



**SAVONIA**  
AMMATTIKORKEAKOULU

**Tekniikka**

**Palopäälystön koulutusohjelma**

**Rakennuspalokohteen tiedustelu ulkoapäin ja Fognail-pistosuihkuputken käyttö rakennuspa-  
lon sammuttamisessa**

**Mikko Kivelä & Harri Laukkanen**

**SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO**

Koulutusohjelma

Palopäällystön koulutusohjelma

Tekijä

Mikko Kivelä &amp; Harri Laukkanen

Työn nimi

Rakennuspalokohteen tiedustelu ulkoapäin ja Fognail-pistosuihkuputken käyttö rakennuspalon sammuttamisessa

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

16.10.2019

Sivumäärä

49+78

Työn valvoja

Tutkija Marko Hassinen

Vanhempi Opettaja Mika Smura

Yritys

Pelastusopisto

Tiivistelmä

Rakennuspalokohteen tiedustelu ulkoapäin ja Fognail-pistosuihkuputken käyttö rakennuspalon sammuttamisessa-opinnäytetyö on tarkoitettu onnettomuustilanteisiin, joissa ei voida aloittaa perinteistä pienisarasammutusta. Joissain tilanteissa Fognail-pistosuihkuputkillä voidaan aloittaa palon rajoittaminen siksi aikaa, kunnes pelastusyksikkö täydentyy savusukelluskelpoiseksi pelastusryhmäksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia lämpökameran hyödynnettävyyttä rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin sekä Fognail-pistosuihkuputken käyttöä rakennuspalon sammuttamisessa.

Opinnäytetyössä käytiin läpi lainsäädäntöä ja savusukeltamisen vaatimuksia, palamisen fysiikkaa, sammuttamisen teoriaa, rakennuspalon ja huoneistopalon sammuttamista, tutkimuksen lähtökohtaa ja aiheen rajausta, rakennuspalokohteen tiedustelua ulkoapäin, rakennuspalon sammuttaminen Fognail-pistosuihkuputkella ja näistä tehtyjä johtopäätöksiä.

Opinnäytetyön koepoltot tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueen hirsitalossa sekä omakotitalon koepoltossa Nilsiässä. Omakotitalon koepoltto päästiin toteuttamaan autenttisisissa olosuhteissa. Tutkimustuloksien perusteella lämpökamerasta ei ole olennaista hyötyä aistihavaintoihin verrattuna rakennuspalokohteen tiedustelussa. Fognail-pistosuihkuputkiselvitys osoittautui toimivaksi menetelmäksi rakennuspalon sammuttamiseen ja palon rajoittamiseen. Suosittelemme menetelmän harjoittelua ja käyttöönottoa kaikille palokunnille yhtenä vaihtoehtoisena sammutusmenetelmänä.

Avainsanat

lämpökamera, pistosuihkuputki, rakennuspalo, tiedustelu

Luottamuksellisuus

julkinen

**SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

Degree Programme

Fire officer (engineer)

Author

Mikko Kivelä &amp; Harri Laukkanen

Title of Project

External fire reconnaissance and use of Fognail penetrating nozzle to extinguish a fire

Type of Project

Date

Pages

Final project

16.10.2019

49+78

Academic Supervisor

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

Mr. Mika Smura, Senior Instructor.

Company

Emergency Service College

Abstract

The aim of this final project was to investigate the usefulness of a thermal camera for external reconnaissance of a fire scene and the use of a Fognail penetrating nozzle to extinguish a fire.

This final project is intended for situations where the smoke diving cannot be started. In some situations, a Fognail penetrating nozzle can start limiting fire until the rescue unit is upgraded to a smoke diving rescue team.

The final project covers the legislation and background of smoke diving, fire physics, fire extinguishing theory, fire and apartment fire extinguishing, external fire reconnaissance, fire extinguishing with a Fognail penetrating nozzle.

The test burns for the final project were carried out in the test log house at the training area of the Emergency Service College and in a detached house at Nilsinä. The pilot burn of a detached house was carried out under authentic conditions in a house which structures were not reinforced or modified for test firing.

Keywords

thermal camera, penetrating nozzle, structural fire, reconnaissance

Confidentiality

public

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	5
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA VAATIMUSTAUSTAA	7
4	PALAMISEN FYSIIKKA	9
4.1	Palamisen edellytykset	9
4.2	Syttymisrajat	11
5	SAMMUTTAMINEN	13
6	RAKENNUSPALON JA HUONEISTOPALON SAMMUTTAMINEN	15
6.1	Huonepalon teoriaa	15
6.2	Huonepalon sammuttamisen teoriaa	17
7	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTA JA AIHEEN RAJAUS	19
8	RAKENNUSPALOKOHTTEEN TIEDUSTELU ULKOAPÄIN	21
8.1	Lämpökamera ja sen käytettävyys	21
8.2	Lämpökameran käytössä huomioitavia ominaisuuksia	22
8.3	Lämpökameran käyttö pelastustehtävillä	25
9	RAKENNUSPALON SAMMUTTAMINEN PISTOSUIHKUPUTKELLA	26
9.1	Savusukellus ja savusukelluksen aloittaminen	26
9.2	Pistosuihkuputken sammutusvaikutus	27
10	HARJOITUSALUEEN KOEPOLTTOJEN TULOKSIEN TIIVISTELMÄ	28

	2
11 NILSIÄN TALONPOLTON TULOKSIEN TIIVISTELMÄ	33
12 YHTEENVETO TUTKIMUSTULOKSISTA	39
13 JATKOTOIMENPITEET JA KEHITTÄMINEN	44
14 POHDINTA	45
LÄHTEET	47
LITTEET	49

## 1. JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa palopäällystön (insinööri, AMK) koulutusohjelmaa (15op). Vaihtoehtoiset sammutusmenetelmät ovat olleet opintojemme ajan pelastusalalla kehityskohteena. Ensimmäisen opiskeluvuoden aikana sammutus- ja pelastustekniikan opintojaksoilla kävimme läpi vaihtoehtoisia sammutusmenetelmiä, jolloin kiinnostus tutkia tarkemmin menetelmien toimivuutta heräsi. Aiheeseen liittyen on tuotettu Palosuojelurahaston ja Pelastusopiston tutkimuspalveluiden toimesta koulutusmateriaalia, mutta tarkempia tutkimuksia menetelmien toimivuudesta ei ole tehty. Samalla jo olemassa olevaan materiaaliin tutustuessamme huomasimme, ettei lämpökameran käyttöä rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin ole tutkittu. Lisäksi niin haja-asutusalueilla kuin isoissa kaupungeissakin on tilanteita, jolloin savusukelluksen aloittaminen ei ole mahdollista henkilöstövajeen tai kelpoisuuspuutteiden takia. (A. Latvala PETS) Lisäksi huomasimme, että kalusto ja välineet menetelmien käyttöön ovat olemassa, mutta koulutus ja osaaminen varsinkin haja-asutusalueilla sopimuspalokunnissa puuttuu. Lisäksi haja-asutusalueille on vaikea saada päätoimista ja sivutoimista henkilöstöä, jotka vastaavat pelastustoiminnasta.

Työn tavoitteena oli tutkia, saadaanko lämpökameralla olennaista lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin sekä Fognail-pistosuihkuputken käyttöä rakennuspalokohteen sammuttamisessa rakennuksen ulkopuolelta. Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä suorittamalla käytännön tutkimuksia Pelastusopiston harjoitusalueella sekä oikeassa talonpolttokohteessa. Aihe rajattiin koskettamaan ainoastaan omakotitalojen ja huoneistojen rakennuspaloja. Opinnäytetyöstä jätettiin tarkoituksella teollisuuskohteet ja korkeat rakennukset pois. Teollisuuskohteet ja korkeat rakennukset tarvitsevat muutenkin erikoiskalustoa ja henkilöresurssia. Opinnäytetyössä keskitytään edullisiin ja paloasemilla jo olemassa oleviin välineisiin ja siihen, miten niitä voitaisiin hyödyntää tehokkaammin, sekä mihin niillä pystyy. Työn tarkoituksena oli tuottaa tutkimustulosta, jota voidaan paloasemilla hyödyntää mahdollisimman matalalla kynnyksellä.

Opinnäytetyössä selvitetään aiheeseen liittyvä lainsäädäntö ja teoriatausta palamiseen sekä sammuttamiseen liittyen. Työssä perehdytään lämpökameran käyttömahdollisuuks-

siin ja rajoituksiin rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin sekä huoneisto- ja rakennuspalokohteen sammuttamiseen Fognail-pistosuihkuputkella. Opinnäytetyön liitteenä on tarkemmat tutkimussuunnitelmat ja raportit toteutetuista koepoltoista. Työn liitteeksi on myös laadittu opetuskortti Fognail-pistosuihkuputken käytöstä rakennuspalotilanteessa.

## 2. LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Pistosuihkuputki = Kangen tapaan käytettävä hajasuihkuputki, joka voidaan työntää palavaan kohteeseen (Palo- ja pelastussanasto,2006).

TKI = tutkimus-, kehittämis- ja innovaatio toiminta

Rajatun tilan palo = Rajatussa tilassa tapahtuva palo, jossa on rajoitetusti palamisilmaa. Palokaasut haittaavat palamista ja palamisessa syntyvä lämpö sitoutuu sisätiloihin

Savusukellus = Savusukelluksella tarkoitetaan paineilmahengityslaitteiden ja asianmukaisten suojarusteiden avulla tehtävää sammutus- ja pelastustyötä, joka edellyttää tunkeutumista palavaan ja rajattuun sisätilaan, jossa on savua. Palavan rakennuksen katolla tapahtuva työskentely paineilmahengityslaitetta käyttäen rinnastetaan savusukellukseen. (Pelastussukellusohje, 48/2017.)

Savusukelluskelpoinen henkilö = Henkilö, jolla on erityinen kelpoisuus tehdä pelastussukellustehtäviä. Kelpoisuus koostuu terveydentilasta, toimintakyvystä, koulutuksesta ja harjoittelusta sekä niihin liittyvistä vaatimuksista, henkilö on hyväksytty savusukelluskelpoiseksi nimenomaisella päätöksellä. Uuden FireFit-ohjeistuksen mukaan savusukeltajat jaetaan kahteen tasoon FF taso 1 ja FF taso 2. 1-tason savusukeltajat ovat kykeneviä kaikkiin pelastussukellustehtäviin (vaativat savusukelluskohteet, kattotyöskentely palavan rakennuksen katolla, kemikaalisukellus ja pintapelastus) ja 2-tason savusukeltajat savusukellusta edellyttäviin perustehtäviin (Suojapari, savusukellus asuinrakennuksissa tai yksinkertaisissa kohteissa). FireFit-tason 1 saavuttaminen edellyttää yllä mainittujen vaatimusten lisäksi riittävää tulosta (Indeksiä 3.0) lihaskunto- ja polkupyöräergometritesissä. FireFit-tason 2 saavuttaminen edellyttää Indeksitulosta 2.7. (FireFit – Pelastajien hyvä fyysisen toimintakyvyn arviointikäytäntö)

Paineilmahengityslaitteen käyttö = Tarkoitetaan sammutus- ja pelastustehtäviä, jotka saattavat edellyttää hengityksen suojaamista mutta eivät edellytä tunkeutumista palavaan, savuiseen rajattuun sisätilaan. Tällaisia tehtäviä ovat esimerkiksi maasto-, ajoneuvo-, roskakalaatikko- ja muut näihin verrattavat palot sekä muun muassa nostolavan korista työskentely, opastus ja jälkiraivaus.



Tiedustelu = Tuntemattoman tekemistä tunnetuksi. Olosuhteiden selvittämistä päätöksen ja toimintaedellytysten luomiseksi sekä tueksi.

Pelastusryhmä = Pelastusryhmä koostuu ryhmänjohtajasta ja vähintään kolmesta pelastajasta sekä ajoneuvosta/ajoneuvoista. Pelastusryhmä voi olla myös vahvuudeltaan isompi, maksimissaan ryhmänjohtaja ja seitsemän pelastajaa. Pelastusryhmä on tavoitevahvuus jokaiselle pelastustoimen tehtävälle. (Pelastustoiminnan käsitteitä, 3/2016).

Pelastusyksikkö = Pelastusyksikkö koostuu 1 - 3 pelastajasta tai 1 ryhmänjohtajasta ja 0 - 2 pelastajasta sekä näiden ajoneuvosta (Pelastustoiminnan käsitteitä, 3/2016).

Pelastustoimen toimintavalmiusaika = Aika, joka alkaa siitä, kun ensimmäinen yksikkö vastaanottaa hälytyksen, ja päättyy siihen, kun pelastusryhmä aloittaa tehokkaan pelastustoiminnan (Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje, 21/2012).

Lämpökamera= Lämpökamera mittaa kiinteiden aineiden pinnasta lähtevää lämpösäteilyä ja muuttaa sen sähköiseksi informaatioksi, josta elektroniikka muodostaa kuvan kameralinssin näytölle (Ala-Kokko, 2008, 28).

Tulipalo= Tulipalo on tapahtuma, jossa tuli aiheuttaa tai uhkaa aiheuttaa vahinko (Hyttinen, Tolonen, Väisänen, 2007).

Sammuttaminen= Palamisen edellytysten poistamista (Hyttinen, Tolonen, Timo, 2007).

### 3. LAINSÄÄDÄNTÖ JA VAATIMUSTAUSTAA

Aluksi avataan hiukan pelastustoimen ja pelastussukelluksen lainsäädäntöä ja vaatimustaustaa, koska Fognail-pistosuihkuputkien käytöllä voidaan osittain parantaa työturvallisuutta sammutustehtävissä. Fognail-pistosuihkuputkia käytetään rakennuksen ulkopuolelta, joten pelastusyksikön ei tarvitse olla savusukelluskelpoinen.

Pelastuslaki on ylin kansallinen säädös, joka ohjaa pelastustoimea ja sen toimintaa. Vuonna 2011 uudistettu pelastuslaki säätelee pelastustoimintaan osallistuvien henkilöiden perustaitoja, koulutusta ja henkilöstön kunnan vaatimuksista sekä edellä mainittujen ylläpitoa.

Pelastuslaki 379/2011 on pelastusalaa velvoittava erityislainsäädäntö, jonka tavoitteena on: Parantaa ihmisten turvallisuutta ja vähentää onnettomuuksia. Pelastuslain tavoitteena on myös, että onnettomuuden uhatessa tai tapahduttua ihmiset pelastetaan, tärkeät toiminnot turvataan ja onnettomuuden seurauksia rajoitetaan tehokkaasti. Pelastuslaitoksen ja sopimuspalokunnan henkilöstöön kuuluvan pelastustoimintaan osallistuvan henkilön tulee ylläpitää tehtäviensä edellyttämiä perustaitoja ja kuntoa. Pelastustoimintaan kuuluvien eri tehtävien edellyttämien perustaitojen ja kunnan tasosta sekä kuntotestien järjestämisestä voidaan antaa tarkempia säännöksiä sisäasiainministeriön asetuksella. (39 §.)

Pelastussukellusohje on sisäministeriön laatima, savusukellusta ohjaava asiakirja. Pelastussukeltajien kelpoisuus koostuu riittävästä terveydentilasta, fyysisestä toimintakyvystä, koulutuksesta ja harjoittelusta. (Pelastussukellusohje 48/2007, 5 - 36.)

Työturvallisuuslaki on ylin kansallinen säädös, jonka tarkoituksena on edistää työhyvinvointia ja työturvallisuutta. Työturvallisuuslain tarkoituksena on edistää työntekijöiden työympäristöä ja työskentelyolosuhteita, ennaltaehkäistä työtapaturmia ja ammattitauteja sekä turvata fyysinen ja henkinen hyvinvointi (Työturvallisuuslaki 738/2012, 1 §.)

Erityistä vaaraa aiheuttava työ

Jos Työturvallisuuslaen 10 §:ssä tarkoitettu työn vaarojen arviointi osoittaa, että työstä saattaa aiheutua erityistä tapaturman tai sairastumisen vaaraa, tällaista työtä saa tehdä

vain siihen pätevä ja henkilökohtaisten edellytystensä puolesta työhön soveltuva työntekijä tai tällaisen työntekijän välittömässä valvonnassa muu työntekijä. Muiden henkilöiden pääsy vaara-alueelle on tarpeellisin toimenpitein estettävä. (Työturvallisuuslaki 738/2012.)

Jos työstä tai työolosuhteista saattaa aiheutua raskaana olevalle työntekijälle tai sikiölle erityistä vaaraa, eikä vaaratekijää voida poistaa, työnantajan on pyrittävä siirtämään työntekijä raskauden ajaksi tälle sopiviin työtehtäviin (Työturvallisuuslaki 738/2012).

#### Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta täydentää ja täsmentää Pelastuslakia sen järjestämisestä, vapaaehtoisten osallistumisesta pelastustoimeen sekä kelpoisuuksista, jotka pelastustoimintaan osallistuvan henkilöstön on täytettävä. (Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 407/2011, 7 §.) Asetuksessa on määritetty täsmällisesti, minkälainen on sivutoimisen ja päätoimisen henkilön koulutuksen oltava pystyäkseen toimimaan pelastustöissä (kurssit, tutkinnot).

#### 4. PALAMISEN FYSIIKKA

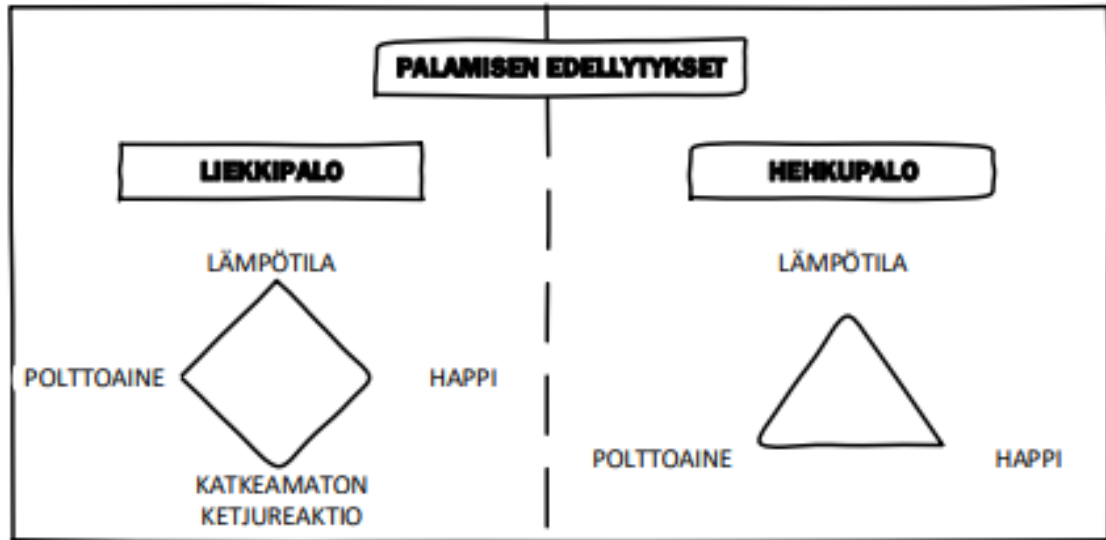
Palaminen on ilmiö, jossa aine yhtyy happeen siten, että siitä syntyy korkea lämpötila ja valoilmio. (Palo- ja pelastussanasto, 2006). Palamista on kahdenlaista. Palaminen voi olla liekkipaloa tai hehkupaloa. Liekkipalolla ja hehkupalolla on hiukan erilaiset palamisen edellytykset toisiinsa nähden. Liekehtivässä palossa kemialliset reaktiot tapahtuvat kaasussa. Hehkuen palaminen tapahtuu jähmeän polttoaineen pinnalla. (Hyttinen, ym. 2007)

Liekehtivän palon edellytyksiä edeltävät jähmeän aineen pyrolyysi ja nesteen lammikointuminen. Osasta palavaa kaasua tai höyryä muodostuu liekkilassa korkeassa lämpötilassa välituotteena lyhytikäisiä ja virittyneitä radikaaleja, jotka ovat hyvin reaktiokykyisiä. Liekehtivä palaminen muodostuukin radikaalien ja radikaalimuodossa olevan hapen välisistä kemiallisista reaktioista, joissa muodostuu lämpöä. Kun radikaalit reagoivat pysyvien molekyylien kanssa, muodostuu uusia radikaaleja. (Hyttinen, ym. 2007.)

Seuraavat piirteet ovat kytöpalolle tunnusmerkillisiä: Palaminen tapahtuu hehkupalona. Kytöpalo jatkuu pienessäkin happipitoisuudessa, mistä syystä pesäkkeen lämpötila ei ole kovin korkea. Palamisen kuuma kohta on kytöpesäkkeessä hyvin pieni. Kytörintama etenee erittäin ohuena kerroksena. Kun kytöpesäke tulee suureksi, palo muuttuu liekehtiväksi paloksi. (Hyttinen, ym. 2007.)

