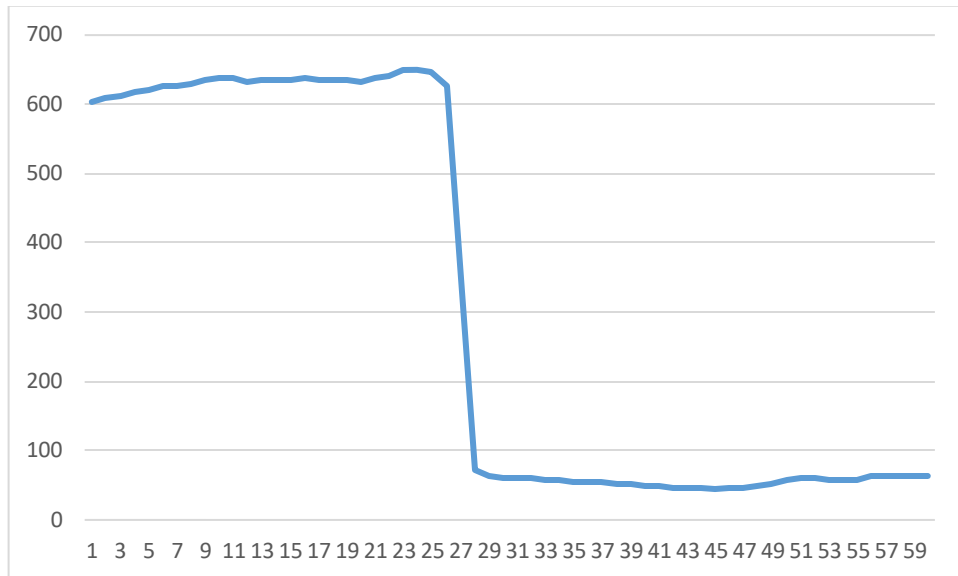
Verrokkina ollut heittosammutin oli tehokas ja sammutti liekkipalon. Ongelmaksi muodostuu lämpötilan sotkeutuminen sammutettavassa tilassa, koska kuumat palokaasut kulkeutuvat lattian rajaan asti. Näin ollen alkupaloa sammuttamaan tuleva savusukeltaja kohtaa kuumat palokaasut myös lattianrajassa.

Varsisammutin sammuttaa tehokkaasti liekkipalon ja jäähdyttää savukaasut jo muutaman sekunnin (noin 3 sekunnin) käytön jälkeen ja koko sammutettavan huoneen lämpötila tippuu noin 650°C:sta noin 70–80 °C:seen, ja näin ollen savusukeltajaan ei kohdistu juurikaan lämpörasitusta.

Jaalassa kesämökin polttokokeissa ulkoseinään poratun reiän kautta palavaan tilaan laitettu sammute toimi testeissä erittäin tehokkaasti. Testikohteen palava tila oli kooltaan noin 20 m². Palo sammui kokonaan pistosuihkuputken kautta laitettulla 6 kg jauheella. Jauhe ei laske lämpötilaa yhtä tehokkaasti, kuin vesi. Jauhesammuttimen aiheuttama jauhepöly rajoittaa näkyvyyttä tilassa myöhempää savusukellusta ajatellen. Pistosuihkuputken kautta tilaan laitettu vesi toimii myös tehokkaana sammutteena. Veden etuna on erityisesti sen jäähdyttävä vaikutus. Myös näkyvyys tilassa on hyvä, jos tilaan joudutaan menemään savusukeltamaan.

Tämän tutkimuksen perusteella rakennuspalon sammutus ulkoapäin tehtävällä reiällä, jonka kautta sammute laitetaan palavaan tilaan, on tehokas ja varteen otettava sammutusmenetelmä tilanteessa, jossa tila on varsin tiivis ja siinä ei ole suuria aukkoja, joista sammute voisi tuulettua ulos.

6.1 Polttotutkimukset Heinävesi



Kaavio 3. 25 sekunnin kohdalla lämpötila 647°C ja 28 sekunnin kohdalla enää 72°C astetta.