##### 4.1 Palamisen edellytykset

Jotta palamisilmiö tapahtuisi, tulee kaikkien palamisen perusedellytysten olla samanaikaisesti voimassa. Jos jokin perusedellytys puuttuu, palaminen estyy kokonaan (Hyttinen, ym. 2007). Kuva 1 vasen puoli esittää liekehtivän palon perusedellytyksiä, jotka ovat polttoaine, happi, riittävä lämpötila ja häiriintymätön kemiallinen ketjureaktio. Kuva 1 oikea puoli esittää hehkupalon perusedellytyksiä, jotka ovat polttoaine, happi ja riittävä lämpötila. Tässä palotyypissä happi yhtyy suoraan polttoaineeseen aineen pinnassa ilman välittäviä reaktioita. (Hyttinen, ym. 2007.)



Kuva 1 Palamisen perusedellytykset liekki- ja hehkupalossa mukailtu (Kuikka, 2018, s11)

Riittävän korkea lämpötila on edellytys sille, että syttyvästä jähmeästä aineesta muodostuu pyrolyysin vaikutuksesta kaasuja ja nesteestä höyrystymisen avulla höyryä ja kaasua. Tiedetään, että palamisreaktio kiihtyy lämpötilan kasvaessa. (Hyttinen, ym. 2007.)

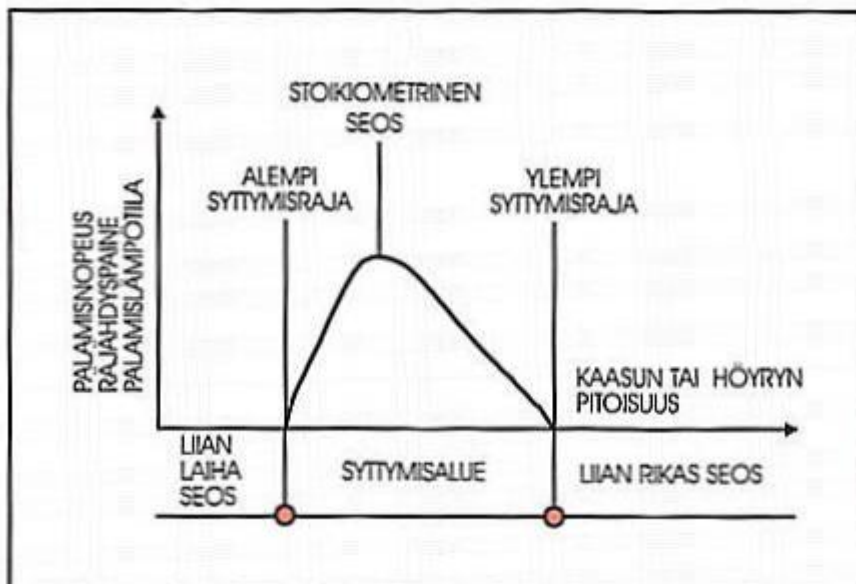
Hapen saanti vaikuttaa ratkaisevasti palamiseen siten, että palamisilman suuri happipitoisuus kiihdyttää ja happivaje vastaavasti hidastaa palamista. Seuraavat esimerkit valaisevat asiaa: Pieni liekki sammuu usein, kun ilman happipitoisuus on 16 tilavuusprosenttia tai pienempi. Pieni liekki palaa harvoin, kun happipitoisuus alittaa arvon 15 tilavuusprosenttia. Kuitenkin palaminen jatkuu huonepalossa täyden palon vaiheen aikana edellä mainittuja arvoja pienemmissäkin happipitoisuuksissa. (Hyttinen, ym. 2007.)

Polttoainetta tulee olla palamisreaktiossa. Polttoaineella ymmärretään yleensä hiilivetyjä, esimerkiksi puuta, kivihiiltä tai polttoöljyä. Palontorjunnassa polttoaineiksi luetaan kaikki aineet, jotka palavat eksotermisesti eli synnyttävät enemmän lämpöä palaessaan kuin mitä kuluu palamisreaktioihin. Polttoainetta ovat hiilivetyjen lisäksi myös kemikaalit, kuten rikki ja fosfori, sekä metallit, kuten natrium, kalium, alumiini ja rauta. (Hyttinen, ym. 2007.)

Häiriintymätön kemiallinen reaktio on yksi liekehtivän palon neljästä edellytyksestä. Liekkipalo tapahtuu useiden jopa kymmenien osareaktioiden kautta. Drysdalen mukaan reaktion etenemisnopeudelle ovat ratkaisevan tärkeitä viritetyssä tilassa olevat radikaalit, vapaat atomit ja molekyylien osaset. (Hyttinen, ym. 2007.)

#### 4.2 Syttymisrajat

Kuva 2 selventää aerosolien ja kaasuilimaseoksien syttymisaluetta ja syttymisrajoja. Aerosolit ja kaasuilimaseokset syttyvät ja palavat tietyllä pitoisuusalueella, jonka alarajana on alempi syttymisraja ja ylärajana ylempi syttymisraja. Tätä pitoisuusaluetta kutsutaan syttymisalueeksi. Laiha seos on alemman syttymisrajan ja stoikiometrisen seoksen välissä. Rikas seos on stoikiometrisen seoksen ja ylempien syttymisrajan välissä. Liian laiha ja liian rikas seos eivät syty eivätkä pala.



Kuva 2 Aerosolien ja kaasuilimaseosten syttyminen ja palaminen (Hyttinen, ym. 2007, s38.)

Mikäli tilassa ei ole tarpeeksi syttymiskelpoisia kaasuja, eli tilassa on syttymiskelpoisia palokaasuja prosentuaalisesti alle alemman syttymisrajan. Tällöin palaminen ei ole mahdollista, koska tilassa ei ole riittävästi palamiskelpoisia kaasuja. Huoneisto- ja rakennuspalotilanteissa laiha seos ilmenee yleensä vaaleana ja tiheydeltään harvana savukaasupatjana. Rakennus- ja huoneistopaloissa tyypillisempää kuitenkin on, että palokohteen pyssyssä tiiviinä (tilaan ei pääse rajattomasti ilmaa) tilaan kehittyy rikas savukaasuseos, jolloin palaminen ei ole mahdollista, koska tilassa ei ole riittävä määrä happea, jota palaminen vaatii. Rikkaan seoksen voi yleisesti tunnistaa tummasta tai ruskeasta savun väristä ja savu on yleisesti tiheää. Lisäksi ikkunoihin alkaa kertyä ruskeita/tummia valumajälkiä. Rikas seos on sammuttajan kannalta vaarallisempi tilanne, koska siinä vaiheessa, kun tilaan pääsee happea, on vaarana savukaasupatjan syttyminen ja palon nopea kiihtyminen ja leviäminen. Kyseistä tapahtumaa kutsutaan myös leimahdukseksi tai pistoliekeksi. Tämä pistoliekkitalanne voi tulla eteen esimerkiksi ikkunan rikkoutuessa tai silloin, kun sammuttaja avaa palotilan oven. Stoikiometrinen seos on kemian kaavan määrittämä aerosoli tai kaasuilmasoseos, jolloin palaminen on optimaalisinta ilman ja kaasun tai höyryn suhteen. (Hyttinen, ym. 2007, s38).

Pelastustoiminnan kannalta haasteita asettaa, miten suoriutua sammutustehtävästä niin, että rikkaat savukaasuseokset saadaan laimennettua syttymisrajan alapuolelle niin, ettei aiheudu pistoliekkiä, ja sitä kautta levitetä paloa. Nykyisillä yleisesti käytössä olevilla menetelmillä toimintamalli on se, että sammutuspari menee palavan huoneiston ovelle, savusukeltaja 1 toimii suihkuputkella ja savusukeltaja 2 avaa merkistä oven. Oven avautumisen jälkeen savusukeltaja 1 suihkuttaa vettä palotilaan kuumiin palokaasuihin. Tämän jälkeen savusukeltaja 2 sulkee oven ja annetaan tilaan muodostua vesihöyryä ja vesihöyrynpainetta, joka laimentaa palokaasuja, laskee lämpötilaa ja syrjäyttää tilavuutensa verran palamiskelpoisia kaasuja. Opinnäytetyössä keskitymmekin tutkimaan menetelmää, jossa tilan ovea ei avata, vaan seinään tai ikkunan karmiin porataan halkaisijaltaan noin 40 mm reikä, josta sammutusisku tilaan tehdään käyttäen Fognail-pistosuihkuputkea.

## 5. SAMMUTTAMINEN

Tässä kappaleessa perehdytään sammuttamisen teoriaan ja erilaisiin sammutusmenetelmiin teoriapohjalta. Eri sammutusmenetelmiä on jäähdytys, tukahdutus, sammutusraivaus ja inhibitio. (Hyttinen, ym. 2007).

Sammuttaminen on palamisen edellytysten poistamista. Palo sammuu, kun vähintään yksi palamisen edellytys poistetaan. Tulokseen päästään tehokkaammin, jos useita edellytyksiä poistetaan. Palamisen edellytykset on esitetty luvussa 4. Liekkipalon edellytykset ovat polttoaine, happi, riittävä lämpötila ja häiriintymätön kemiallinen reaktio. Hehkupalon edellytykset ovat polttoaine, happi ja riittävä lämpötila. Kun paloa sammutetaan, aine palaa jo, ja onkin puhuttava polttoaineen sijaan palavasta aineesta. Sammutusmenetelmän nimi johtuu siitä, minkä edellytyksen poistamiseen toimenpiteellä tähdätään. Näin saadaan neljä sammutusmenetelmää (Hyttinen, ym. 2007, s84):

- lämpötilan alentaminen → jäähdytys
- happipitoisuuden pienentäminen → tukahdutus
- palavan aineen poistaminen → sammutusraivaus
- kemiallisen reaktion hidastaminen → inhibitio.

Jäähdytyksessä lämpötila alennetaan sellaiseksi, että palo sammuu ja syttymistä ei tapahdu jäähdytyksen lopuksi (Hyttinen, ym. 2007, s84). Palokunnat käyttävät jäähdyttämiseen yleisesti vettä, ja vedellä voidaan jäähdyttää joko palavaa ainetta, liekkejä ja savua tai voidaan jäähdyttää myös kaikkia kolmea yhtä aikaa. Tehokkain jäähdyttävä vaikutus saadaan sillä, että jäähdytetään kaikkia kolmea yhtä aikaa.

Tukahdutus on sammuttamista pienentämällä happipitoisuus sellaiseksi, ettei palaminen ole mahdollista. Tukahdutuksessa pienennetään ilman happipitoisuus alle rajahappipitoisuuden, jolloin palo sammuu. Rajahappipitoisuudella tarkoitetaan ilman happipitoisuuden suurinta arvoa, jossa palo sammuu. Useimmat liekkipalot sammuvat 12 - 15 tilavuusprosentin happipitoisuudessa. Hehkuen palavat aineet, kuten puuhiili, pystyvät palamaan



alemmassa happipitoisuudessa kuin liekki-palo. Tukahdutusessa palamisen edellytyksistä poistetaan happi. (Hyttinen, ym. 2007, s88.) Yleisin esillä oleva tukahduttamiseen perustuva sammutus on rasvapalon sammuttaminen sammutuspeitteellä liedellä. Tämä sammutusmenetelmä opetetaan lähes jokaisessa alkusammutuskoulutuksessa.

Sammutusraivaus on palon rajoittamista ja sammuttamista poistamalla syttyvä tai palava aine kohteesta ja sen läheltä. Sammutusraivauksen avulla voidaan pienentää tarvittavan sammutusveden määrää ja siten vähentää vesivahinkoja. Sammutusraivauksessa poistetaan palamisen edellytyksistä palava tai syttyvä aine. (Hyttinen, ym. 2007, s92.) Varsinkin rakennuspalloissa ylä kerroksissa jälkivahingot saadaan jäämään huomattavasti pienemmiksi tehokkaalla sammutusraivauksella. Sammutusraivauksella käytettävä veden määrä jää pienemmäksi, ja tällöin rajoitetaan alempiin kerroksiin syntyviä vesivahinkoja.

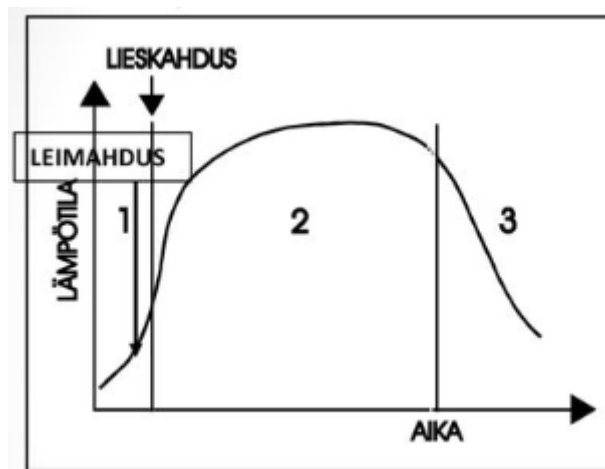
Inhibitio on kemiallisen reaktion hidastamista. Inhibitio on sopiva menetelmä liekkipalon sammutuksessa. Sillä eliminoidaan tehokkaasti liekki-paloa ylläpitävät reaktiiviset, virityneet radikaalit. Hehkupalossa sen sijaan inhibitio on tehoton sen vuoksi, että tässä palotyypissä palamista eivät ylläpidä virityneet radikaalit, vaan happi yhtyy suoraan polttoaineeseen aineen pinnalla. (Hyttinen, ym. 2007, s94.)

## 6. RAKENNUSPALON JA HUONEISTOPALON SAMMUTTAMINEN

Tässä kappaleessa perehdytään rakennuspalon ja huoneistopalon sammuttamiseen. Kappaleessa käsitellään olemassa olevaa tietoa asiasta ja yleisesti jo käytössä olevia menetelmiä.

### 6.1 Huonepalon teoriaa

Huonepalo on suljetussa tai osittain suljetussa tilassa tapahtuva palo, jossa paloilman saatavuus on rajallinen ja josta savu ja lämpösäteily eivät pääse poistumaan esteettä (Hyttinen, ym. 2007, s57). Kuva 3 esittää huonepalon vaiheet selkeässä muodossa.



Kuva 3 Normaalin huonepalon vaiheet (Hyttinen, ym. 2007, s57).

Normaalin huonepalon kehittyminen esitetään usein kuvassa 3 esitetyn piirroksen avulla, jossa palon kulku on jaettu kolmeen vaiheeseen, jotka ovat: (Hyttinen, ym. 2007, s57.)

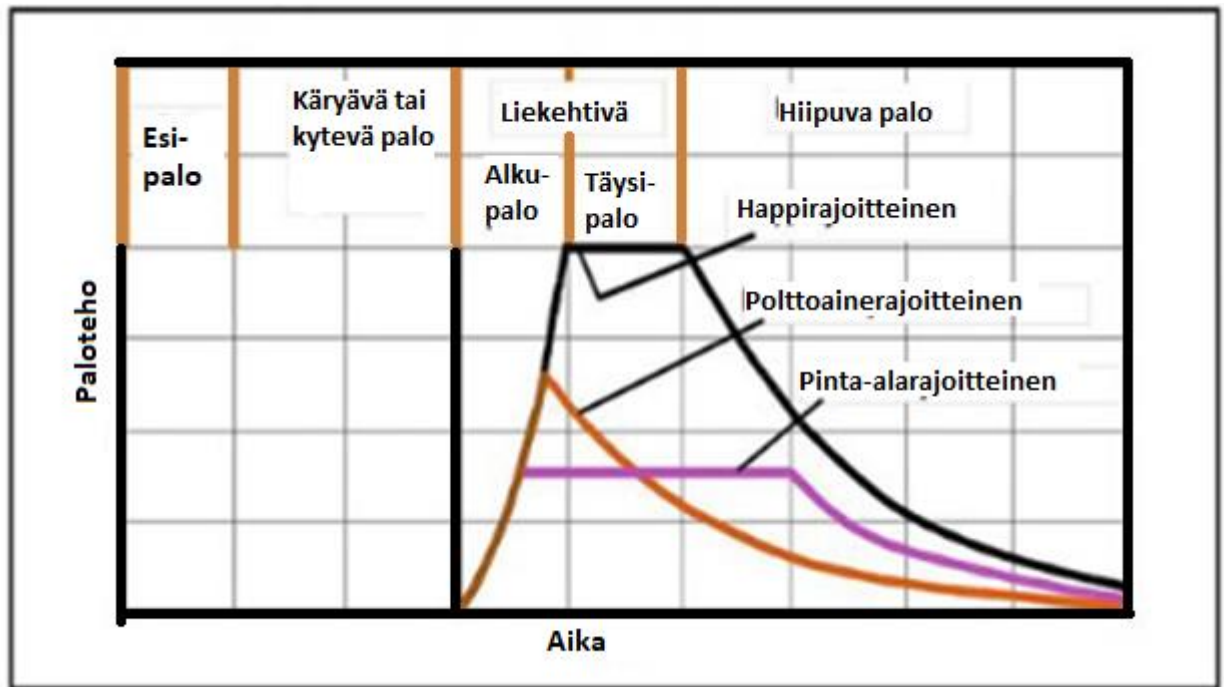
- alkupalo
- täyden palon vaihe
- hiipuva palo.

Alkupalo on syttymisestä alkava palon vaihe, joka päättyy lieskahdukseen, vakiotehon vaiheeseen tai hiipumiseen. Alkupalo on alussa avopalo ja paikallinen. Muodostunut savu kerääntyy savupatjaksi tilan yläosaan. Savussa olevien syttyvien kaasujen pitoisuus kasvaa palon edetessä. Kun pitoisuus saavuttaa alemman syttymisrajan, tapahtuu leimahdus, eli rajatussa tilassa olevien syttyvien kaasujen yhtäkkinen osittainen tai kokonaan syttyminen. Leimahduksessa liekkirintama leviää polttoaineessa yhden metrin sekunnissa nopeudella, ja koko tapahtuman kesto on muutamia sekunteja (Hyttinen, ym. 2007, s58).

Leimahduksessa palotilan savukaasut syttyvät palamaan. Leimahdusta seuraa lieskahdus. Se tarkoittaa kaikkien palavien materiaalien yhtäikaista syttymistä, jota kutsutaan myös yleissyttymiseksi. Täyden palon vaihe on lieskahduksen jälkeinen huonepalon vaihe, jossa palo on levinnyt tilan kaikille palaville pinnoille ja joka muuttuu lopuksi hiipuvaksi paloksi (Hyttinen, ym. 2007, s59).

Hiipuva palo on palon vaihe, jossa pyrolyysi heikkenee, jolloin paloteho ja liekehtiminen vähenevät ja palo muuttuu vähitellen kytemiseksi. Hiipuvassa palossa vaara ei ole vielä ohi. Seinäpinnat ja kattopinnat ovat edelleen kuumat ja aiheuttavat polttoaineiden pyrolyysiä, jossa muodostuu hiilimonoksidia ja muita syttyviä kaasuja. (Hyttinen, ym. 2007, s59.)

Kuva 4 selkeyttää visuaalisesti happirajoitteisen, polttoainerajoitteisen ja pinta-alarajoitteisen huonepalon erot palotehoa apuna käyttäen.

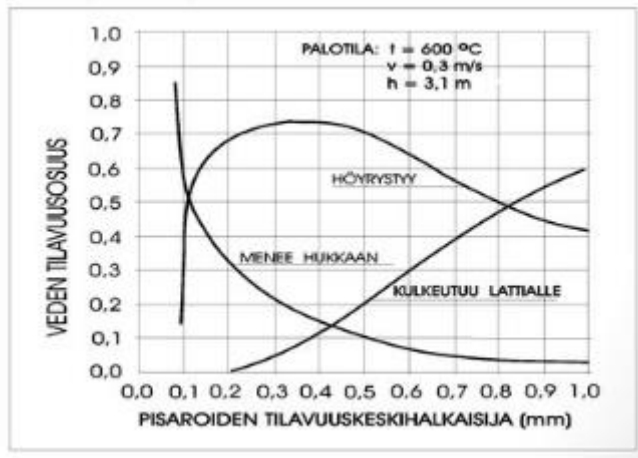


Kuva 4 Happirajoitteinen, polttoainerajoitteinen ja pinta-alarajoitteinen huonepalo (Hytinen, ym. 2007, s60).

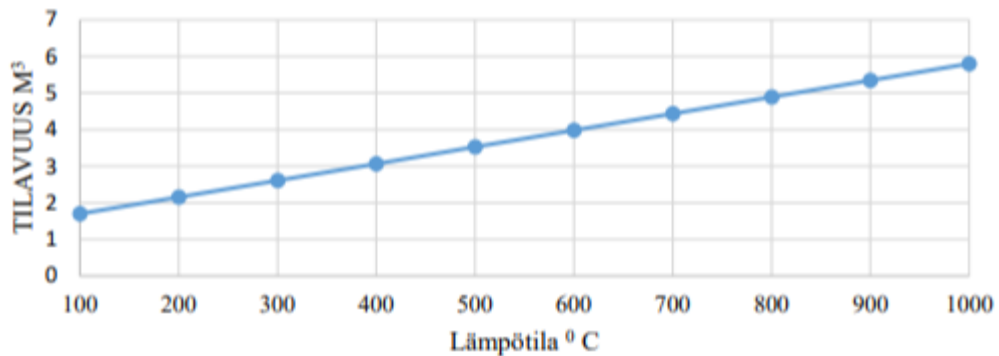
Happirajoitteinen palo on huonepalon vaihe, jossa palotehoa rajoittaa palavaan tilaan virtaava hapen määrä. Polttoainerajoitteinen palo on huonepalon vaihe, jossa palotehoa rajoittaa tilassa olevan polttoaineen määrä. Pinta-alarajoitteinen palo on huonepalon vaihe, jossa palotehoa rajoittaa pinta-alan suuruus. (Hytinen, ym. 2007, s60.)