Kaaviossa 3 lämpötilakäyrä kuvaa lämpötilan muutosta rivitalohuoneiston polttokokeissa Heinävedellä. Ikkunoiden rikkoontuminen ja suljetun tilan palon muuttuessa avopaloksi varsisammutin on edelleen tehokas työkalu, sen käyttöaika vain jatketaan. Seuraavassa kuvasarjassa (Kuvat 15–18) on kuvattu avopalotilanne ja varsisammuttimen teho, kun sitä käytetään ulko-ovelta noin 30 sekunnin ajan. Ulko-ovella sammuttaja toimii samoin kuin suljetun palon tilanteessa.

Kuvissa 15–18 on kuvattuna Heinävedellä tehtyjen tutkimuspolttajien havainnollistavia kuvia. Tutkimuksissa poltettiin puurakenteista rivitalohuoneistoa. Sammutus tapahtui etuoven kautta varsisammuttimella. Kuvasarja osoittaa varsisammuttimen toimivan tehokkaasti ja sammuttaen täydenpalonvaiheeseen edenneen huoneistopalon.



Kuva 15. Tilanne huoneiston takaikkunalla ennen sammutuksen aloittamista.



Kuva 16. Tilanne takaikkunalla, kun varsisammutin on ollut auki 10 sekuntia, tässä kohtaa vedentulo katkaistiin.



Kuva 17. Tilanne takaikkunalla 20 sekuntia sammutuksen aloittamisen jälkeen (vesi katkaistu 10 sekuntia aiemmin.)



Kuva 18. Tilanne takaikkunalla, kun sammutushyökkäyksen aloituksesta oli kulunut 30 sekuntia.

6.2 Polttotutkimukset Jaala

Jaalan talonpolttotestauksessa tutkittiin tuuletusputken ja pistosuihkuputken toiminnallisuutta ja sammutustehoa. Testauksen aiheena oli myös laitteiden käyttö ja käytettävyys sopimuspalokunnan henkilöiden suorittamana. Tutkimusten johtopäätöksenä oli, että tuuletusputkella saadaan tehokkaasti kuumia savukaasuja pois rajatusta tilasta. Sammutusvaikutus oli tehokas tässä tutkimuksessa. Tuuletusputkea käytti ikkuna-aukosta kaksi savusukellusvarustuksessa olevaa pelastajaa. Kun tuuletusputkella saadaan kuumia savukaasuja ulos huonetilasta, on palavaan tilaan savusukeltaminen merkittävästi turvallisempaa ja näkyvyyden puolesta tehokkaampaa.

Hyökkäävälle pistosuihkuputkelle porattiin reikä lautaverhoillun ulkoseinän läpi. Pistosuihkuputki asetettiin reiästä huonetilaan, jonne vesisuihku syötettiin. Tilasta ei ollut pakoaukkoja. Pistosuihkuputkella saatiin palo sammumaan tehokkaasti palotilasta. Pistosuihkuputken käyttö osoittautui tutkimuksessa nopeaksi ja helpoksi. Huomionarvoista on havainnoida pistosuihkuputkea käytettäessä julkisivumateriaali. Puiseen julkisivuun reiän tekeminen onnistuu vaivatta, mutta tiili- tai kivitaloon reiän tekeminen voi olla haasteellista.



Kuva 19. Reiän poraus seinän läpi pistosuihkuputkea varten.



Kuva 20. Rajatun tilan happirajoitteinen palo.



Kuva 21. Tuuletusputki.



Kuva 22. Tuuleetusputki.



Kuva 23. Pistosuihkuputki, sammutteena vesi.



Kuva 24. Pistosuihkuputki, sammutteena vesi.



Kuva 25. Jauhesammuttimeen liitettävä pistosuihkuputki ja reiän poraustarvikkeet.