## 6.2 Huonepalon sammuttamisen teoriaa

Kuva 5 esittää huonepalossa kuumaan savupatjaan jatkuvalla sumusuihkulla suihkutetun veden sammutusvaikutukset pisarakoosta riippuvana. Osa pisaroista menee hukkaan sen vuoksi, että ne ovat liian pieniä ja eivät läpäise palotilan kaasuvirtauksia. Pienemmällä pisarakoolla on hukkaan menevä osuus suurempi. Osa vesipisaroista höyrystyy kuumassa savupatjassa, seinä- ja kattopinnoissa jäädyttäen niitä. Muodostunut vesihöyry sekoittuu savuun heikentäen sen palamista. Kuvasta 5 näkee, että savupatjan tehokkain jäähdytys tapahtuu, kun sumun pisarakoko on välillä 0,2 - 0,5 mm. (Hytinen, ym. 2007.)



Kuva 5 Huonepalossa savupatjaan jatkuvalla sumusuihkulla suihkutetun veden sammutusvaikutukset (Hyttinen, ym. 2007, s161).



Kuva 6 Yhdestä vesilitrasta syntyvän vesihöyryn tilavuus kuutioina Gay-Lussacin kaasulain mukaan eri lämpötiloissa (Kuikka, 2018, s33).

Höyryllä voidaan tehokkaasti sammuttaa huonepalo. Tällöin riittävä määrä höyryä johdetaan tilaan. Vesihöyry on inerttikaasu, joka syrjäyttää palamisilmaa pienentäen ilman happipitoisuuden rajahappipitoisuuden alapuolelle. Sammutusvaikutus on nimenomaan tukahdutus. Etu on, että vesihöyry ei likaa tiloja ja laitteita ja ei aiheuta vesivahinkoja. Haitta on, että kuuma vesihöyry voi aiheuttaa tapaturman vaaraa sammuttajalle. Vesihöyryn sammuttava pitoisuus on 35 tilavuusprosenttia. (Hyttinen, ym. 2007)

## 7. TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTA JA AIHEEN RAJAUS

Pelastussukelluskelpoisten henkilöiden saamista tilanteiden alkuvaiheessa onnettomuuspaikalle ei voida taata. Varsinkin harvaan asutuilla alueilla, joilla palokunnat koostuvat lähinnä sopimuspalokunnista, ei rakennuspalotehtäviin saada välttämättä alkuvaiheessa tarpeeksi pelastussukelluskelpoisia henkilöitä, koska sopimuspalokunnassa toimiminen ei edellytä savusukelluskelpoisuutta, vaikka siihen pyritään. Lisäksi myös isoissa kaupungeissa ja kunnissa voi vuorovahvuus olla päätoimisen henkilöstön osalta pienempi kuin tavoitevahvuus esimies ja kolme palomiestä, esimerkiksi Ylivieskassa virka-ajan ulkopuolella minuutin lähtövalmiudessa palo esimies ja kaksi palomiestä (Jokilaaksojen pelastuslaitoksen palvelutasopäätös 2018 - 2020). Näin ollen ensimmäisenä kohteeseen saapuva yksikkö ei ole pelastussukellusohjeen mukaisesti kykenevä aloittamaan itsenäisesti esimerkiksi savusukellusta, koska yksikössä ei ole riittävästi henkilöitä tai savusukelluskelpoisia henkilöitä ei ole tarpeeksi.

Sisäministeriön pelastussukellusohjeen mukaan savusukellus voidaan aloittaa turvallisesti, mikäli tilannepaikalla on vähintään 4 savusukelluskelpoista henkilöä, joista saadaan muodostettua savusukelluspari sekä suojapari. Ohje antaa kuitenkin lievennyksen savusukelluskelpoisten määrästä, mikäli palokohde on yksinkertainen tila, palo on yhdessä huoneistossa tai asuinrakennuksessa, savusukellus voidaan aloittaa, jos savusukelluspari on savusukelluskelpoinen ja suojapari on kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta.

Aihe rajataan rakennuspaloon ja huoneistopaloon ja koskemaan pelkästään omakotitaloja ja huoneistoja. Opinnäytetyöstä jätettiin tarkoituksella pois teollisuuskohteet ja korkeat rakennukset. Teollisuuskohteet ja korkeat rakennukset tarvitsevat muutenkin erikoiskalustoa ja henkilöresurssia, joten kuvatun kaltaisia kohteita ei sammuteta pistosuihkuputkilla. Opinnäytetyössä keskitytään edullisiin ja paloasemilla jo olemassa oleviin välineisiin. Työn tarkoitus on tuottaa tutkimustulosta, jota voidaan paloasemilla hyödyntää mahdollisimman matalalla kynnyksellä.

Keskeiset kysymykset opinnäytetyössä ovat seuraavat:

- Tuottaako lämpökamera lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin verrattuna pelkkään paljain silmin tehtävään tiedusteluun
- Toimiiko Fognail-pistosuihkuputkilla ulkoapäin sammuttaminen käytännössä? Jos ei, hillitseekö/rajoittaako se tehokkaasti paloa?
- Mitkä ovat työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?
- Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia (alkupalon sammuttaminen, jälkirai-vauksen aloittaminen)?

Näihin edellä mainittuihin kysymyksiin haemme vastauksia kahdella eri koepoltolla, joista toinen järjestetään autenttisissa olosuhteissa omakotitalossa, jota ei vahvisteta tai muuteta koepolttoa varten.

## 8. RAKENNUSPALOKOHTTEEN TIEDUSTELU ULKOAPÄIN

Ennen kuin kohteeseen voidaan tehdä sammutushyökkäys, on kohde tiedusteltava. Koska tässä opinnäytetyössä keskitytään ulkoapäin sammuttamiseen, on loogista, että tiedustelussa keskitytään ulkoapäin tehtävään tiedusteluun. Silmämääräisen visuaalisen tiedustelun tueksi tarkastelemme tarkemmin tiedustelua, jossa ihmisen näkökyvyn lisäksi hyödynnetään lämpökameraa.

### 8.1 Lämpökamera ja sen käytettävyys

Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin. Nykyisten savusukelluskäyttöön tehtyjen lämpökameroiden lämpötilan erottelukyky on luokkaa 0,05°C. Eri materiaalit sitovat, heijastavat ja läpäisevät lämpösäteilyä eri tavalla, mikä vaikuttaa lämpökameran näkymään. (Ala-Kokko, 2008, s28)

Lämpökameroita on kahta päätyyppiä: mittaavia ja ei-mittaavia. Mittaavilla lämpökameroilla on useita sovellusalueita. Niitä käytetään muun muassa kiinteistöjen kuntotarkastuksissa, teollisuuden ennakoivissa kunnossapidoissa, lämpöprosessien tutkimuksissa ja lämpökorreloivien vikojen paikantamisessa. Ei-mittaavia lämpökameroita käytetään yleensä etsintä- ja valvontalaitteina. Lämpökamerat toimivat valmiiksi valitulla mittaustaistalla (lyhyt- tai pitkäaaltoinen infarpunakaista) ja lämpötila-alueella, joka on noin -40...+1500°C. Yleisimmin käytetään pitkäaaltokaistaa (noin 8 - 12 µm.) (Infradex, lämpösäteily ja lämpökamera, <https://www.infradex.com/lamposateily-ja-lampokamera>.) Pelastustoimen kamerat ovat ei-mittaavia. Pelastustoimen kamerat ovat nimenomaisesti kamerakäytössä, eivät mittaustyökaluina.

Lämpökameraa käytetään siten, että näytön keskellä oleva mittauspiste kohdistetaan haluttuun kohtaan, ja lämpökamera näyttää juurikin sen pisteen lämpötilan. Kuvasta 7 näkyy,



millainen lämpökameran näkymä on. Äärimmäisenä oikealla on lämpötilamittari, jota kuvataan eri väreillä. Seuraavana oikealla näkyy vihreä palkki, joka osoittaa mittauspisteen lämpötilan. Oikeassa alalaidassa näyttöä näkyy mittauspisteen lämpötila numeraalisena. Keskellä alhaalla on lämpökameran akun varauksen mittari. Vasemmalla alhaalla on käytetty lämpötilaskaalaus. Kyseisessä kamerassa oli 7 kappaletta erilaista skaalausta. Näytön keskellä sijaitseva vihreä neliö on mittauspisteen osoitin.



Kuva 7 Lämpökameran näyttö Leader TIC 3

## 8.2 Lämpökameran käytössä huomioitavia ominaisuuksia

Lämpökameran käytössä tulee huomioida tiettyjä lämpökameran ominaisuuksia. Lämpökamera osoittaa rakenteesta heijastuvan lämpötilan. Lämpösäteet eivät esimerkiksi läpäise lasia vaan heijastuvat lasin pinnalta, joten lämpökameralla ei voi katsoa lasin lävitse huoneeseen. Lämpösäteet eivät myöskään läpäise kiinteitä materiaaleja, joten rakenteiden tai esimerkiksi peiton läpi kameralla ei näe. Lämpösäteiden läpäisemättömyys täytyy huomioida varsinkin savusukelluksessa mahdollisten piiloutuneiden ihmisten varalta. Ihminen ei näy lämpökameralla kaapista, sängyn alta tai peiton alta.

Kuvassa 8 näkyy se, ettei lämpösäteet läpäise peittoa. Tästä syystä ainoastaan miehen pää näkyy huomattavasti lämpimämpänä, koska pää ei ole peiton suojassa. Toinen kirkkaan valkoinen lämpölähde kuvan vasemmassa laidassa on lämmityspatteri.



Kuva 8 Mies makaa sängyllä peiton alla



Kuva 9 Lämpösäteilyn heijastuma metallipinnalta



Kuva 10 Heijastuma lasiovesta



Kuva 11 Lasiovi kameralla kuvattuna

Edellisistä kuvista näkyy lämpökameran rajoitteita. Kuvassa 9 ihmisen lämpösäteily heijastuu metalliseinästä ja kuvassa vaikuttaisi olevan kaksi toisiaan katsovaa miestä, vaikka kuvassa on todellisuudessa vain yksi mies. Kuvassa 10 näkyy kuvaajan heijastuma, oven takana ei ole todellisuudessa ihmistä.

### 8.3 Lämpökameran käyttö pelastustehtävillä

Kuvasta 12 nähdään se, että pelastuslaitokset käyttävät lämpökameraa yhä enemmän pelastustehtävillä. Osasyynä voi olla se, että Pronton tehtäväselosteet täytetään huolellisemmin. Suurempi syy on kuitenkin varmaan se, että lämpökamerat ovat yleistyneet paloasemilla ja niiden monikäyttöisyyttä osataan hyödyntää entistä paremmin. Varsinkin sammutuksen jälkeen lämpökameralla on helppo ja nopea varmistua, ettei rakenteisiin jää kuumia palopesäkkeitä.

Pelastusopisto Laukkanen		Tehtävien lukumäärä, joihin pelastuslaitos on osallistunut																					
Vuosi	EK	EP	ES	HE	IU	JO	KA	KH	KP	KS	KU	KY	LA	LU	OK	PI	PO	PK	PS	PH	SA	VS	Yhteensä
2012	64	150	77	393	63	30	33	114	64	154	232	133	124	211	193	266	113	64	111	125	136	161	3 011
2013	99	174	71	439	50	59	45	111	83	238	235	148	171	270	268	267	153	76	125	128	158	199	3 567
2014	119	159	71	466	75	71	76	122	89	314	243	165	195	281	310	325	161	86	148	123	190	241	4 030
2015	101	193	101	444	67	107	76	125	95	288	253	141	169	265	266	295	130	83	150	131	170	226	3 876
2016	126	185	127	515	61	116	109	172	109	351	310	153	214	305	323	349	139	175	201	158	248	378	4 824
2017	175	168	105	505	80	111	110	138	106	300	314	135	190	337	320	321	133	139	180	106	204	382	4 559
2018	208	169	142	429	62	147	137	190	133	364	354	202	225	360	342	400	154	140	221	141	261	537	5 318
2019	27	23	23	72	23	18	17	36	19	48	73	29	50	47	71	61	23	23	39	23	38	78	861
<b>Yhteensä</b>	<b>919</b>	<b>1 221</b>	<b>717</b>	<b>3 263</b>	<b>481</b>	<b>659</b>	<b>603</b>	<b>1 008</b>	<b>698</b>	<b>2 057</b>	<b>2 014</b>	<b>1 106</b>	<b>1 338</b>	<b>2 076</b>	<b>2 093</b>	<b>2 284</b>	<b>1 006</b>	<b>786</b>	<b>1 175</b>	<b>935</b>	<b>1 405</b>	<b>2 202</b>	<b>30 046</b>

Kuva 12 Prontotilasto lämpökameran käyttö lukumäärinä laitoksittain vuosina 2012 - 2019

Lämpökamera on erittäin käyttökelpoinen lisäväline savusukellukseen. Lämpökameraa kuuluu käyttää oikeaoppisesti silmin tehtävän visuaalisen havainnoinnin tukena, ei pidä pelkästään tukeutua lämpökameran kuvaan. Kun huomioi nämä muutamat edellä mainitut rajoitteet, lämpökamera tuo paljon lisäarvoa savusukeltajalle. Lämpökameralla on nopea tarkastaa sellaisia suuriakin pimeitä avoimia tiloja nopeasti, jotka olisivat ilman lämpökameraa hidasta ja työlästä tarkastaa. Lämpökameralla tilaa tarkastaessa täytyy varmistua siitä, ettei tilasta johda reittiä toiseen tilaan, joka voisi jäädä tarkastamatta.

## 9. RAKENNUSPALON SAMMUTTAMINEN PISTOSUIHKUPUTKELLA

### 9.1 Savusukellus ja savusukelluksen aloittaminen

Perinteisesti Suomessa on suosittu rakennus- ja huoneistopalojen sammutukseen sisältäpäin sammutusta pienpisaramenetelmällä. Tämän menetelmän etuna on se, ettei tilaan pääse paljon lisää happea avonaisista aukoista ja että huoneistopalo voidaan oikeaa tekniikka käyttämällä sammuttaa pienellä vesimäärällä aiheuttamatta kiinteistölle ja varsinkin ympäröiville tiloille tarpeettomasti vahinkoja. Menetelmän ei kuitenkaan ole täysin vaaraton tai haitaton. Jotta palavaan suljettuun tilaan voidaan mennä, tarvitaan tilanpaikalle pelastusryhmä, joka kykenee suorittamaan savusukellusta. Lisäksi savusukellus on aina vaarallista työtä. Siihen liittyy aina tuntemattomia ja tunnistamattomia asioita, joihin ei koulutuksella, harjoittelulla ja muilla ennakkovaatimuksilla ja valmiuksilla voida täysin varautua. Savusukellusta ei kuitenkaan voida korvata millään vaihtoehtoisella menetelmällä tilanteessa, jossa edellytetään pelastamista palavasta rakennuksesta, mutta pelastaminen rakennuspalotilanteessa rajataan tässä opinnäytetyössä ja tutkimuksessa aiheen ulkopuolelle.

Tässä tutkimuksessa keskitytään tutkimaan vaihtoehtoista menetelmää perinteiselle sisältäpäin sammuttamiselle, ja menetelmäksi ja tutkimuksen kohteeksi olemme valinneet pistosuihkuputkella sammuttamisen ulkoapäin. Menetelmän käyttö ei edellytä savusukellusvalmiutta, ja se voidaan suorittaa pienemmällä vahvuudella kuin esimies ja kolme palomiestä. Jotta sammuttaminen pistosuihkuputkella ulkoapäin voidaan aloittaa, se edellyttää seuraavia välineitä onnettomuuspaikalle:

- pistosuihkuputkisarja
- letkukalustoa (39 – 42 mm)
- vesilähde (sammutusyksikkö, säiliöauto tai ulkoinen vesilähde)
- pumppu
- porakone varustettuna soveltuvalla terällä.

## 9.2 Pistosuihkuputken sammutusvaikutus

Pistosuihkuputken sammutusvaikutus perustuu tukahduttamiseen ja jäähdyttämiseen. Menetelmä on käyttökelpoinen ontelopaloissa ja rajatun tilan paloissa. Menetelmä ei sovellu käytettäväksi isoihin avopaloihin tai paloihin, joissa on matalat lämpötilat tai paljon kylmiä pintoja. Tehokkain sammutusvaikutus pistosuihkuputkella saadaan aikaan, kun sen vesisumu saadaan kohdistettua palokohteen yläpuolelle kuumimpiin palokaasuihin, jolloin sen tuottama vesisumu höyrystyy mahdollisimman tehokkaasti ja sen vaikutuksesta palokaasut jäähtyvät ja syrjäytyvät vesihöyryn vaikutuksesta. Menetelmää oikein käytettäessä rakennukselle ei aiheudu kohtuuttomia vesivahinkoja, koska hienojakoinen vesisumu höyrystyy tehokkaasti, ja läpilyöntisuihkuputken maltillisella vesivirralla tilaan ei lasketa tarpeettoman paljon vettä, jolloin osa siitä ei höyrystä vaan valuu lattialle tai rakenteisiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten pistosuihkuputkea voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti ja pienillä vahingoilla rakennuspalo- ja huoneistopalotilanteissa sammuttamaan ja rajoittamaan paloa sekä vertaamaan menetelmän todellista tehoa ja käyttökelpoisuutta perinteiseen sisältäpäin sammutukseen. Lisäksi menetelmän käyttöä verrataan tilanteeseen, jossa tilannepaikalle ensimmäisenä saapuva yksikkö ei ole pelastussukelluskelpoinen ja pelastussukellusta ei voida aloittaa, mutta jotain tarvitsisi tehdä. Aina pistosuihkuputkiselvitystä käyttämällä ei pystytä sammuttamaan paloa, mutta sen kehittymistä ja leviämistä voidaan rajoittaa ja pienentää olennaisesti. Tällöin seuraukset ja vaikutukset rakennukselle jäävät pienemmäksi ja palo ei leviä niin nopeasti.

Pistosuihkuputken tehokas ja optimaalinen käyttö edellyttää laadukasta tiedustelua. Menetelmän tehokkuus ja käyttökelpoisuus perustuu siihen, että vesisumu saadaan kohdistettua kuumimpaan paikkaan, jolloin se höyrystyy tehokkaasti.

## 10. HARJOITUSALUEEN KOEPOLTTOJEN TULOKSIEN TIIVISTELMÄ

Osana opinnäytetyötä toteutimme kaksivaiheisen tutkimuksen, jonka avulla tarkoituksenamme oli selvittää paras pistosuihkuputken käyttötapa huoneistopalon sammutukseen, kun palo on yhdessä huonetilassa sekä lämpökameralla rakennuspalokohteen tiedustelua ulkoapäin. Tutkimuksiin laadimme tutkimussuunnitelmat sekä raportit saaduista tutkimustuloksista ja havainnoista, jotka ovat opinnäytetyön liitteenä.

Ensimmäisessä tutkimusvaiheessa tarkoituksenamme oli selvittää paras mahdollinen käyttötapa Fognail-pistosuihkuputkelle huoneistopalon sammutukseen, kun palo on yhdessä huoneessa, ja samalla testata lämpökameran käyttömahdollisuuksia tiedusteltaessa rakennuspalokohdetta ulkoapäin tilanteessa, jossa savusukellusta ei voida aloittaa. Liitteessä 1 (Tutkimussuunnitelma Koepoltot 1 22.3.2019 opinnäytetyö 2019) on listattuna tutkimuskysymykset, joista tärkeimpinä oli saada selville, kumpi Fognail-pistosuihkuputkista (hyökkäävä, rajoittava) on parempi sammutusteholtaan, mikä Fognail-pistosuihkuputken käyttötapa on paras huoneistopalon sammutukseen sekä mitkä ovat lämpökameran käyttömahdollisuudet tiedusteltaessa rakennuspalokohdetta ulkoapäin verrattuna visuaalisesti aistihavainnoilla suoritettavaan tiedusteluun.

Ensimmäisen tutkimuspäivän koepoltot teimme Pelastusopiston harjoitusalueella Kuopion Korvaharjussa. Kokeessa käytimme savusukellusopetukseen tarkoitettua hirsitalosimulaattoria. Simulaattorin valintaan vaikutti se, että olosuhteet siellä ovat mahdollisimman lähellä normaalia asuinrakennusta (puiset pyrolisoituvat seinäpinnat, huoneen koko ja ikkuna-aukon pinta-ala). Normaali savusukellusharjoitteluun tarkoitettu teräsrakenteinen kontti ei soveltunut tutkimukseemme sen takia, koska kontin metallirakenteet johtavat lämpöä hyvin ja lämpenevät laajemmalla alueella kuin puiset seinärakenteet, jolloin sammutusvettä ei tarvitse kohdistaa niin tarkasti kuin puurakenteisessa tilassa. Kuumiin metallirakenteisiin osuessa vesi höyrystyy riippumatta siitä, onko se lähelläkään alkupalon sijaintia tai kuuminta kohtaa täyttäen samalla huonetilan vesihöyryllä, jolloin palo myös tukahtuu. Puurakenteisessa tilassa rakenteet eivät lämpene tarpeeksi (yli +100°C), jotta vesihöyryn muodostuminen olisi mahdollista.

Tutkimuspäivää edeltävänä päivänä kävimme asentamassa tutkimuskohteeseen termoparilangat DasyLab-mittauslaitteistoa varten ja laitoimme rakennuspuhaltimen kuivattamaan/lämmittämään huoneistoa, jotta se ei olisi kostea. Termoparilangat asennettiin seuraavan kuvan 13 mukaisesti.



Kuva 13 Termoparilankojen sijoitus suhteessa alkupaloon

Termoparilankojen käytössä on huomioitavaa kuitenkin se, että ne mittaavat vain yksittäisten pisteiden lämpötilaa kolmiulotteisessa avaruudessa, joten tulokset ovat tarkimmillaankin vain suuntaa-antavia. Suojasimme vielä puolet termoparilangoista metallisilla suojaputkilla, jotta sammutusvesipisarot eivät osuisi suoraan anturiin ja mittaustulos ei vääristyisi tarpeettomasti.

Varsinaisena tutkimuspäivänä latasimme huoneistoon palokuorman, joka oli jokaisessa poltossa identtinen. Palokuormana käytimme 4 kappaletta lastulevyjä siten, että kaksi levyistä sijoitettiin kattoon ja kaksi seinää vasten kuvan 13 mukaisesti. Varsinaisena alkupalona toimi jokaisessa poltossa 25 standardikokoista koivupuuklapia, ja sytytykseen

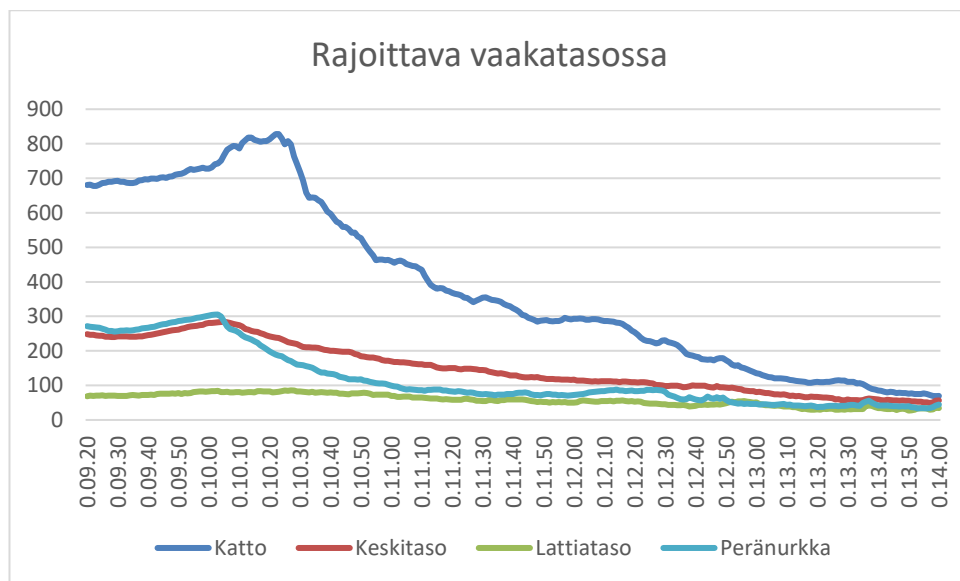


käytettiin 11 Liave-sytytysnestettä, joka kaadettiin alkupalon päälle. Varsinainen sytytys toteutettiin butaanikäyttöisellä käsipuhalluslampulla.

Päivän aikana toteutimme seuraavat kolme suoritusta:

- rajoittava Fognail-pistosuihkuputki 90 asteen kulmassa
- hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputki 90 asteen kulmassa
- hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputki 45 asteen kulmassa.

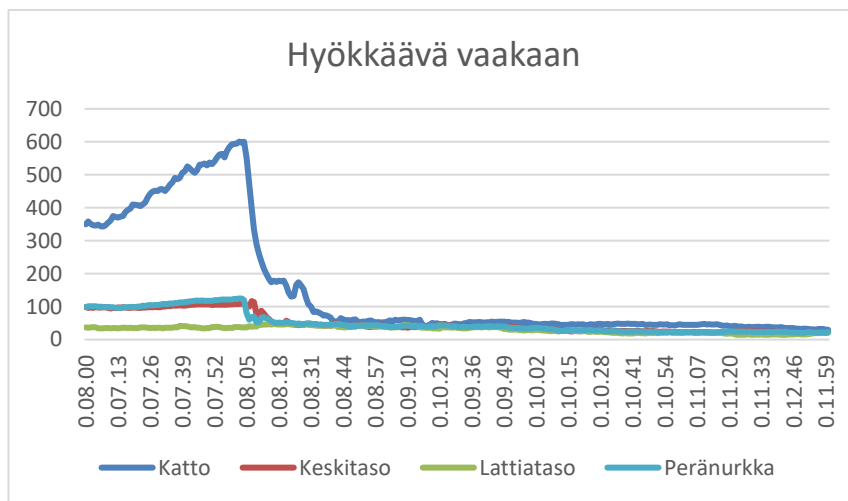
Suoritukset aloitettiin sytyttämällä alkupalo ja antamalla niiden kehittyä täyden palon vaiheeseen. Palon kehittymistä ja olosuhteita seurattiin rakennuksen sisäpuolelta kahden savusukeltajan ja lämpö- sekä kypäräkameran voimin ja rakennuksen ulkopuolelta lämpökameralla, aistihavainnoilla sekä termoparilankojen välittämiä mittaustuloksia seuraamalla.



Kuva 14 Rajoittavan Fognail-pistosuihkuputken sammutusvaikutus vaakatasossa.

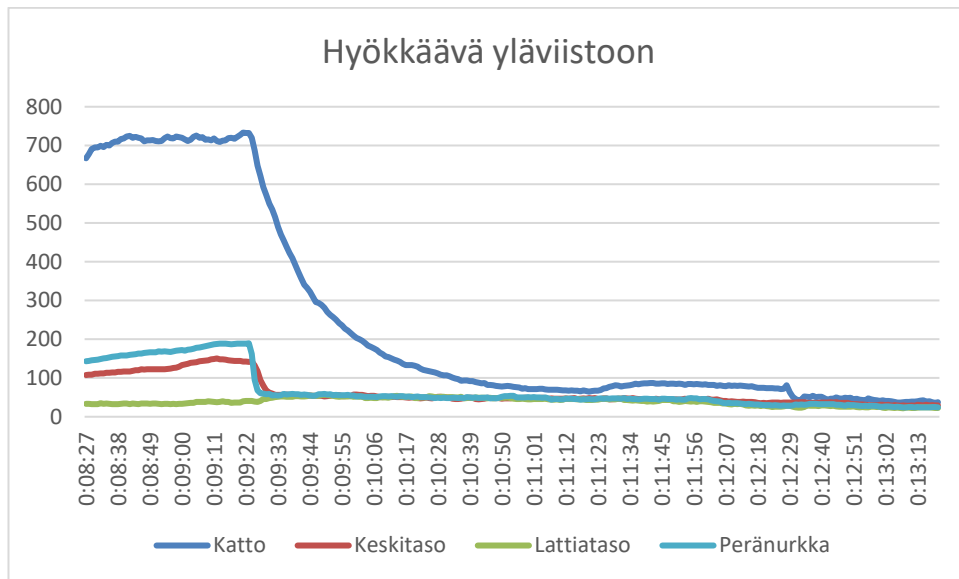
Kuvasta 14 näkyy se, kuinka rajoittavalla putkella vaakatasossa tehdyssä sammutusis- kussa alkupalo ei täysin sammunut, joten perinteiselle savusukellukselle olisi edelleen ollut tarvetta. Palo kuitenkin rajoittui tehokkaasti ja leviäminen pysähtyi, mutta varjopuo- lena vettä valui suoraan höyrystymättömänä lattialle ja ympäristöön, suihkukuvion muo- don takia vesi ei kulkeutunut suoraan tehokkaasti kuumille pinnoille, jossa se olisi päässyt tukahduttamaan ja jäähdyttämään paloa sekä muodostamaan vesihöyryä, joka syrjäyttäisi

palokaasuja tilasta. Tilassa sisällä havainnoimassa olleet savusukeltajat myös kastuivat hyvin tehokkaasti, koska vesisuihku osui heihin melko suoraan. (Liite 1 Tutkimustulokset koepoltto 1.)



Kuva 15. Sammutushyökkäys hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella vaakatasoon.

Toista koepolttoa muihin vertailtaessa on otettava huomioon huomattavasti alemmat lämpötilat verrattuna kahteen muuhun polttoon. Tämän takia jäähdytyskäyrä on jyrkempi, koska jäähtyminen tapahtuu tehokkaammin, kun lämpötilaa ei tarvitse laskea niin paljon. Kuvasta 15 näkyy se, kuinka hyökkävällä putkella vaakatasossa suoritettussa sammutushyökkäyksessä palo sammui tehokkaasti ja höyrynmuodostus ja jäähdytys olivat tehokasta, koska vesisuihku osui suoraan alkupaloon. Kuumien pintojen jäähdytys alkupalon yläpuolella olisi voinut olla tehokkaampaa, mutta höyrystyvä vesi kuitenkin kulkeutui pienellä viiveellä termodynaamisen ilmavirtauksen ansiosta myös alkupalon kuumentamiin kohtiin sen yläpuolelle. Jonkin verran vettä valui myös lattialle, koska vesisuihku leveni sen verran ennen peräseinää. Palo myös sammui nopeasti ja kokonaan. (Liite 1 tutkimustulokset koepoltto 1.)



Kuva 16 Sammutushyökkäys hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella yläviistoon alkupalon yläpuolelle.

Kuvasta 16 näkyy se, kuinka sammutushyökkäyksessä hyökkävällä putkella yläviistoon alkupalon loimotus sammui sekunnissa ja lämpötilat laskivat tehokkaasti. Tila myös täyttyi nopeasti kuumalla vesihöyryllä ja alkupalo sammui täysin. Vesihöyryjen jäähtymisessä kesti kuitenkin jonkin aikaa, koska tila oli kohtuullisen tiivis, jolloin vapaata purkaukkoa kuumille palokaasuille ja vesihöyrylle ei ollut. Savutuuletuksen suorittamisen jälkeen voitiin siirtyä suoraan sammutusraivaukseen, jälkisammutustoimenpiteitä ei enää tarvittu. Myös vesivahingot jäivät näin ollen vähäisiksi. (Liite 1 tutkimustulokset koe-poltto 1.)

Testipäivä oli osaltaan onnistunut ja pääsimme tutkimussuunnitelman mukaiseen tavoitteeseen eli löysimme käyttökelpoisimman menetelmän rakennuspalon sammuttamiseen ulkoapäin käyttäen Fognail-pistosuihkuputkea. Tutkimuspäivän tuloksia käytettiin jatkotutkimuksemme pohjana ja kokeilemaan talonpoltossa hyökkävää Fognail-pistosuihkuputkea yläviistoon kahteen eri paloon, joissa palo on rajoittunut yhteen huonetilaan. Jatkotutkimuksesta laadittiin oma tutkimussuunnitelma, joka liitettiin osaksi opinnäytetyötä.

## 11. NILSIÄN TALONPOLTON TULOKSIEN TIIVISTELMÄ

Ensimmäisen tutkimuksemme ja sieltä saatujen tulosten perusteella laadimme uuden tutkimussuunnitelman, jonka tarkoituksena oli päästä kokeilemaan käytännössä menetelmän toimivuutta. Tutkimusta varten saimme poltettavaksi kohteeksi hirsirakenteisen talon, johon oli myöhemmin tehty puurakenteinen- ja runkoinen laajennus. Talonpoltto-kohteen vaatimuksena oli myös se, että siinä oli ikkunat ja kattopellit paikoillaan, eli olosuhteet poltettavassa talossa vastasivat normaalia asuintaloa.

Tärkeimpinä tutkimuskysymyksinä meillä oli talonpoltoon, toimiiko Fognail-pistosuihkuputkilla ulkoapäin sammuttaminen käytännössä, onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia. Lisäksi tutkimme tuottaako lämpökamera lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin verrattuna paljain silmin ja aistihavainnoin suoritettuun tiedusteluun.

Ennen varsinaista tutkimuspäivää kävimme tutustumassa poltettavaan rakennukseen ja yhdessä kiinteistön omistajan kanssa haimme polttamiselle ympäristöluvan. Kaksi päivää ennen tutkimuspäivää kävimme asentamassa molempiin huoneistoihin termoparilangat ja lankojen suojat paikoilleen sekä levyttämässä yhden rikkoontuneen ikkunan levyllä umpeen. Termoparilangat asennettiin samalla tavalla alkupalon läheisyyteen kuten harjoitusalueella suoritetuissakin koepoltoissa. Lisäksi lisäsimme rakennuksen välipohjaan ylimääräiset anturit, jotta pystyimme seuraamaan, palaako välipohja puhki. Rakennuksen oviin sahattiin noin 5x5 cm aukot savusukellusparin työjohtoa varten, jotta ovet saadaan täysin kiinni.

Varsinaisena tutkimuspäivänä rakensimme alkupalot molempiin huonetiloihin, alkupaloina käytimme edellisistä koepoltoista tuttuja koivupuuklapeja 25 kumpaankin alkupaloon. Alkupalot sijoitettiin rakennuksessa valmiiksi olleen irtaimiston lähelle siten, että se lähtisi leviämään huonekaluihin ja rakenteisiin. Alkupalo sytytettiin käyttäen 1 litra Liave-sytytysnestettä ja kaasutohoa.

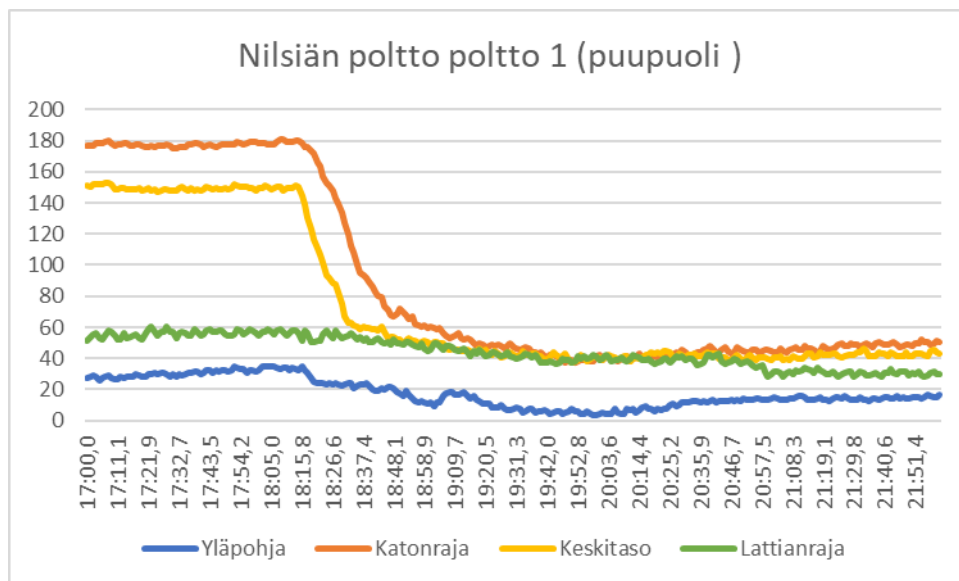
Molemmissa koepoltoissa tehtiin sammutushyökkäys rakennukseen ulkoapäin käyttäen hyökkävää Fognail-pistosuihkuputkea kohdistettuna alkupalon yläpuolelle yläviistoon

edellisen tutkimuksen tulosten perusteella. Suorituksia seurattiin rakennuksen sisäpuolelta kahden savusukeltajan, lämpökameran ja kypäräkameran voimin sekä rakennuksen ulkopuolelta lämpökameraa, aistihavaintoja sekä DasyLab-termoparilankamittausta apuna käyttäen.

Ensimmäisessä koepoltossa, joka sijoittui rakennuksen puurakenteiseen osaan, palo lähti kehittymään alkupalosta hyvin, mutta savunmuodostus tilassa pysyi savusukeltajien havaintojen ja videokuvamateriaalin perusteella heikkona. Tilaan muodostui paljon vesihöyryä, joka aiheutui rakennuksen kosteudesta. Näkyvyys tilassa säilyi hyvänä sammutusiskun aloittamiseen asti. Palon annettiin kehittyä 15 minuutin ajan sytytyshetkestä, minkä jälkeen aloitettiin sammutusisku savusukeltajien käskyllä.

Sammutusiskun kesto oli 70 sekuntia. Isku lopetettiin, kun savusukeltajat sisällä ilmoittivat, että palo on sammunut ja lämpötila oli laskenut riittävästi. Olosuhteita tarkkailtiin sekä visuaalisesti, lämpökameralla, aistihavainnoilla että DasyLabin termoparilankojen arvoja seuraamalla ulkopuolelta. Myös rakennuksen ulkopuolella työskentelevät henkilöt havainnoivat olosuhteita ja ilmiöitä rakennuksen ulkopuolelta.

Rakennuksen sisäpuolella havaittiin, että palo sammui nopeasti. Kuvan 17 lämpötiläkäyristä näkyy lämpötilojen lasku. Palon loimotus hävisi sekunneissa, ja tila täyttyi vesihöyryllä niin, että näkyvyys hävisi ja lämpötila laski. Lämpökameralla olosuhteita tarkkailtaessa havaittiin, että alkupalo ja alkupalon yläpuoliset palavat materiaalit sammuiivat ja jäähtyivät hyvin, mutta palo oli ehtinyt levitä kattoa pitkin laajemmalle alueelle, kuin mihin hyökkäävän Fognail-pistosuihkuputken sammutusvesikeila levisi. Ongelmaan keksittiin ratkaisu poraamalla halkaisijaltaan hieman isompi reikä Fognail-pistosuihkuputkelle, jota voidaan näin käännettä ulkoapäin ja jäähdyttää laajempaa aluetta. Rakennukselle ei tästä isommasta reiästä aiheudu käytännössä yhtään isompaa vauriota, ja reiän poraamiseen ei kulu enempää aikaa.



Kuva 17 Lämpötilakäyrät poltto 1, puupuoli

Toisessa poltossa alkupalo lähti kehittymään täyden palon vaiheeseen huomattavasti nopeammin kuin ensimmäisessä poltossa. Lämpötilat tilassa nousivat nopeasti, ja palokaasut levittivät palavia haldex-kattolevyn palasia ympäri tilaa sytyttäen helposti syttyvät materiaalit tilassa palamaan. Tila täyttyi nopeasti tummalla savulla, ja näkyvyys hävisi täysin. Kuitenkin tutkimuksemme kannalta ongelmalliseksi muodostui se, että kyseinen tila oli niin tiivis, ettei palo saanut tämän nopean alun jälkeen tarpeeksi happea kehittyäkseen pidemmälle, vaan alkupalo ja palot tilassa sammuiivat. Palofysikaalisesti tämä tilanne selittyy sillä, että tilassa on liian rikas savukaasuseos, jolloin palaminen ei ole mahdollista ennen kuin tilaan saadaan lisää happea. Tilannetta pyrittiin korjaamaan koekeskelmämme takia antamalla palolle happea ulko-ovesta, mutta palo ei enää lähtenyt tästä kehittymään odottelusta huolimatta. Tämän takia suoritus päättyi uusimaan, koska ikkunat olivat pysyneet ehjänä ja palo ei levinnyt yläpohjaan.