7 POHDINTA

Opinnäytetyöaihetta valittaessa meille tuli mieleen selvittää täydentävien sammutustekniikoiden tehokkuutta verrattuna perinteiseen pienpisarasammutukseen rakennuspalossa. Samalla aloimme pohtia, miten ulkoapäin hyökkäävä sammutustaktiikka, joka ei vaadi savusukellusta, tekisi sammutustyöstä tehokkaampaa ja ennen kaikkea turvallisempaa. Meillä on yhteensä yli neljänkymmenen vuoden kokemus pelastusalalta ja voimme todeta, että pelastusalan käytännöt muuttuvat verrattain hitaasti.

Rajatun tilan palossa käytetään edelleen sammutustekniikkana pienpisarasammutusta, joka vaatii sisäsammutustekniikkaa ja savusukellusta palavaan tilaan. Näin ollen sammutustyötä tekevä altistuu pimeydelle, kuumuudelle ja palokaasuille. Kaikki nämä ovat työturvallisuusriski pelastajalle. Uusia sammutusmenetelmiä on vaikea hyväksyä, ja ne yleensä todetaan huonoksi jo ennen testausta, puhumattakaan, että ne pitäisi ottaa vakituiseksi selvitysmalliksi. Ennakkoluulot ovat juurtuneet syvälle pelastusalalle. Näkemyksemme mukaan pelastusalan pitäisi olla dynaaminen ja muutosmyönteinen organisaatio, jossa ollaan edellä kävijöitä työturvallisuudessa.

Tämänkin opinnäytetyön tulokset kertovat, että ulkoapäin hyökkäävä sammutustekniikka on erittäin tehokas, vähentää sammuttajan lämpökuormitusta ja parantaa työturvallisuutta, puhumattakaan altistumisen vähenemisestä syöpävaarallisille yhdisteille. Nykyisin sammutustyö katsotaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaksi työmenetelmäksi lainkin mukaan. Emme varsinaisesti mitanneet altistumisarvoja tässä työssä, vaan tämä on ihan omilla aisteilla tehty huomio testitilanteessa. Ulkoapäin sammutettaessa ei sammutusasussa ollut näkyvää nokea, eikä asu haissut juurikaan savulle. Toisin oli savusukelluksen jälkeen. Sammutusasua oli silminnähdessä nokinen ympäriinsä ja haisi todella voimakkaasti savulle.

Yhdistämällä ja harjoittelemalla täydentävien sammutustekniikoiden käyttöä pelastuslaitoksilla, voitaisiin monissa tulipaloissa rajoittaa sammutustyön kokonaiskestoa ja vähentää lisävahinkojen syntymistä. Jo pelkästään oikeaoppisesti ja oikea-aikaisesti käytetty heitto- tai jauhesammutin voi antaa useita minutteja lisäaikaa varsinaisen sammutustyön aloittamiselle ja näin ollen vähentää omaisuusvahinkoja. Erilaisia variaatioita erilaisten sammutteiden ja sammutustaktiikoiden osalta tulisi testata normaali viikkoharjoituksissa sekä talonpolttoharjoituksissa. Talonpolttoharjoituksissa on hyvä havainnollistaa sammutteiden ja sammutustaktiikoiden teho ja toimivuus niin sanotusti testitilanteessa.

Tutkimukset osoittivat opinnäytetyön aikana, että nelikenttämallin käyttö rakennuspalon sammutuksessa parantaa pelastustoiminnan tehokkuutta. Nelikentän hyödyntämisellä voidaan parantaa työturvallisuutta ja sammuttaa palot tehokkaasti, sekä turvallisesti. Tosin työelämässä on huomattu,

että nelikenttämallin käyttäminen on vielä hyvin rajallista, ja moni sanoo, ettei ole kuullutkaan kyseisestä mallista. Tämäkin aihe siis pitäisi pelastuslaitoksien ottaa päällystölle perehdyttäväksi, jotta se voisi tulevaisuudessa olla enemmänkin käytetty ja näin ollen tehostaisi sammutustyötä. Jatkossa puhuttaisiinkin vain sammutusmenetelmistä. Kuitenkaan mikään sammutusmenetelmä ei yksinään ole tehokas, vaan se on aina usean tekniikan yhdistelmä. Kehitys kehittyy ja sammutusmenetelmät myös ja varsinkin sammutustyötä helpottavat työvälineet. Näitä uusia työkaluja tulisi ottaa varhaisessa vaiheessa testaukseen niitä suunnittelevilta henkilöiltä ja auttaa kehitystyössä, jotta laitteista saataisiin mahdollisimman kestäviä, helposti käytettäviä ja toimivia tositilanteisiin.