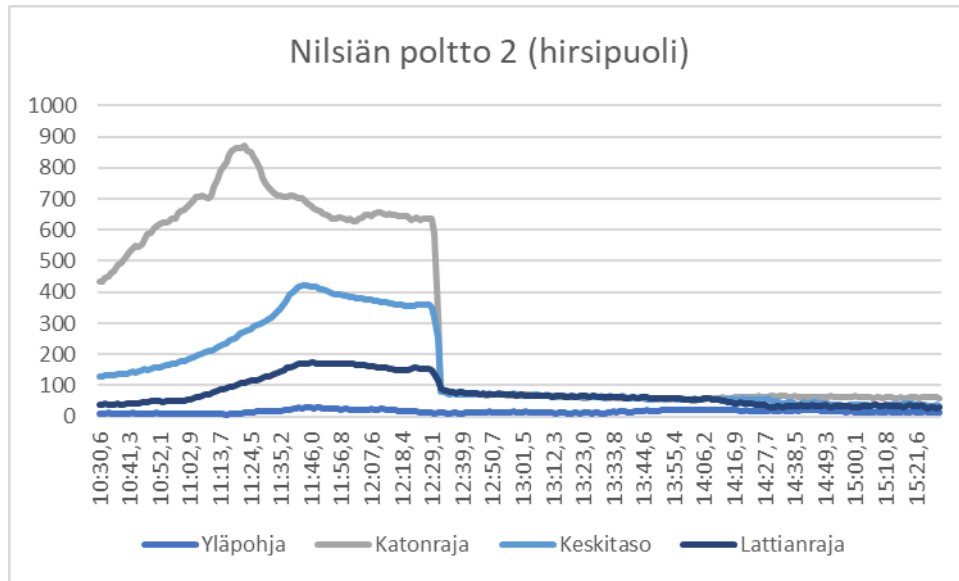
Savusukeltajien paineilmahengityslaitteen pullon vaihdon ja tilan ylipainetuuletuksen jälkeen latasimme alkupalon uudelleen ja sytytimme sen käyttäen saman määrän Liave-sytytysnestettä ja sytytysmateriaaleja. Jälleen palo lähti alkupalon syttymisen jälkeen kehittymään todella nopeasti, ja tila täyttyi jälleen mustasta savusta, joka sotki niin maskin lasit kuin kypäräkameran ja lämpökameran linssin. Savusukeltajan ei ollut enää käytännössä mahdollista lukea lämpökameran näyttöä, koska paineilmahengityslaitteen maskin

lasin läpi ei siitä saanut mitään selvää. Tämä sotkeutuminen johtui mitä todennäköisimmin tilassa olleista keinokuitumateriaaleista, jotka haldex-levyn kappaleet sytyttivät palamaan. Kuvassa 18 näkyy sisällä olleen tarkkailijan varusteiden nokisuuden.



Kuva 18 Valkoinen Gallet-kypärä ja Dräger PSS-7000-maski toisen polton jälkeen

Edellisestä hiipuneesta ja tukahtuneesta palosta viisastuneena palolle annettiin hieman happea ulko-ovesta siinä vaiheessa, kun anturointien ja savusukeltajien havaintojen perusteella palo alkoi hiipua ja liian rikas savukaasuseos täytti palotilan. Ensimmäiseen kokonaiseen polttoon verrattuna tilassa oli todella kuuma, ja sisällä olevien savusukeltajien olosuhteet olivat sellaiset, että tilasta olisi ollut pakko poistua, mikäli lämmöt tilassa olisivat vielä nousseet.



Kuva 19 Lämpötilakäyrät poltto 2, hirsipuoli

Välittömästi sammuttamisen aloittamisen jälkeen alkupalon viereinen yksikerrosikkuna hajosi lämmön ja ylipaineen vaikutuksesta. Tästä huolimatta yhdellä hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella palotilan lämmöt saatiin laskettua hyvin alas, ja palon kehittyminen hiipui. Kuvasta 19 näkyy tehokas lämpötilojen aleneminen. Alkupallo sammui, ja alkupalon yläpuolinen yläpohja saatiin jäähdytettyä aiempaa tehokkaammin, koska Fognail-pistosuihkuputkelle porattiin hieman isompi reikä, jolloin sitä voitiin käänellä.

Tiloihin aloitettiin savutuuletus ylipaineisesti ulko-ovelta käyttäen säiliösammutusauton sähkökäyttöistä savutuuletinta. Tuuletusaukko syntyi tässä tapauksessa luonnollisesti alkupalon viereen, koska ikkuna rikkoontui aloitettaessa sammutusisku. Savutuuletuksen aikana sammutusta tai jäähdytystä Fognail-pistosuihkuputkella ei jatkettu, minkä seurauksena tilaan syntynyt virtaus sytytti alkupalon uudelleen palamaan. Tämä aiheutuu siitä, että samalla kun palotilaa tuuletetaan savuttomaksi, tilaan virtaa sen tilalle ilmaa. Samanaikaisesti huonetilasta poistuu myös vesihöyry, joka estäisi palon uudelleen syttymisen sen tukahduttavan vaikutuksen takia. Palamisen edellytykset täytyvät uudelleen ja alkupallo syttyy.

Yllä mainittu alkupalon uudelleen syttyminen on asia, joka vaatii tarkkailua. Sitä voidaan kuitenkin tehokkaasti estää jäähdyttämällä alkupaloa vedellä samalla kun savutuuletetaan. Savutuulettaa voidaan monella eri tavalla, esimerkiksi käyttämällä Fognail-pistosuihkuputkea sille poratusta reiästä tai hajonneesta ikkunasta, käyttäen perinteistä



suihkuputkea ikkunasta tai vaikka sumuttamalla vettä savutuulettimen aikaansaamaan ylipaineiseen ilmavirtaan.

Savutuulettamalla ylipaineisesti tila saadaan kuitenkin savuttomaksi ja olosuhteita tilassa voitiin ainakin tässä palossa seurata myös ulkopuolelta aistihavaintojen avulla sekä lämpökameraa apuna käyttäen. Kun alkupalo syttyy, uudelleen, se alkaa loimottaa oranssi-punaisena, joten se on mahdollista huomata myös vesihöyrypilven läpi. Kun tila on saatu savutuuletettua savuttomaksi, voidaan se jälkiraivata käyttäen suojaustasona paineilmahengityslaitetta ja sammutusasua. Tämä ei kuitenkaan ole pelastussukellusohjeen mukaista savusukellusta, vaan jälkiraivausta, jota voi tehdä henkilö, joka on koulutettu ja kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta suojaimena.

Jälkiraivauksen jälkeen tiloissa aloitettaisiin jälkivahingontorjunta, palontutkinta sekä jälkivartiointi. Nämä toimenpiteet tehtäisiin tapauskohtaisesti joko palokunnan tai yhteistyötoimijoiden tekemänä täysin tilanteen ja saatavilla olevien resurssien mukaan.

## 12. YHTEENVETO TUTKIMUSTULOKSISTA

Toimiiko Fognail-pistosuihkuputkilla ulkoapäin sammuttaminen käytännössä? Jos ei, niin hillitseekö tai rajoittaako se tehokkaasti paloa?

Pelastusopiston harjoitusalueella Hirsitalosimulaattorissa suoritettujen kokeiden perusteella paras menetelmä on käyttää hyökkävää pistosuihkuputkea ja suunnata se oletetun alkupalokohteen yläpuolelle katonrajaan (kuumin piste). Nilsiän tutkimuspäivänä keskityimme tähän aikaisemmin tehokkaimmaksi todettuun Fognail-pistosuihkuputken selviytymalliin.

Nilsiän talonpolttokokeissa Fognail-pistosuihkuputki ei kyennyt täysin sammuttamaan paloa, mutta suoritukset olivat vertailukelpoisia normaaliin pienpisarasammutusmenetelmällä suoritettavaan sammutushyökkäykseen.

Ensimmäisessä koepoltossa alkupalo ja alkupalon yläpuolinen palopatsaan kuumentama alue sammuvat ja jäähtyvät, mutta palokaasut kuumensivat välipohjaa laajemmalla alueelta, kuin mihin hyökkävään Fognail-pistosuihkuputken sammutusvesisuihku kohdentui 32 mm reiästä. Ongelman voi ratkaista poraamalla seinään halkaisijaltaan isomman reiän, esimerkiksi 45 mm, jolloin sammuttaja voi käännellä vesisuihkua ja jäähdyttää laajemmalla alueelta. Myös poraamalla seinään useita reikiä voidaan jäähdytysvaikutusta tehostaa ja kohdentaa paremmin. Joka tapauksessa palotilaan saatiin sellaiset olosuhteet, että savutuuletuksen aloittaminen oli mahdollista, ja kohdistamalla tilaan aika-ajoin kesken savutuuletuksen uusia Fognail-iskuja palo ei enää levinnyt tai kehittynyt uudelleen, vaan tila saadaan tuuletettua savuttomaksi, minkä jälkeen voidaan aloittaa normaali jälkiraivaus ja sammuttaa ja jäähdyttää loput kytevät pesäkkeet perinteisesti työjohdolla tai kantamalla ne ulos. Mikäli savutuuletuksen aikana ei jäähdytetä, on vaarana, että alkupalo tai kytevät pesäkkeet syttyvät uudestaan liekkipaloon. Sama tilanne syntyy käytettäessä perinteistä pienpisarasammutusta, jonka jälkeen siirrytään savutuuletukseen ja palotilaan syntyy virtaus suihkuputkituuletuksen tai koneellisen savutuuletuksen seurauksena.

Toisessa koepoltossa palo sammui ja jäähtyi hyvin siitä huolimatta, että tilan ikkuna hajoosi paineen ja lämpötilan seurauksena.

Meidän toimintamallillamme Fognail-pistosuihkuputki rajoitti erittäin tehokkaasti palon muodostumista ja toi merkittävästi lisää aikaa varsinaiselle sammutushyökkäykselle. 70 l/min vesivuota riittää rajoittamaan tehokkaasti paloa, jos ikkunat ovat säilyneet ehjänä ja ovet ovat suljettuna.

Mitkä ovat työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?

Lähiesimiehen tehtävänä on arvioida onnettomuuspaikan olosuhteet ja tehdä päätös, mikä toiminta on soveltuvin ja turvallisoin käytössä oleviin resursseihin ja välineisiin nähden peilaten kuitenkin asiaa niillä saavutettavaan hyötyyn. Myös yksilön vastuu ilmoittaa jonkin työn olevan liian vaarallista tai sen ettei hänellä ole osaamista tai kykyä johonkin, on muistettava.

Pelastustoiminnassa joudutaan välillä tekemään ratkaisuja, joissa otetaan riskejä. Palavan rakennuksen ulkopuolella työskentely paineilmalaitetta käyttäen on kuitenkin tehtävä, josta sammutustyökurssin käyneen ja paineilmahengityslaitetta käyttämään kykenevä voi suoriutua rikkomatta ohjeita tai lakeja. Myös jälkiraivaus, jota tehdään käyttäen paineilmahengityslaitetta, on sallittu, mikäli henkilö on kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta ja tilat ovat savuttomia. Haasteena on saada ulkoapäin selville, ovatko tilat täysin savuttomia sekä miten seurataan, ettei savutuuletuksen aikana alkupalo syty uudelleen, jos palopaikka ei ole näkyvillä rakennuksen luonnollisista aukoista. Tällöin voidaan kuitenkin suihkuttaa palotilaan aika-ajoin lisää vettä varsinaisen savutuuletuksen aikana ja sen jälkeen käyttäen samaa hyökkävää Fognail-pistosuihkuputkea, jolloin ei aiheuteta tilaan niin suuria vesivahinkoja kuin käytettäessä perinteisempää suihkupuutkisammusta.

Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia (alkupalon sammuttaminen, jälkiraivauksen aloittaminen?)

Toimintamahdollisuudet ovat tehtyjen tutkimuksien ja aiemmin päällystökurssilla tehtyjen testien perusteella olemassa, mutta koska jokainen tulipalo on yksilö, emme voi taata,

että kaikissa tilanteissa ja paloissa palon sammuttamisesta voidaan suoriutua kokonaisuudessaan ilman savusukellusta, mutta teoriassa mahdollisuus on olemassa seuraavalla kaavalla:

Tiedustelu ulkoapäin – päätös – käsky – Fognail - pistosuihkuputkiselvitys kohteeseen-sammutusisku kesto noin 120 sekuntia tarkkaillen palokaasujen väriä ja kohdetta ulkoapäin – savutuuletin ulko-ovelle - kohteen tuuletus ylipaineella – alkupalon tarkkailu ja mahdollinen jälkisammutus suihkuputkella ulko-ovelta - tuuletuksen jälkeen jälkiraivaus.

Vaikka tilannetta ei aina kyetä hoitamaan kokonaan loppuun asti ilman savusukellusta, menetelmällä voidaan kuitenkin rajoittaa tehokkaasti palon kehittymistä ja leviämistä, jolloin edetään yllä mainitun kaavan mukaisesti sammutusiskuun asti, mutta jätetään savutuuletus ja jälkiraivaus toimintakykyisemmän pelastusyksikön hoidettavaksi. Tällöin on vain mietittävä, onko järkevää laskea vettä jatkuvasti kohteeseen siihen asti, kunnes aloitetaan varsinainen savusukellus, vai lasketaanko vettä esimerkiksi 120 sekuntia, minkä jälkeen tarkkaillaan palokaasujen väriä ja jatketaan tai toistetaan sammutusiskua tarvittaessa.

On myös huomioitava, ettei tämä menetelmä korvaa missään tapauksessa ihmishenkiä pelastavaa savusukellusta tai etsintää palavaan rakennukseen, mutta tällaisissa tilanteissa on toimittava tilanteen edellyttämällä tavalla. Tätä menetelmää voidaan kuitenkin käyttää, vaikka tilannepaikalla olisikin riittävästi savusukelluskelpoista henkilöstöä, mutta ei ole pakko aloittaa savusukellusta esimerkiksi romahtamisvaaran takia tai silloin, kun tiedetään, ettei sisällä ole varmasti pelastettavia.

Tuottaako lämpökamera lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin verrattuna pelkkään paljain silmin tehtävään tiedusteluun?

Tutkimuksessa lämpökamerasta ei saatu olennaista hyötyä ulkoapäin tiedusteltaessa. Käytännössä normaaleilla havainnoilla ilman apuvälineitä saadaan enemmän tietoa kuin käytettäessä lämpökameraa. Sama havainto tuli esille jo harjoitusalueella tehdyissä koe-poltoissa, mutta asia päätettiin tutkia myös autenttisessa rakennuksessa sen erilaisen välipohjan ja lasi-ikkunoiden takia.

Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin. Nykyisten savusukelluskäyttöön tehtyjen lämpökameroiden lämpötilan erottelukyky on luokkaa  $0,05^{\circ}\text{C}$ . Eri materiaalit sitovat, heijastavat ja läpäisevät lämpösäteilyä eri tavalla, mikä vaikuttaa lämpökameran näkymään. (Ala-Kokko 2008, s28.)

Lämpökameran toimintaperiaate perustuu lämpösäteilyyn, jota vastaan talon rakenteet ovat suunniteltu. Energiataloudellisuuden takia talot eristetään, ja samalla eristeet estävät lämpökameran toiminnan. Meidän tutkimuskohteenamme oli iäkäs talo, jossa oli 2-kerroksiset lasit. Nämä vanhat 2-kerroksiset lasit myös estivät kuitenkin jo tehokkaasti lämpökameran toiminnan eristämällä alkupalosta syntyvän lämpösäteilyn. Ihmissilmä erotti palokaasuissa muodostuvat valumajäljet nopeasti sisemmän lasin pinnalla. Nämä valumajäljet erottuivat nopeasti alkupalon syttymisen jälkeen, ja lämpökamera havaitsi lämpötilamuutoksen vasta minuutteja myöhemmin.

Lämpökameralla tiedusteltiin myös räystääslinjoja, koska lämpö nousee ylöspäin. Savukaasut läpäisivät räystääslinjan eristykset nopeammin kuin huomattava lämpötilan nousu. Räystääslinjan alta alkoi erottumaan savua useita minuutteja aikaisemmin, ennen kuin lämpökameralla pystyi havaitsemaan lämpötilan nousun.

Johtopäätöksenä tutkimuksen perusteella voimme pitää sitä, ettei lämpökamera tuota olennaista lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin. Rakennuksien eristeet estävät lämpökameran toiminnan eristämällä alkupalosta lähtevän lämpösäteilyn mihin lämpökameran toiminta perustuu. Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin (Ala-Kokko 2008, s28.) Ihmissilmä on erittäin tehokas ja monipuolinen elin havaitsemaan pienimmätkin savuhavainnot rakenteista. Ensimmäinen havainto rakennuksessa olevasta palosta tässä testissä oli kuvan 20 kaltaiset valumajäljet huoneen sisimmän lasin sisäpinnalla, ja pian sen jälkeen alkoivat erottumaan kuvan 21 kaltaiset savukiehkurat, jotka tulivat räystääslinjan luota seinärakenteista ja ikkunanpielistä.



Kuva 20 Valumajäljet ikkunalasissa      Kuva 21 Savukiehkura ikkunan pielestä

### 13. JATKOTOIMENPITEET JA KEHITTÄMINEN

Jotta Fognail-pistosuihkuputkia pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaasti pelastustoiminnassa, on niistä ja niiden käyttömahdollisuuksista jaettava tietoa ja järjestettävä koulutusta. Mitään menetelmää ei voida tehokkaasti hyödyntää, jos ei sen käyttöä ole harjoiteltu. Isosta osasta Suomen ensilähdön pelastusyksiköistä kuitenkin löytyy jo nyt välineet Fognail-pistosuihkuputkiselvityksen tekemiseen, ja ne eivät ole kalliita hankkia.

Koulutuksen ja käyttömahdollisuuksien parantamisen tueksi olemme laatineet osaksi opinnäytetyötämme kuvalliset ohjeet Fognail-pistosuihkuputken käytöstä huoneisto- ja rakennuspalon sammuttamiseen. Lisäksi Pelastusopistolla on aiemmin tuotettu Pelastustoimen täydentävät sammutusmenetelmät-hanke (PEKKS), jossa on annettu ohjeet pistosuihkuputkiselvityksen tekemiseen.

Mietittävää ja kehitettävää pelastustoimen operatiiviselle kentälle olisi se, että myös ei pelastussukelluskelpoista henkilöstöä tulisi ottaa mukaan talonpolttoharjoituksiin, joissa kokeiltaisiin ja harjoiteltaisiin käyttämään näitä menetelmiä autenttisissa olosuhteissa. Menetelmien käyttöä voitaisiin myös harjoitella esimerkiksi perinteisen savusukelluskontin yhteydessä, mutta ongelmana on se, että metallirakenteinen kontti ei anna oikeaa kuvaa perinteisen asuinrakennuksen materiaalien ja veden reagoimisesta. Metallia kuumenee kauttaaltaan niin paljon, ettei vesisuihkua tarvitse erityisesti suunnata, vaan riittää, että se osuu kuumalle pinnalle, jolloin vesisumu höyrystyy täyttäen kontin vesihöyryllä ja palotukahtuu ja sammuu.

Tällaiselle henkilöstölle olemme myös halunneet kuvata videon palavan huoneiston sisältä. Videolla näytetään, mitä käytännössä tapahtuu. Menetelmästä ja sen käytöstä saadaan maksimaalinen hyöty, kun se koulutetaan mahdollisimman monelle ihmiselle, jotka ovat kykeneviä sitä käyttämään (pelastussukelluskelvottomia unohtamatta). Hyvin usein palokuntien käytännön tulipalon sammutusharjoitukset on järjestetty vain pelastussukelluskelpoisille, mutta mielestämme olisi perusteltua järjestää niitä myös muille heille soveltuvalla sisällöllään. Mikään ei estä ottamasta mukaan myös pelastussukelluskelpoisia suorittamaan samalla omaa harjoitustaan ja varmistamaan menetelmän toimivuutta.

## 14. POHDINTA

Johtopäätöksenä tutkimuksen perusteella voimme pitää sitä, ettei lämpökamera tuota olennaista lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin. Rakennuksien eristeet estävät lämpökameran toiminnan eristämällä alkupalosta lähtevän lämpösäteilyn, johon lämpökameran toiminta perustuu. Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin (Ala-Kokko 2008, s28). Ihmissilmä on erittäin tehokas ja monipuolinen elin havaitsemaan pienimmätkin savuhavainnot rakenteista. Ensimmäinen havainto rakennuksessa olevasta palosta on valumajäljet huoneen sisimmän lasin sisäpinnalla ja pian sen jälkeen alkavat erottumaan savukiehkurat, jotka tulevat räystäslinjan luota seinä rakenteista tai ikkunanpielestä.

Lämpökameran hyödynnettävyyttä rajoittaa tällä hetkellä se, että ihmisen täytyy sitä pitää kädessään ja lukea näyttöä samalla. Jos kamera saataisiin jotenkin palavan tilan sisäpuolelle, lämpökameran hyödynnettävyys olisi erinomainen tiedustelun tukena. Tällöin palotilan tiedustelu ja mahdollisten uhrien löytäminen onnistuisi ilman ihmisen sisälle menemistä.

Pelastustoimen muissa tehtävissä rakennuspalokohteessa lämpökamera on vakiinnuttanut ansaitusti paikkansa. Lämpökamera on erinomainen lisä sammutustehtävissä rakennuksen sisällä siellä missä savu rajoittaa tehokkaasti näkyvyyden. Lämpökamera tuottaa tällaisissa olosuhteissa hyvän näkyvyyden verrattuna paljaaseen ihmissilmään. Osaava käyttäjä kykenee tulkitsemaan lämpökameran kuvaa niin tehokkaasti, että kuva on verrattavissa lähes savuttoman tilan näkyvyyteen. Lämpökamera on kuitenkin tekninen laite, joka voi mennä rikki, hukkua tai sen toiminnassa voi ilmetä häiriöitä. Kaikissa olosuhteissa ei myöskään ole mahdollista lukea lämpökameran näyttöä, joten on osattava käyttää myös muita menetelmiä palon merkkien ja kehityksen lukemiseen sekä varmistettava poistumisen osalta reitti ulos säilyttämällä kontakti letkuun sekä sammutuspariin.



Rakennuspalokohteen jälkiraivauksessa lämpökamera on myös erinomainen lisä. Lämpökameran avulla voidaan varmistaa, ettei raivattuihin rakenteisiin jää enää kuumia pesäkkeitä ja niiden löytymistä voidaan helpottaa. Sen avulla voidaan myös tarkkailla lämpötilankehitystä ja mahdollista uudelleensyttymistä savutuuletuksen aikana.

Tutkimuksiemme perusteella Fognail-pistosuihkuputkilla on mahdollista sammuttaa tulipalo ulkoapäin ilman savusukellusta. Menetelmää käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon, että jokainen rakennus ja palo on yksilöllinen, joten mitään kaikkisiin paloihin ja rakennuksiin soveltuvaa ”pullataikinareseptiä” ei ole olemassakaan. Lisäksi menetelmää on harjoiteltava ennakkoon, jotta sitä osattava käyttää sujuvasti. Vaikka kyseistä menetelmää käyttäen ei aina paloa saada täysin sammutettua esimerkiksi väliseinien takia, menetelmää käyttämällä pystytään kuitenkin hillitseämään ja rajoittamaan paloa tehokkaasti, jolloin saadaan lisää aikaa kohteeseen saapuville pelastussukelluskelpoisille. Lisäksi vahingot rajoittuvat pääasiassa palavaan huoneistoon ja vesivahingot ovat pienemmät mallittaisen vedenkulutuksen ja tehokkaamman höyrytymisen takia verrattuna suihkuputken jatkuvalla vesivirralla suoritettavaan sammutukseen tai jäähtytykseen. (Fognail 70 l/min, suihkuputki C-liittimellä ~500 l/min)

Menetelmä onkin yksi työkalu lisää pakkiin, jota voivat hyödyntää niin pelastussukelluskelpoiset kuin henkilöt, jotka ovat kykeneviä käyttämään paineilmahengityslaitetta. Menetelmä ei kuitenkaan korvaa savusukeltamalla pelastamista, se ei poista palavasta tilasta palofysikaalisten ilmiöiden aiheuttamia tappavia olosuhteita. Negatiivisena asiana menetelmää käytettäessä tilat kuitenkin täyttyvät vesihöyryllä, joka vie näkyvyyden lähes kokonaan huonetilasta. Tällöin mahdollinen savusukellus myöhemmin on haastavampaa, mutta tilojen lämpötila saadaan laskettua tehokkaasti turvallisemmalle tasolle ja savukaasupatjan ja rikkaiden savukaasujen aiheuttama pistoliekin tai savukaasupatjan leimahdusvaara saadaan eliminoitua lähes täysin, joten sukeltaminen on kuitenkin työturvallisempaa. Tiloista saadaan syrjäytettyä pois myös vesihöyryn tilavuuden verran palokaasuja, joten tilan savukaasut eivät ole enää niin vaarallisia laimentuneen pitoisuuden takia.

## LÄHTEET

Ala-Kokko, V. 2008. *Savusukellusopas*. Pelastusopiston julkaisu nro 2/2008 Pelastusopisto. Kuopio.

Drystale, D. 1985. *An introduction to fire dynamics*, A Wiley-Interscience Publication Wiley J. Sons Ltd. St Edmunds.

*Asiakirjan tekstin asettelu ja tunnistetiedot*. SFS 2487. Vahvistettu 2007-03-05. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

Hyttinen, V, Tolonen, P, Väisänen, T. 2007. *Palofysiikka*, Pelastusopisto. Kuopio

Pelastuslaki 379/2011

Huttu, I. 2018. *Pelastusryhmän ensitoimenpiteisiin kuuluvat selvitykset sammutustehtävissä*. Kuopio.

*Pelastussukellusohje*, Sisäministeriön julkaisuja 48/2017. Helsinki.

Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje, Sisäministeriön julkaisuja 21/2012. Helsinki.

*Pelastustoiminnan käsitteitä*, Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston julkaisu 3/2016

Huttu, I. 2019. *Pelastusyksikön ensitoimenpiteitä täydentävät sammutusmenetelmät (PETS)*, Pelastusopisto. Kuopio.

Kuikka, T. 2018. *Pelastusyksikön ensitoimenpiteitä täydentävät sammutusmenetelmät*. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Kuopio.

Vaari, J. 2004. *Sammutustekniikan luonnontieteelliset perusteet*, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Edita. Helsinki.

Sanastokeskus Tsk ry.2006. *Palo- ja pelastussanasto*. Sanastokeskus Tsk ry. Kerava

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta 407/2011.

## LITTEET



Tutkimussuunnitelma Koepoltot 1 22.3.2019 opinnäytetyö 2019

Tutkimussuunnitelma Fognail-pistosuihkuputkien käyttö huoneisto- ja rakennuspalojen sammutukseen

Mikko Kivelä ja Harri Laukkanen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET	4
3	HANKKEEN TAVOITTEET	5
4	TOIMENPIDESUUNNITELMA	6
5	RISKIANALYYSI	8
6	HENKILÖSTÖ JA TYÖNJAKO	9
7	KALUSTO JA RESURSSIT	11
	LÄHTEET	12
	LIITTEET	13

## 1. JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään toimivin Fognail-pistosuihkuputki ja Fognail-pistosuihkuputkella käytettävä käyttökulma huoneistopalon sammutukseen osana opinäytetyöprosessia. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millä Fognail-pistosuihkuputkella ja Fognail-pistosuihkuputken kulmalla saadaan aikaiseksi paras sammutusvaikutus tulipaloon, kun palo on yhdessä huoneistossa, ja ikkunat ovat pysyneet ehjänä. Lisäksi tutkitaan ja tarkastellaan rakennuspalokohteen tiedustelua ulkoapäin lämpökameroita apuna käyttäen.

## 2. TUTKIMUSKYSYMYKSET

Mikä Fognail-pistosuihkuputken käyttötapa on paras huoneistopalon sammutukseen, kun palo on yhdessä huoneessa?

Kumpi Fognail-pistosuihkuputki (rajoittava/hyökkäävä) on parempi sammutusteholtaan?

Työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei henkilöstön vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?

Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla henkilöstön vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia? (alkupalon sammuttaminen, jälkirai-vauksen aloittaminen)?

Rakennuspalokohteen tiedustelu lämpökameraa käyttäen rakennuksen ulkopuolelta.



### 3. HANKKEEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuspäivän avainkysymyksenä on saada seulottua paras mahdollinen Fognail-pistosuihkuputken käyttömenetelmä huoneistopalon sammuttamiseen ulkopäin. Paremmuus todetaan mittaamalla ja seuraamalla lämpötiloja palotilassa sekä seuraamalla sitä, sammuuko palo.

Lisäksi tutkitaan rakennus-/huoneistopalo-kohteen tiedustelua ulkoapäin lämpökameroita apuna käyttäen. Tarkoituksena on verrata lämpökameralla tiedustelua visuaaliseen silmillä suoritettavaan tiedusteluun. Kysymyksenä on, saadaanko lämpökameralla lisäarvoa tiedusteluun. Tulos näytetään toteen kuvaamalla ja tarkastelemalla käsivaralla lämpökameralla rakennuksen räystäslinjoja, seiniä ja rakennuksessa olevia aukkoja.

Tutkimuksen tuloksia käytetään osana jatkotutkimusta oikeassa poltettavassa talossa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on seuloa paras mahdollinen menetelmä simulaattoriolosuhteissa. Tutkimukset ovat osa opinnäytetyöprosessia, jossa on tarkoitus tutkia rakennuspalokohteen tiedustelua sekä rakennus- ja huoneistopalon sammutusta Fognail-pistosuihkuputkella.

#### 4. TOIMENPIDESUUNNITELMA

Tutkimuspäivää edeltävänä päivänä 21.3.2019 tutkimuksen suorituskohteeseen eli hirsitaloon Pelastusopiston harjoitusalueella laitetaan rakennuspuhaltimet lämmittämään ja kuivattamaan simulaattoria. Lisäksi Dasy-labin termoparilangoille porataan valmiiksi reiät ja termoparilankojen suojat asennetaan paikoilleen.

Itse tutkimuspäivänä tehdään ensimmäisenä kuivaus-/lämmityspoltto tilaan, jolloin saadaan vakiinnutettua testiolosuhteet. Kuivaus/lämmityspoltossa testitilaan tehdään alkupalo, jota poltetaan niin kauan, että tiloissa oleva vesihöyry haihtuu ja rakenteet lämpenevät. Jokaisen suorituksen jälkeen tilat savutuuletetaan käyttämällä sähkökäyttöistä savutuuletinta sekä sammutusraivataan kantamalla palava tai palaneet materiaalit ulos. Tämän jälkeen ladataan uudelleen, ja jatketaan koepolttoja.

Suorituksessa hirsitalon keskimmäiseen huoneeseen ladataan neljä kappaletta lastulevyjä yhteen nurkkaan, näistä kaksi kappaletta sijoitetaan kattoon. Lisäksi alkupalona käytetään kaksikymmentäviisi standardikokoista koivupuuklapia sekä 1litra Liave-sytytysnestettä. Palotilanteessa huoneen ovet ja ikkunat ovat suljettuna.

Koepoltto aloitetaan sytyttämällä alkupalo ja laittamalla samaan aikaan kello käyntiin. Alkupalon annetaan kehittyä 10 minuuttia, minkä jälkeen huonetilaan kohdistetaan ennalta määritetty hyökkäys Fognail-pistosuihkuputkella. Hyökkäystä jatketaan 90 sekunnin ajan, minkä jälkeen hyökkäys keskeytetään, mitataan tilasta lämpötilat ja arvioidaan olosuhteet. Tämän jälkeen tehdään palotilaan savutuuletus savutuulettimella ja palaute-taan testiolosuhteet ennalleen.

Päivän aikana toteutetaan seuraavat suoritukset:

-Fognail-pistosuihkuputki rajoittava 90 asteen kulmassa

- Fognail-pistosuihkuputki hyökkäävä 90 asteen kulmassa

-Fognail-pistosuihkuputki hyökkäävä 45 alkupalon yläpuolelle katon rajaan

Jokaisesta suorituksesta täytetään seuranta-pöytäkirja, johon kirjataan kellonaikoja ja muita havaintoja kokeesta. Lisäksi kokeet videoidaan tallentavilla lämpökameroilla erikseen sovitusta taktisista näkökulmista. Seuranta-pöytäkirja on liitteenä tämän suunnitelman lopulla. Sammutustoiminnan saa aloittaa, kun alkupalo on kehittänyt riittävän pitkään (10 minuuttia sytytyshetkestä). Mitattavaksi suureeksi muodostuu tällöin lämpötilojen seuraaminen DasyLab-mittauslaitteiston avulla huonetilassa, sekä visuaalinen savurajan/näkyvyyden arviointi.

Kokeen aikana palavassa huoneistossa on sisällä henkilöt savusukellusvarustuksessa seuraamassa tilannetta lämpökameran kanssa ja ulkona kaksi henkilöä savusukellusvarustuksessa kirjaamassa ja toteuttamassa sammutushyökkäyksiä sekä savutuuletusta. Kohteen ulkopuolelle rakennusta tiedustellaan lämpökameralla käsivaralta, jolla pyritään paikantamaan alkupalo ja löytämään palon merkkejä. Jälkiraikaus hoidetaan yhdessä.

Sammutushyökkäyksessä käytetään valmistajan suosittelemaa suihkupainetta 6 bar, jolloin vedenkulutus on 70 l/min. Tällöin tilaan saadaan varmasti tarpeeksi vesihöyryä, jotta palon tulisi tukehtua ja jäähtyä, mikäli vesi saadaan kohdistettua oikeaan paikkaan ja se pääsee höyrystymään ja ei valu lattialle.

## 5. RISKIANALYYSI

Työturvallisuus on tärkeää ja varsinkin pienillä vahvuuksilla toimittaessa yksittäisen henkilön työtehtävät lisääntyvät, ja mahdollisessa vahinko- tai vaaratilanteessa ei apua ole lähellä saatavilla. Pienet henkilöstömäärät asettavat myös rajoituksia sille, voidaanko esimerkiksi savusukellusta aloittaa ja toiminnan käynnistäminenkin ottaa oman aikansa. Henkilöt, jotka osallistuvat tämän tutkimuksen tekemiseen, ovat savusukelluskelpoisia ja tuntevat työhön liittyvät ohjeet ja rajoitukset. Tarkoitus on tehdä tutkimus niin, että ohjeita ja rajoituksia myös noudatetaan, koska muuten tutkimuksen tekemisestä ei ole mitään hyötyä ja asetetaan henkilöitä turhaan vaaraan. Ulkona olevat henkilöt, jotka eivät osallistu sisäolosuhteiden tarkkailuun, toimivat tutkimuksen aikana nimettynä suojajapina. Sisällä olevilla henkilöillä on työsuihku mukana turvasuihkuna.

Tutkimuksen tekemiseen liittyy normaalit sammutustoimintaan liittyvät turvallisuusriskit kuten liukastuminen, kompastuminen, paineelliset letkut, mahdollisen savusukelluksen aiheuttamat riskit ja niin edelleen. Nämä asiat on otettava huomioon tutkimusta tehdessä, ja tavoitteena on tehdä suoritukset niin turvallisesti kuin on mahdollista ja varmistaa kaluston ja laitteiden kunto ennen tutkimuksien aloittamista. Jokainen, joka havaitsee vaaran, on velvollinen ilmoittamaan siitä, keskeyttämään toiminnan ja aloittamaan tilanteen vaatimat toimenpiteet. Toiminta keskeytetään huutamalla ”TOSI VAARA”, joka tulee toistaa, mikäli kuulee huudon. Harjoituksen nimetty johtaja aloittaa välittömän tiedustelun kuullessaan toimintaa keskeyttävän huudon, mistä toiminnan keskeytys johtuu. Tutkimuksessa on noudatettava Pelastusopiston turvaohjeita harjoituksiin, esimerkiksi paineellisten letkujen alueella oleskelevien henkilöiden on käytettävä kypärää, vaikka eivät osallistu harjoitukseen. Lisäksi koska kyseessä on tutkimus, miehitetään sammutusauton pumppu aina vähintään yhden henkilön läsnäololla, mikäli tapahtuu letkurikko tai muu vaarantava tapahtuma.

## 6. HENKILÖSTÖ JA TYÖNJAKO

Hankkeeseen osallistuvat seuraavat AMK N16 kurssin opiskelijat:

Mikko Kivelä

Harri Laukkanen

Valtteri Aulakoski

Lisäksi seuraavat Pelastusopiston TKI-yksikön työntekijät:

Marko Hassinen

Pekka Toivanen

Työnjako harjoitusalueella on seuraava:

M. Kivelä toimii lataajana, sytyttäjänä ja tilan tarkkailijana sisällä. Viestii olosuhteista ja muutoksista ulos Virven avulla.

H. Laukkanen toimii Fognail-pistosuihkuputken käyttäjänä ulkopuolella, sekä arvioi olosuhteita, tiedustelee lämpökameralla ulkoapäin ja kirjaa tuloksia. Lisäksi muodostaa suo-japarin yhdessä Hassisen kanssa.

V. Aulakoski toimii tulosten kirjaajana, Dasy-labin käyttäjänä, ajanottajana, savusukellus-valvojana ja yleismiehenä.

M. Hassinen toimii koulun yhteyshenkilönä ja vastuullisena valvojana.

P. Toivanen toimii toisena tarkkailijana rakennuksen sisällä.

Tutkimuksen jälkitoimenpiteet:

Tutkimuksen kaikki suoritukset videoidaan lämpökameroilla ja tehtävät kellotetaan. Tarvittaessa näistä videoista editoidaan, jotta myöhemmin voidaan arvioida toiminnan luotettavuutta, virhemarginaaleja tai niitä voidaan jopa hyödyntää koulutuskäytössä.

Tutkimuksen tulokset raportoidaan jatkotutkimuksia ja opinnäytetyötä varten kirjalliseen muotoon. Lisäksi Dasylabista otetaan palokäyrät ja lämpötilat ulos johtopäätöksien teke- mistä varten.

## 7. KALUSTO JA RESURSSIT

-Harjoitusalueen hirsitalo + 3 sammutushyökkäykseen tarvittava palokuorma. Palokuorma mitattavissa suorituksissa on 4kpl lastulevyä sekä 25kpl standardoitua koi-vuklapia / suoritus. Sytyttäminen tapahtuu Liave-sytytysnesteellä.

- sammutusauto ZR501

- Fognail-pistosuihkuputkisarja

-kypäräkamera

- 2x tallentavia lämpökamera

- 1kpl jalustoja/alustoja lämpökameroille

- 5kpl Virvepuhelin

- 2x sekuntikello

- digikamera

- Dasylab

- kahvinkeitin

## LÄHTEET

Hyttinen, V, Tolonen, P, Väisänen, T. 2007. *Palofysiikka*, Pelastusopisto. Kuopio

*Pelastussukellusohje*, Sisäministeriön julkaisuja 48/2017

Sammutus- ja pelastustekniikan opintojakson luentomateriaali



## LIITTEET

AIKA	LÄMPÖTILA MITTAUS- PISTE 1	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 2	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 3	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 4
0:00				
2:00				
5:00				
10:00				
15:00				
17:00				
20:00				

Huomiot:

Sammutushyökkäyksen kesto 90sekuntia



Kuva 1 DasyLab termoparilankojen sijainti hirsitalon kokeessa

Koepoltossa käytetään DasyLab-mittauslaitetta. Mittauksessa käytetään neljää termoparilankaa. Mittauslaitteen termoparilangat asennetaan kuvassa 1 sinisillä ympyröillä kuvatulla tavalla. Kaikki termoparilangat asennetaan 30 senttimetrin etäisyydelle seinästä ja 150 senttimetrin etäisyydelle polttopisteestä. Yksi termoparilanka tulee lattiatasolle, toinen katonrajaan ja kolmas niiden puoleen väliin. Neljäs termoparilanka sijoitetaan viereiseen nurkkaan 30 senttimetrin etäisyydelle seinistä ja puoleen väliin huoneen korkeutta (4. termoparilanka ei näy kuvassa)



Raportti Koepoltot 1 22.3.2019 opinnäytetyö 2019

Raportti Fognail-pistosuihkuputkien käyttö huoneisto- ja rakennuspalojen sammutukseen

Mikko Kivelä ja Harri Laukkanen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET	4
3	TUTKIMUSTULOKSET	7
4	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDESUUNNITELMA	11
	LÄHTEET	12
	LIITTEET	13

## 1. JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa pyrittiin tutkimaan lämpökameran käyttöä rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin ja selvittämään paras Fognail-pistosuihkuputki ja Fognail-pistosuihkuputken käyttökulma huoneistopalon sammutukseen osana opinnäytetyöprosessia. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko lämpökamerasta hyötyä tiedusteltaessa rakennuspalokohdetta ulkoapäin, kun rakennus on pysynyt vielä tiiviinä (ikkunat ehjänä, ovet suljettuna) sekä millä pistosuihkuputkella ja pistosuihkuputken kulmalla saadaan aikaiseksi paras sammutusvaikutus tulipaloon, kun palo on yhdessä huonetilassa ja ikkunat ovat pysyneet ehjänä.

## 2. TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tiedusteleminen lämpökameraa käyttäen rakennuksen ulkopuolelta?

Harjoitusalueella suoritettussa tutkimuksessa lämpökamerasta ei saatu olennaista hyötyä ulkoapäin tiedusteltaessa. Käytännössä normaaleilla havainnoilla ilman apuvälineitä saadaan enemmän tietoa kuin käytettäessä lämpökameraa. Tutkimusta jatketaan kuitenkin vielä talonpolton yhteydessä, koska hirsitalosimulaattorissa ei ole esimerkiksi lasisia ikkunoita ja rakennuksen välipohja ei ole verrannollinen normaaliin rakennukseen.

Mikä pistosuihkuputken käyttötapa on paras huoneistopalon sammutukseen, kun palo on yhdessä huoneessa?

Pelastusopiston harjoitusalueella hirsitalosimulaattorissa suoritettujen kokeiden perusteella paras menetelmä on käyttää hyökkävää pistosuihkuputkea ja suunnata se oletetun alkupalokohteen yläpuolelle katonrajaan (kuumin piste).

Kumpi pistosuihkuputki (rajoittava/hyökkävä) on parempi sammutusteholtaan?

Hyökkävällä pistosuihkuputkella saavutettiin parempia tuloksia riippumatta siitä, osuiko suihku optimaalisesti palokohteen yläpuolelle kuumimpaan pisteeseen vai ei. Rajoittavalla pistosuihkuputkella saatiin aikaisiksi enemmän vesivahinkoa, koska iso osa vedestä valuu suoraan lattialle pistosuihkuputkesta ja ei kuumiin palokaasuihin/alkupaloihin, jolloin vesisumu pääsisi höyrystymään ja jäädyttämään sekä tukahduttamaan paloa.

Työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?

Vajaalla vahvuudella työskenneltäessä on aina otettava huomioon voimassa olevat työturvallisuusmääräykset ja rajoitukset. Pelastusryhmän jäsenten henkilökohtaiset taidot ja osaaminen ovat keskiössä, kun tällaista toimintaa mietitään ja toteutetaan. Tämä menetelmä on vain yksi työkalu, jota voidaan käyttää olosuhteiden niin salliessa. Tilannepaikalla pelastustoimintaa johtavan henkilön kokemus on ratkaisevassa roolissa käytettävää menetelmää ja toimintamallia valittaessa. Menetelmiä ja ratkaisumalleja on myös syytä

ennalta harjoitella, koska tilannepaikalla niiden opettelu on myöhäistä ja niillä saatavaa etua ei saavuteta esimerkiksi, jos ikkunat ehtivät rikkoutua.

Lähiesimiehen tehtävänä on arvioida onnettomuuspaikan olosuhteet ja tehdä päätös, mikä toiminta on soveltuvin ja turvallisin käytössä oleviin resursseihin ja välineisiin nähden peilaten kuitenkin asiaa niillä saavutettavaan hyötyyn. Myös yksilön vastuu on ilmoittaa jonkin työn olevan liian vaarallista tai se, ettei hänellä ole osaamista tai kykyä johonkin on muistettava.

Pelastustoiminnassa joudutaan välillä tekemään ratkaisuja, joissa otetaan riskejä. Palavan rakennuksen ulkopuolella työskentely paineilmalaitetta käyttäen on kuitenkin tehtävä, josta sammutustyökurssin käyneen paineilmalaitteita käyttämään kykenevä henkilö voi suoriutua rikkomatta ohjeita tai lakeja. Myös jälkiraivaus, jota tehdään käyttäen paineilmahengityslaitetta, on sallittu, mikäli henkilö on kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta ja tilat ovat savuttomia. Haasteena on saada ulkoapäin selville, ovatko tilat täysin savuttomia sekä miten seurataan, ettei savutuuletuksen aikana alkupalo syty uudelleen, jos palopaikka ei ole näkyvillä rakennuksen luonnollisista aukoista.

Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia? (alkupalon sammuttaminen, jälkiraivauksen aloittaminen?)

Toimintamahdollisuudet ovat tehtyjen tutkimuksien ja aiemmin päällystökurssilla tehtyjen testien perusteella olemassa, mutta koska jokainen tulipalo on yksilö, ei voida taata, että kaikissa tilanteissa ja paloissa palon sammuttamisesta voidaan suoriutua kokonaisuudessaan ilman savusukellusta, mutta teoriassa mahdollisuus on olemassa seuraavalla kaavalla:

Tiedustelu ulkoapäin- päätös- käsky- pistosuihkuputkiselvitys kohteeseen- sammutusisku kesto 120 sekuntia tarkkaillen palokaasujen väriä ja kohdetta ulkoapäin – savutuuletin ulko-ovelle- kohteen tuuletus ylipaineella – alkupalon tarkkailu ja mahdollinen jälkisammutus suihkuputkella ulko-ovelta- tuuletuksen jälkeen jälkiraivaus.

Vaikka tilannetta ei aina kyetä hoitamaan kokonaan loppuun asti ilman savusukellusta, menetelmällä voidaan kuitenkin rajoittaa tehokkaasti palon kehittymistä ja leviämistä, jolloin edetään yllä mainitun kaavan mukaisesti sammutusiskuun asti, mutta jätetään savutuuletus ja jälkiraivaus toimintakykyisemmän pelastusyksikön hoidettavaksi. Tällöin on vain mietittävä, onko järkevää laskea vettä jatkuvasti kohteeseen siihen asti, kunnes aloitetaan varsinainen savusukellus, vai lasketaanko vettä esimerkiksi 120 sekuntia, minkä jälkeen tarkkaillaan palokaasujen väriä ja jatketaan tai toistetaan sammutusiskua tarvittaessa.

On myös huomioitava, ettei tämä menetelmä korvaa missään tapauksessa ihmishenkiä pelastavaa savusukellusta tai etsintää palavaan rakennukseen, mutta tällaisissa tilanteissa on toimittava tilanteen edellyttämällä tavalla. Tätä menetelmää voidaan kuitenkin käyttää, vaikka tilannepaikalla olisikin riittävästi savusukelluskelpoista henkilöstöä, mutta ei ole pakko aloittaa savusukellusta esimerkiksi romahtamisvaaran takia, tai tiedetään, ettei sisällä ole varmasti pelastettavia. Menetelmä on myös osoittautunut hyvin käyttökelpoiseksi sellaisten tilojen osalta, joihin ei ole mahdollista helposti savusukeltaa (välipohjan ontelot, ullakot yms.)

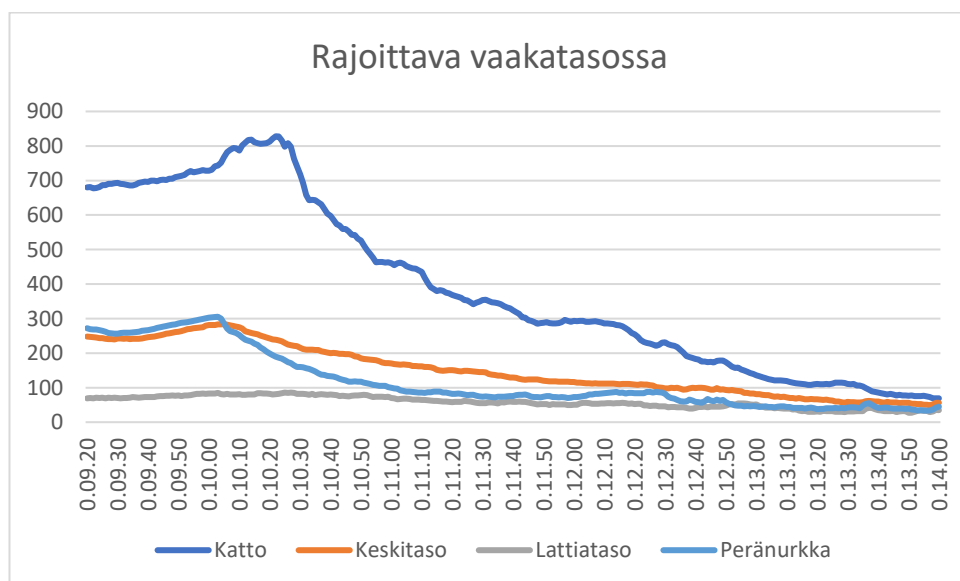


### 3. TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimuspäivänä suoritettiin tutkimussuunnitelman mukaisesti 3 koepolttoa, joissa vertailtiin eri menetelmien toimivuutta keskenään. Olosuhteet testipäivänä olivat seuraavanlaiset:

Päivämäärä 22.3.2019, sää: +1-+4 astetta Celsiusta ,tuuli: Luoteistuuli 7-9m/s  
Sade: Ei sata, sää aurinkoinen

Ensimmäisessä koepoltossa kokeilimme rajoittavaa Fognail-pistosuihkuputkea vaakatasossa. Alkupalo lähti kehittymään normaalisti kuten aiemminkin samassa tilassa suoritetuissa koepoltoissa, joita olimme tehneet esimerkiksi palofysiikan jatkokurssilla. Annoimme palon kehittyä rauhassa antamatta lisähapetta havainnoiden ja tarkkaillen tilannetta sisältä savusukellusvarustuksessa lämpökameran kanssa sekä ulkopuolelta aistihavainnoiden ja lämpökameraa apuna käyttäen.

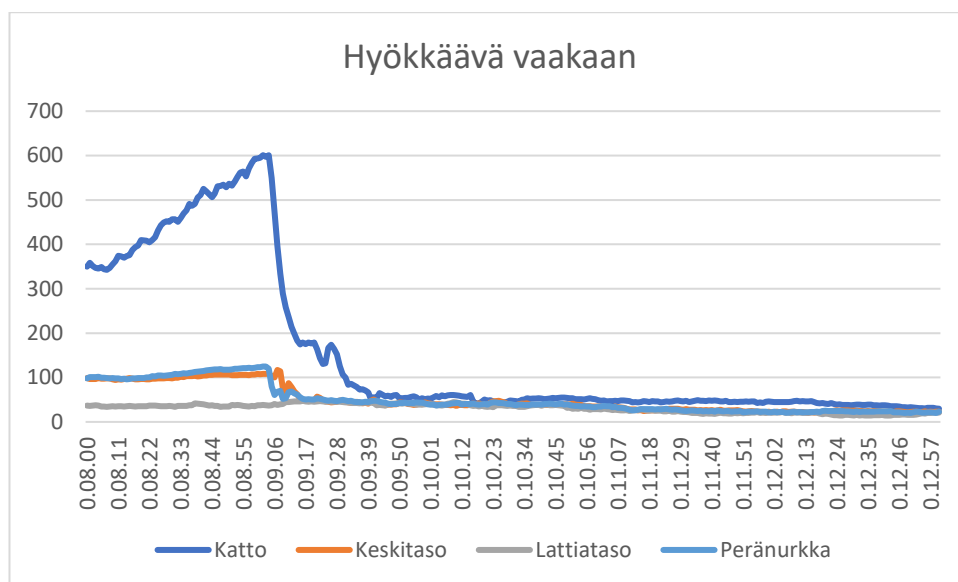


Kuva1. Rajoittavan Fognail-pistosuihkuputken sammutusvaikutus vaakatasossa.

Rajoittavalla putkella vaakatasossa suoritetussa sammutusiskussa alkupalo ei täysin sammutunut, joten perinteiselle savusukellukselle olisi edelleen ollut tarvetta. Palo kuitenkin rajoittui tehokkaasti, ja leviäminen pysähtyi, mutta varjopuolena vettä valui suoraan höyrystymättömänä lattialle ja ympäristöön, suihkukuvion muodon takia vesi ei kulkeutunut

suoraan tehokkaasti kuumille pinnoille, jossa se olisi päässyt tukahduttamaan ja jäähdyttämään paloa sekä muodostamaan vesihöyryä, joka syrjäyttäisi palokaasuja tilasta. Tilassa sisällä havainnoimassa olleet savusuketajat myös kastuivat hyvin tehokkaasti, koska vesisuihku osui heihin melko suoraan.

Toisessa koepoltossa kokeilimme hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputkea vaakatasossa. Alkupalo lähti kehittymään kuten aiemminkin, mutta jostain tuntemattomasta syystä aikaisessa vaiheessa palo rupesi hengittämään, ja lämpötila tilassa laski 200 astetta. Tämä pystyttiin havainnoimaan niin sisällä olevien savusuketajien havaintojen perusteella kuin ulkona Dasy-labin lämpötilatietoja reaaliajassa seurattessakin. Tästä huolimatta koe vietiin loppuun. Hetken odottelun jälkeen lämpötilat alkoivat uudestaan nousta, mutta lämpötilahuippu jäi muita suorituksia alhaisemmaksi.

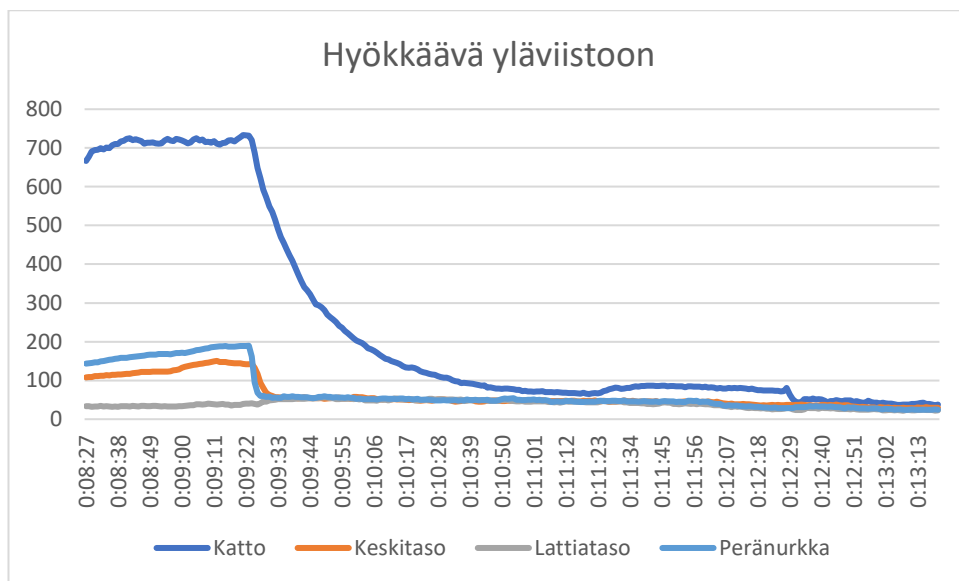


Kuva 2. Sammutushyökkäys hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella vaakatasoon.

Toista koepolttoa muihin vertailtaessa on otettava huomioon huomattavasti alemmat lämpötilat verrattuna kahteen muuhun polttoon. Tämän takia jäähdytyskäyrä on jyrkempi, koska jäähtyminen tapahtuu tehokkaammin, kun lämpötilaa ei tarvitse laskea niin paljon. Hyökkävällä putkella vaakatasossa suoritettussa sammutushyökkäyksessä palo sammui tehokkaasti ja höyrynmuodostus ja jäähdytys oli tehokasta, koska vesisuihku osui suoraan alkupaloon. Kuumien pintojen jäähdytys alkupalon yläpuolella olisi voinut olla tehokkaampaa, mutta höyrystyvä vesi kuitenkin kulkeutui pienellä viiveellä termodynaamisen

ilmavirtauksen ansiosta myös alkupalon kuumentamiin kohtiin sen yläpuolelle. Jonkin verran vettä valui myös lattialle, koska vesisuihkun leiveni sen verran ennen peräseinää. Palo myös sammui nopeasti ja kokonaan.

Kolmannessa koepoltossa kokeilimme hyökkävää Fognail-pistosuihkuputkea yläviistoon suunnaten sen alkupalon yläpuolelle kuumimpaan alueeseen. Tässä poltossa alkupalo kehittyi normaalisti kuten ensimmäisessäkin poltossa, ja testi saatiin vietyä onnistuneesti loppuun. Hypoteesimme ja aikaisempien palofysiikan jatkokurssilla suoritettujen tutkimuksiemme perusteella pidimme tätä menetelmää parhaana, ja tämäkin poltto vahvisti ajatuksiamme.



Kuva 3. Sammutushyökkäys hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella yläviistoon alkupalon yläpuolelle.

Sammutushyökkäyksessä alkupalon loimotus sammui sekunnissa ja lämpötilat laskivat tehokkaasti. Tila myös täyttyi nopeasti kuumalla vesihöyryllä ja alkupalo sammui täysin. Vesihöyryjen jäähtymisessä kesti kuitenkin jonkin aikaa, koska tila oli kohtuullisen tiivis,

jolloin vapaata purkuaukkoa kuumille palokaasuille ja vesihöyrylle ei ollut. Savutuule-  
tuksen suorittamisen jälkeen voitiin siirtyä suoraan sammutusraivaukseen, eikä jälkisam-  
mutustoimenpiteitä enää tarvittu. Myös vesivahingot jäivät näin ollen vähäisiksi.

#### 4. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDESUUNNITELMA

Testipäivä oli osaltaan onnistunut ja pääsimme tutkimussuunnitelman mukaiseen tavoitteeseen eli löysimme käyttökelpoisimman menetelmän rakennuspalon sammuttamiseen ulkoapäin käyttäen Fognail-pistosuihkuputkea. Valitettavasti tiukan aikataulun ja harjoitusalueen varaustilanteen takia meillä ei ollut enää mahdollisuutta toiseen tutkimuspäivään harjoitusalueella, joten jouduimme osittain nojautumaan johtopäätöksissä aikaisemmillä opintojaksoilla suoritettuihin kokeiluihin, tutkimuksiin ja havaintoihin. Mikäli aikaa olisi ollut enemmän, olisimme uusineet toisen suorituksen (Hyökkäävä vaakatasoon) sekä kokeilleet myös rajoittavaa yläviistoon.

Tutkimuksien perusteella tulemme kokeilemaan talonpoltossa hyökkäävää Fognail-pistosuihkuputkea yläviistoon kahteen eri paloon, joissa palo on rajoittunut yhteen huonetiilaan. Jatkotutkimuksesta laaditaan oma tutkimussuunnitelma, joka liitetään osaksi opinäytetyötä.

## LÄHTEET

Hyttinen, V, Tolonen, P, Väisänen, T. 2007 *Palofysiikka*, Pelastusopisto. Kuopio.

*Pelastussukellusohje*, Sisäministeriön julkaisuja 48/2017

Sammutus- ja pelastustekniikan opintojakson luentomateriaali.

## LIITTEET

AIKA	LÄMPÖ- TILA MIT- TAUSPISTE 1	LÄMPÖTILA MITTAUS- PISTE 2	LÄMPÖTILA MITTAUS- PISTE 3	LÄMPÖTILA MITTAUS- PISTE 4	SAVUPAT- JAN KOR- KEUS LAT- TIASTA
0:00					
5:00					
10:00					
15:00					
20:00					
HUOMIOT					

Huomiot:

Sammutushyökkäyksen kesto 90sek



Koepoltossa käytettiin DasyLab-mittauslaitetta. Mittauksessa käytetään neljää mittausanturia. Mittauslaitteen mittausanturit asennetaan kuvassa sinisillä ympyröillä kuvatulla tavalla. Kaikki mittausanturit asennetaan 30 cm etäisyydelle seinästä ja 150 cm etäisyydelle polttopisteestä. Yksi anturi tulee lattiatasolle, toinen katonrajaan ja kolmas niiden puoleen väliin. Neljäs anturi sijoitetaan viereiseen nurkkaan 30 cm etäisyydelle seinistä ja puoleen väliin huoneen korkeutta (4. anturi ei näy kuvassa).





Tutkimussuunnitelma Koepoltot 2 Nilsiässä 12.4 2019 opinnäytetyö 2019

Tutkimussuunnitelma lämpökameran käytettävyydestä rakennuspalokohteen tiedustelussa sekä Fognail-pistosuihkuputkien käyttö huoneisto- ja rakennuspalojen sammutukseen

Mikko Kivelä ja Harri Laukkanen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET	4
3	HANKKEEN TAVOITTEET	5
4	TOIMENPIDESUUNNITELMA	6
5	RISKIANALYYSI	9
6	HENKILÖSTÖ JA TYÖNJAKO	10
7	KALUSTO JA RESURSSIT	12
8	YMPÄRISTÖASIAT JA MUUTA	13
	LÄHTEET	14

## 1. JOHDANTO

Tässä jatkotutkimuksessa kokeillaan lämpökameran käytettävyyttä rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin, sekä Fognail-pistosuihkuputken käyttöä rakennuspalon sammutuksessa ulkoapäin. Rakennuspalokohteena meillä on poltettava hirsirakenteinen talo, jossa on ikkunat ja katto normaalisti paikoillaan. Rakennukseen on tehty puurunkoinen laajennusosa jälkeempään. Poltettava talo sijaitsee Nilsiässä, osoitteessa Ranta-Sänkimäentie 201 73360 Nilsiä.

## 2. TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tuottaako lämpökamera lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin verrattuna pelkkään paljain silmin tehtävään tiedusteluun?

Toimiiko Fognail-pistosuihkuputkilla ulkoapäin sammuttaminen käytännössä? Jos ei, hylitseekö/rajoittaako se tehokkaasti paloa?

Työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?

Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia? (alkupalon sammuttaminen, jälkiraiivauksen aloittaminen)?

### 3. HANKKEEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuspäivän avainkysymyksenä on selvittää lämpökameran hyödynnettävyys rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin sekä Fognail-pistosuihkuputken käyttöä rakennuspalossa *oikeassa talossa autenttisissa olosuhteissa*. Tämän takia on ensiarvoisen tärkeää, ettei poltettavaa rakennusta ole valmisteltu talonpolttomaiseen tyyliin, vaan siinä *on sekä ikkunat että peltikatto paikoillaan ja ettei seiniä tai rakenteita levytetä*. Yleensä harjoituskohteina olevista rakennuksista täytyy levyttää huonetilan katto, jotta se kestää paremmin polttamista, sekä purkaa katto ja ikkunalasit pois, minkä jälkeen ikkuna-aukot levytetään tiiveyden aikaan saamiseksi.

Tutkimuksessa toteutetaan kaksi alkupaloa rakennuksen eri osiin, näin pyritään varmistamaan menetelmän käyttökelpoisuus ja laatimaan toimintaohjeet menetelmän käyttöön. Ensimmäinen alkupalo on puurunkoisessa laajennusosassa ja toinen alkupalo suoritetaan hirsirunkoisessa huoneessa. Lisäksi tavoitteena on arvioida pelastusryhmän selviytymistä tilanteesta, jossa savusukellusta ei voida tai haluta aloittaa.