7.1 Mitä opimme?

Opimme prosessin aikana paljon täydentävien sammutustekniikoiden hyödyistä ja tehokkuudesta. Nelikenttämallin käyttö rakennuspalon sammutuksessa pitäisi ottaa käyttöön valtakunnallisesti pelastustoiminnan johtajien johtamistilanteissa. Nelikentän hyödyntäminen tekee sammutustoiminnasta tehokkaampaa, turvallisempaa ja vähentää savusukelluksen aiheuttamaa altistusta. Aiempiin tutkimuksiin perehtyminen, kirjallisuudesta saatujen tietojen ja opinnäytetyöprosessin aikana tehtyjen koepolttojen antama tieto on ammatillisesti merkityksellistä. Havaitimme ulkoapäin sammuttamisen tehokkuuden rajatun tilan palossa. Happirajoitteinen rajatun tilan palo voi olla savusukellukselle vaarallinen, mutta esimerkiksi seinään porattavan reiän kautta laitettava pistosuihkuputki ja vesi sammutteena tekee olosuhteista turvallisemmat. Happirajoitteisen rajatun tilan palon riskinä on syttymiskelpoisen savukaasujen yleissyttyminen. Nelikenttämallin hyödyntäminen erilaisia sammutusmenetelmiä käyttäen pienentää riskiä rajatun tilan palon savukaasujen yleistymiselle.

Tutkimusten myötä havaitimme, että sammutusheite on rakennuspalon ensivaiheessa tehokas sammute. Havaitimme, että heite ei aina sammuta alkupaloa, mutta ensimmäisen yksikön käyttämällä heitteellä saadaan lisäaikaa ennen tehokkaan pelastustoiminnan alkua. Heitteen käytöllä on mahdollista pienentää merkittävästi rakennuspalon vahinkoja hidastamalla palon kehitystä. Myös alkusammutustiedustelu ja sen mahdollisuudet osoittautuivat tehokkaaksi sammutustekniikaksi tutkimuksissa. Jauhesammuttimen sammute sammutti rakennuspalon huoneistossa tehokkaasti pienen ulkoseinään poratun reiän kautta syötettynä. Porattu reikä on mielestämme verrattavissa kerrostaso ovessa olevaan postiluukkuun, jonka hyödyntäminen on joissakin tapauksissa harkitsemisen arvoinen sammutustekniikka.

7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimuksia voisi tehdä rakennuspalon sammutuksesta hyökkäävien ulkopäin sammutusmenetelmien tehokkuudesta. Ulkoapäin sammuttamiseen on tullut uusia välineitä, joita voisi testata ja tutkia. Voitaisiinko tällä edelleen tehostaa ja nopeuttaa rakennuspalon sammuttamista. Opinnäytetyöprosessimme aikana tuli markkinoille ainakin yksi uusi sammutusväline. Tämä uusi väline on suunnattava pistosuihkuputki, joka on paranneltu malli tavallisesta pistosuihkuputkesta. Näiden eroja olisimme mielellään testanneet.

Mielestämme olisi myös hyvä tutkia pelastustoimen toimintamalleja rakennuspalon sammuttamisessa käytettävien sammutustekniikoiden osalta. Kohtasimme päällystön osalta epäuskoa ja vähätelyä täydentäviä sammutustekniikoita kohtaan. Näitä ei välttämättä haluttu ruveta edes testaamaan, koska perinteistä sisältäpäin sammuttamista pidettiin automaattisesti parempana ja tehokkaampana.

Opinnäytetyöprosessin aikana tehtyjen johtopäätösten ja huomioiden perusteella mielestämme yksi uusi aihe voisi olla opinnäytetyö, jossa tehtäisiin toimintamalli rakennuspalonsammutukseen. Tässä toimintamallissa tuotaisiin esille siirtymäsammustekniikkaa ja sen hyötyjä verrattuna suoraan sisäsammutustekniikkaan.

LÄHTEET

Demers, P., DeMarini, D., Fent, K., Glass, D., Hansen, J., Adetona, O., Andersen, M., Freeman, L., Caban-Martinez, A., Daniels, R., Driscoll, T., Goodrich, J., Graber, J., Kirkham, T., Kjaerheim, K., Kriebel, D., Long, A., Main, L., Oliveira, M., Peters, S., Lauren R., Teras, T., Watkins, E., Burgess, J., Stec, A., White, P., DeBono, N., Benbrahim-Tallaa, L., de Conti, A., El Ghissassi, F., Grosse, Y., Leslie T., Stayner, L., Suonio, E., Viegas, S., Wedekind, R., Boucheron, P., Hosseini, B., Kim, J., Zahed, H., Mattock, H., Madia, F., 2022. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00390-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00390-4)

Huttu, I., Ala-Kokko, V., Paloluoma, P., Smura, M., Ronkainen, J., Jämsä, J., Mustonen, A., Meurman, K., ja Hassinen, M., 2022. *Rakennuspalon sammutus*. Pelastusopisto. Kuopio.

Hyttinen, V. Tolonen P. ja Väisänen, T. 2016. *Palofysiikka*. 8. uusittu painos, Suomen Pelastusalan keskusjärjestö. Helsinki

International association of fire fighters. 2022. Global health organization links firefighting and occupational cancer. <https://www.iaff.org/news/global-health-organization-links-fire-fighting-and-occupational-cancer/>.

Järvi, E. Valokuvaaja. Kuvat 19–24.

Laitinen, J. 2022. Palomiehen työ nousi korkeimpaan syöpävaarallisuuden luokkaan. www-dokumentti. <https://pelastusalan.ammattilainen.fi/palomiehen-tyo-nousi-korkeimpaan-syopavaarallisuuden-luokkaan/>. 10.4.2023.

Laitinen, J. 2015. Vähentääkö Skellefteå-malli palomiesten altistumista operatiivisessa toiminnassa? www-dokumentti. <https://helda.helsinki.fi/bitstreams/5474be22-e042-4cd1-a85f-0a55e3dd7f0d/download>. 16.6.2023.

Meraner, C., Aamondt, E., Storesund, K., Wingdahl, T., Holmvaag, O. A. Effektiv. 2021. Effektiv, skånsom og miljøvennlig slokking av brann i mindre bygningsenheter. www-dokumentti. <https://rise-fr.no/media/publikasjoner/upload/2021/rise-rapport-2021-73-effektiv-skansom-og-miljovennlig-slokking-av-brann.pdf>. 14.9.2023.

Mikkonen, K. 2022. Pelastajapulan vakavuus aletaan ymmärtää. www-dokumentti. intermin.fi. 22.7.2023.

Sisiministeriön julkaisu. Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-324-964-6>. 15.9.2023.

Portable smoke blocker. www-dokumentti. <https://www.rescue-tec.de/en/techn.-equipment/fire-fighting/portabel-smoke-blockers/>. 10.8.2023.

Saunders, M. – Lewis, P. – Thornhill, A. (2003) Research Methods for Business Students. Prentice Hall: Pearson Education. Essex: England.

Somerkoski, B., Hagen, R., Witloks, L., Brita Somerkoski 2019. Rakennusten paloturvallisuus. Savion kirjapaino. Kerava.

Smoke blocker. www-dokumentti. <https://www.hobrand.nl/en/rookgordijn-f-70-pro>. 10.8.2023.

Ympäristöministeriö. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöopas 39. Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/40357>