Tutkimukset ovat osa opinnäytetyöprosessia, jossa on tarkoitus tutkia rakennuspalokohteen tiedustelua, sekä rakennus- ja huoneistopalon sammutusta Fognail-pistosuihkuputkella.

#### 4. TOIMENPIDESUUNNITELMA

Koepoltosta ilmoitetaan Nilsiä palomestarille sekä Kuopion päivystävälle palomestarille P31:lle sekä hätäkeskukselle. Kaksi päivää ennen varsinaista tutkimuspäivää 10.04.2019 tutkimuksen suorituskohteeseen eli poltettavaan taloon Nilsiässä tehdään seuraavat valmistelut:

- Määritetään alkupalojen paikat ja porataan Fognail-pistosuihkuputkille reiät valmiiksi seiniin.

- DasyLab-termoparilangat asennetaan paikoilleen mittauspisteisiin ja niille rakennetaan suojat. Termoparilangat (3 kpl) sijoitetaan puurunkoisessa huoneessa 280 senttimetrin päähän alkupalosta 50 senttimetrin, 120 senttimetrin sekä 200 senttimetrin korkeudelle. Termoparilangat (3 kpl) hirsirunkoisessa huoneessa sijoitetaan 180 senttimetrin päähän alkupalosta 50 senttimetrin, 120 senttimetrin ja 200 senttimetrin korkeudelle. Jokaiselle termoparilangalle asennetaan myös suojaton termoparilanka lämpötilan vertailua varten. Vertailu termoparilanka sijoitettiin samalle korkeudelle 15 senttimetrin päähän varsinaisesta termoparilangasta. Lisäksi jokainen termopari numeroidaan valmiiksi.

- Välipohjaan asennetaan yksi DasyLab-termoparilanka tarkkailemaan välipohjan lämpötilaa. Tämän termoparilangan lämpötilan muutoksella nähdään mahdollinen välipohjan puhki palaminen. Lisäksi porataan päätykolmioon valmiiksi reikä Fognail-pistosuihkuputkelle, jotta palon levitessä välipohjaan voidaan palo sammuttaa nopeasti.

- Ovista, joista selvitetään työjohto rakennuksen sisään, sahataan alanurkista kolmiopalat, jotta ovet saadaan kunnolla suljettua.

Itse tutkimuspäivänä valmistellaan DasyLab valmiiksi ja testataan järjestelmän toimivuus, rakennetaan alkupalot ja rakennetaan tarvittavat selvitykset. Kuva alkupalojen ja antureiden sijoituksesta on tämän työn lopussa liitteenä.

Rakennukseen ladataan alkupalopisteeseen 25 standardikokoista koivupuuklapia, jotka sytytetään litralla Liave-sytytysnestettä ja kaasutoholla. Alkupaloissa hyödynnetään myös rakennuksen omia kalusteita, jolloin alkupalo kuvastaa paremmin mahdollista oikeaa paloa rakennuksessa.

Koe aloitetaan sytyttämällä alkupalo, ja laittamalla samaan aikaan kello käyntiin. Alkupalon annetaan kehittyä 15 minuuttia. Tämän jälkeen huonetilaan kohdistetaan ennalta määritetty hyökkäys Fognail-pistosuihkuputkella. Hyökkäystä jatketaan 90 sekunnin ajan, minkä jälkeen hyökkäys keskeytetään, mitataan tilasta lämpötilat ja arvioidaan olosuhteet. Mittauksien jälkeen suoritetaan tiloihin savutuuletus ja tarkastetaan, sammuiko palo kokonaan. Harjoituksen päätteeksi talo poltetaan hallitusti loppuun kokonaan valvoituissa olosuhteissa.

Päivän aikana toteutetaan seuraavat suoritukset:

- Hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputki kohdistettuna alkupalon yläpuolelle x2. Edellisenä tutkimuspäivänä todettiin, että tämä on tehokkain menetelmä sammuttaa ja rajoittaa palon kehittymistä rakennuspalossa.

Jokaisesta kokeesta täytetään seurantapöytäkirja, johon kirjataan kellonaikoja ja muita havaintoja kokeesta. Lisäksi kokeet videoidaan tallentavilla lämpökameroilla erikseen sovitusta taktisista näkökulmista. Seurantapöytäkirja liitteenä tämän työn lopulla. Sammutustoiminnan saa aloittaa, kun alkupalo on kehittänyt riittävän pitkään (15 minuuttia sytytyshetkestä tai sisällä olevien tarkkailijoiden ilmoitus). Mitattavaksi suureeksi muodostuu tällöin lämpötilojen seuraaminen DasyLab-mittauslaitteiston avulla huonetilassa sekä visuaalinen palon kehittymisen seuranta huonetilassa.

Kokeen aikana palavassa huoneistossa on sisällä henkilöt savusukellusvarustuksessa seuraamassa tilannetta lämpökameran kanssa ja arvioimassa olosuhteita. Ulkona on kaksi henkilöä savusukellusvarustuksessa kirjaamassa ja toteuttamassa sammutushyökkäyksiä sekä savutuuletusta. Ulkona olevat henkilöt toimivat harjoituksessa suojajarina ja heillä on käytössä oma työjohtoselvitys. Kohdetta kuvataan ulkopuolelta lämpökameroilla käsivaralla sekä Dronella. Lisäksi tilannetta kuvataan sisällä ja ulkona actionkameroilla.

Sammutushyökkäyksessä käytetään valmistajan suosittelemaa suihkupainetta 6 bar, jolloin vedenkulutus on 70 l/min. Tällöin tilaan saadaan varmasti tarpeeksi vesihöyryä, jotta palon tulisi tukehtua ja jäähtyä, mikäli vesi saadaan kohdistettua oikeaan paikkaan ja se pääsee höyrystymään ja ei valu lattialle.



## 5. RISKIANALYYSI

Työturvallisuus on tärkeää ja varsinkin pienillä vahvuuksilla toimittaessa yksittäisen henkilön tehtävät lisääntyvät, ja mahdollisessa vahinko- tai vaaratilanteessa ei apua ole lähellä saatavilla. Pienet henkilöstömäärät asettavat myös rajoituksia sille, voidaanko esimerkiksi savusukellusta aloittaa ja toiminnan käynnistäminenkin ottaa oman aikansa. Henkilöt, jotka osallistuvat tämän tutkimuksen tekemiseen ovat savusukelluskelpoisia ja tuntevat siihen liittyvät ohjeet ja rajoitukset. Tarkoitus on tehdä tutkimus niin, että ohjeita ja rajoituksia myös noudatetaan, koska muuten tutkimuksen tekemisestä ei ole mitään hyötyä ja asetetaan henkilöitä turhaan vaaraan. Ulkona olevat henkilöt, jotka eivät osallistu sisäolosuhteiden tarkkailuun, toimivat tutkimuksen aikana suojaraharina. Sisällä olevilla henkilöillä on työsuihku mukana turvasuihkuna.

Tutkimuksen tekemiseen liittyy normaalit sammutustoimintaan liittyvät turvallisuusriskit kuten liukastuminen, kompastuminen, paineelliset letkut, mahdollisen savusukelluksen aiheuttamat riskit. Nämä asiat on otettava huomioon tutkimusta tehdessä, ja tavoitteena on tehdä suoritukset niin turvallisesti kuin on mahdollista ja varmistaa kaluston ja laitteiden kunto ennen tutkimuksien aloittamista. Jokainen, joka havaitsee vaaran, on velvollinen ilmoittamaan siitä, keskeyttämään toiminnan ja aloittamaan tilanteen vaatimat toimenpiteet. Toiminta keskeytetään huutamalla ”TOSI VAARA”, joka tulee toistaa, mikäli kuulee huudon. Harjoituksen johtaja aloittaa välittömän tiedustelun kuullessaan toimintaa keskeyttävän huudon, mistä toiminnan keskeytys johtuu. Tutkimuksessa on noudatettava Pelastusopiston turvaohjeita harjoituksiin, esimerkiksi paineellisten letkujen alueella oleskelevien henkilöiden on käytettävä kypärää, vaikka eivät osallistu suoritukseen. Lisäksi koska kyseessä on tutkimus, miehitetään sammutusauton pumppu aina vähintään yhden henkilöllä, mikäli tapahtuu letkurikko tai muu vaarantava tapahtuma.

Erityisesti talonpoltossa on huomioitava poltettavan talon aiheuttavat vaarat ja mahdollisuus esimerkiksi rakenteiden romahtamiselle. Taloon on tutustuttu etukäteen, ja kaikki harjoitukseen osallistuvat käyvät vielä ennen harjoituksen aloittamista paikan päällä kiertämässä tilat ja tutustumassa kohteeseen. Ennen harjoitusta käydään vielä yhdessä läpi turvaohjeet ja harjoituksen kulku.

## 6. HENKILÖSTÖ JA TYÖNJAKO

Hankkeeseen osallistuvat seuraavat Pelastusopiston opiskelijat:

Mikko Kivelä

Harri Laukkanen

Niko Koski

Eemu Hyvönen

ja Pelastusopistolta seuraavat henkilökuntaan kuuluvat tutkijat:

Marko Hassinen

Pekka Toivanen

Työnjako kohteessa on seuraava:

M. Kivelä toimii tarkkailijana sisällä Toivasen kanssa. Suorittaa tarvittaessa sammutuksen.

H. Laukkanen toimii Fognail-pistosuihkuputken käyttäjänä ulkopuolella, sekä arvioi olosuhteita, tiedustelee lämpökameralla ulkoapäin. Turvapari

N. Koski toimii tulosten kirjaajana ja kirjurina ZR-31:ssä.

E. Hyvönen toimii konemiehenä ja yläpohjan suojaajana. Turvapari

M. Hassinen toimii koulun yhteyshenkilönä ja vastuullisena valvojana.

Tutkimuksen jälkitoimenpiteet:

Tutkimuksen kaikki suoritukset videoidaan lämpökameroilla ja suoritukset kelloitetaan. Tarvittaessa näistä videoista editoidaan, jotta myöhemmin voidaan arvioida toiminnan luotettavuutta ja virhemarginaaleja tai niitä voidaan jopa hyödyntää koulutuskäytössä.

Tutkimuksen tulokset raportoidaan jatkotutkimuksia ja opinnäytetyötä varten kirjalliseen muotoon. Lisäksi Dasytabista tallennetaan palokäyrät ja lämpötilat ulos johtopäätöksien tekemistä varten.

## 7. KALUSTO JA RESURSSIT

- Liave-sytytysnestettä
- koivupuuklapeja 50kpl
- säiliösammutusautot 2kpl ZR-102 ja ZR-202
- ZR-31 Johtoauto
- Fognail-pistosuihkuputkisarja
- letkut (6x 76mm ja 8x 42mm)
- 2x kaasutoho
- kypäräkamera
- työkalupakki, ruuveja, akkukone, käsisirkkeli
- 2x tallentavia Lämpökamera
- 1kpl jalustoja/alustoja lämpökameroille
- 7kpl virvepuhelin
- 2x sekuntikello
- digikamera
- Dasylab
- kahvinkeitin

## 8. YMPÄRISTÖASIAT JA MUUTA

Paikalliselle pelastusviranomaiselle on ilmoitettu talonpoltosta ja polttoa varten on haettu ja saatu purkulupa Kuopion kaupungilta. Lupaehdoissa on hyväksytty purkamistavaksi polttaminen.

Sammutusvesiä ei käytännössä tule, koska sammutusmenetelmänä käytetään Fognail-pistosuihkuputkia, jotka käyttävät 70 l/min vettä. Pistosuihkuputket suunnataan niin, että vesimäärä höyrystyy käytännössä täysin. Tarvittaessa vettä käytetään hyvin pieniä määriä palon leviämisen rajoittamiseen harjoituksen loppuvaiheessa, mutta vettä ei käytetä turhaan. Tällöin on minimaalinen riski siitä, että pintavesiin joutuisi nokista sammutusvettä.

- Lähinaapureille ilmoitetaan poltoista ja mahdollisista savuhaitoista.
- Harjoituksen lopuksi peltikatto kerätään erilleen talteen.
- Kiinteistöstä on ennen harjoitusta poistettu sähkölaitteet ja johdot sekä rakennus tyhjennetty pääosin irtaimistosta.
- Kiinteistön poltosta on tehty virallinen polttosopimus kiinteistön omistajan ja Pelastusopiston välille.
- Kuopion ympäristöviranomaisen suoritti ympäristökatselmuksen kohteeseen 5.4.2019 ja hyväksyi talon poistamisen polttamalla meidän tutkimustamme varten.

## LÄHTEET

Hyttinen, V, Tolonen, P, Väisänen, T, 2007. Palofysiikka, Pelastusopisto. Kuopio.

*Pelastussukellusohje*, Sisäministeriön julkaisuja 48/2017

Sammutus- ja pelastustekniikan opintojakson luentomateriaali.



Raportti Koepoltot 2 12.4.2019 Nilsia opinnäytetyö 2019

Raportti lämpökameran käytettävyydestä rakennuspalokohteen tiedustelussa sekä Fog-nail-pistosuihkuputkien käyttö huoneisto- ja rakennuspalojen sammutukseen.

Mikko Kivelä ja Harri Laukkanen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET	4
3	TUTKIMUSTULOKSET	8
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	20
5	JALKAUTTAMINEN JA MENETELMÄN KEHITTÄMINEN	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	26



## 1. JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa pyrittiin tutkimaan lämpökameran käyttöä rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin ja kokeilemaan edellisenä tutkimuspäivänä tehokkaimmaksi todettua Fognail-pistosuihkuputken selvitysmallia huoneistopalon sammutukseen osana opinnäytetyöprosessia. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, tuoko lämpökamera lisäarvoa tiedusteltaessa rakennuspalokohdetta ulkoapäin, kun rakennus on pysynyt vielä tiiviinä (ikkunat ehjänä ja ovet suljettuna) sekä kokeilla, kuinka tehokkaasti Fognail-pistosuihkuputki rajoittaa rakennuspaloa vai kykeneekö Fognail-pistosuihkuputki jopa sammuttamaan rakennuspalon.

## 2. TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tuottaako lämpökamera lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin verrattuna pelkkään paljain silmin tehtävään tiedusteluun?

Tutkimuksessa lämpökamerasta ei saatu olennaista hyötyä ulkoapäin tiedusteltaessa. Käytännössä normaaleilla havainnoilla ilman apuvälineitä saadaan enemmän tietoa kuin käytettäessä lämpökameraa.

Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin. Nykyisten savusukelluskäyttöön tehtyjen lämpökameroiden lämpötilan erottelukyky on luokkaa  $0,05^{\circ}\text{C}$ . Eri materiaalit sitovat, heijastavat ja läpäisevät lämpösäteilyä eri tavalla, mikä vaikuttaa lämpökameran näkymään. (Ala-Kokko 2008, 28.)

Lämpökameran toimintaperiaate perustuu lämpösäteilyyn, jota vastaan talon rakenteet ovat suunniteltu. Energiataloudellisuuden takia talot eristetään, ja samalla eristeet estävät lämpökameran toiminnan. Meidän tutkimuskohteenamme oli iäkäs talo, jossa oli 2-kerroksiset lasit. Nämä vanhat 2-kerroksisestkin lasit estivät kuitenkin jo tehokkaasti lämpökameran toiminnan eristämällä alkupalosta syntyvän lämpösäteilyn. Ihmissilmä erotti palokaasuissa muodostuvat valumajäljet nopeasti sisemmän lasin pinnalla. Nämä valumajäljet erottuivat nopeasti alkupalon syttymisen jälkeen, ja lämpökamera havaitsi lämpötilamuutoksen vasta minuutteja myöhemmin.

Lämpökameralla tiedusteltiin myös räystääslinjoja, koska lämpö nousee ylöspäin. Savukaasut läpäisivät räystääslinjan eristykset nopeammin kuin huomattava lämpötilan nousu. Räystääslinjan alta alkoi erottumaan savua useita minuutteja aikaisemmin, ennen kuin lämpökameralla pystyi havaitsemaan lämpötilan nousun.

Toimiiko Fognail-pistosuihkuputkilla ulkoapäin sammuttaminen käytännössä? Jos ei, hiltseeko/rajoittaako se tehokkaasti paloa?

Pelastusopiston harjoitusalueella Hirsitalosimulaattorissa suoritettujen kokeiden perusteella paras menetelmä on käyttää hyökkävää pistosuihkuputkea ja suunnata se oletetun alkupalokohteen yläpuolelle katonrajaan (kuumin piste). Nilsin tutkimuspäivänä keskityimme tähän aikaisemmin tehokkaimmaksi todettuun Fognail-pistosuihkuputken selviytymalliin.

Nilsin talonpoltossa suoritetuissa kokeissa Fognail-pistosuihkuputki ei kyennyt täysin sammuttamaan paloa, mutta kokeet olivat vertailukelpoisia normaaliin pienpisarasammutusmenetelmällä tehtävään sammutushyökkäykseen.

Ensimmäisessä koepoltossa alkupalo ja alkupalon yläpuolinen palopatsaan kuumentama alue sammuivat ja jäähtyivät, mutta palokaasut kuumensivat välipohjaa laajemmalla alueelta, kuin mihin hyökkävään Fognail-pistosuihkuputken sammutusvesisuihku kohdentui 32 mm reiästä. Ongelman voi ratkaista poraamalla seinään halkaisijaltaan isomman reiän, esimerkiksi 45 mm, jolloin sammuttaja voi käännellä vesisuihkuja ja jäähdyttää laajemmalla alueella. Myös poraamalla seinään useita reikiä voidaan jäähdytysvaikutusta tehostaa, ja kohdentaa paremmin. Joka tapauksessa palotilaan saatiin sellaiset olosuhteet, että savutuuletuksen aloittaminen oli mahdollista, ja kohdistamalla tilaan aika-ajoin kesken savutuuletuksen uusia Fognail-iskuja palo ei enää levinnyt tai kehittynyt uudelleen, vaan tila saadaan tuuletettua savuttomaksi, minkä jälkeen voidaan aloittaa normaali jälkiraivaus ja sammuttaa ja jäähdyttää loppujen kytevät pesäkkeet perinteisesti työjohdolla tai kantamalla ne ulos. Mikäli savutuuletuksen aikana ei jäähdytetä, on vaarana, että alkupalo tai kytevät pesäkkeet syttyvät uudestaan liekkipaloon. Sama tilanne syntyy, kun käytetään perinteistä pienpisarasammutusta ja siirrytään savutuuletukseen ja palotilaan syntyy virtaus.

Toisessa koepoltossa palo sammui ja jäähtyi hyvin siitä huolimatta, että tilan ikkuna hajoosi paineen ja lämpötilan seurauksena.

Meidän toimintamallillamme Fognail-pistosuihkuputki rajoitti erittäin tehokkaasti palon muodostumista ja toi merkittävästi lisää aikaa varsinaiselle sammutushyökkäykselle. 70

l/min vesivuota riittää rajoittamaan tehokkaasti paloa, jos ikkunat ovat säilyneet ehjänä ja ovet ovat suljettuna.

Työturvallisuus ja toimintamahdollisuudet tilanteessa, jossa ei vahvuuden takia voida aloittaa savusukellusta?

Lähiesimiehen tehtävänä on arvioida onnettomuuspaikan olosuhteet ja tehdä päätös, mikä toiminta on soveltuvin ja turvallisoin käytössä oleviin resursseihin ja välineisiin nähden peilaten kuitenkin asiaa niillä saavutettavaan hyötyyn. Henkilöllä on vastuu ilmoittaa jonkin työn olevan liian vaarallista tai se, ettei hänellä ole osaamista tai kykyä johonkin on muistettava.

Pelastustoiminnassa joudutaan välillä tekemään ratkaisuja, joissa otetaan riskejä. Palavan rakennuksen ulkopuolella työskentely paineilmalaitetta käyttäen on kuitenkin tehtävä, josta sammutustyökurssin käynyt ja paineilmahengityslaitetta käyttämään kykenevä henkilö voi suoriutua rikkomatta ohjeita tai lakeja. Myös jälkiraivaus, jota tehdään käyttäen paineilmahengityslaitetta, on sallittu, mikäli henkilö on kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta ja tilat ovat savuttomia. Haasteena on saada ulkoapäin selville, ovatko tilat täysin savuttomia sekä miten seurataan, ettei savutuuletuksen aikana alkupalo syty uudelleen, jos palopaikka ei ole näkyvillä rakennuksen luonnollisista aukoista. Tällöin voidaan kuitenkin suihkuttaa palotilaan aika-ajoin lisää vettä varsinaisen savutuuletuksen aikana ja sen jälkeen käyttäen samaa hyökkäävää Fognail-pistosuihkuputkea, jolloin ei aiheuteta tilaan niin suuria vesivahinkoja kuin käytettäessä perinteisempää suihkupuutkissammutusta.

Onko tilanne mahdollista hoitaa loppuun vajaalla vahvuudella, tai vahvuudella, jossa ei ole tarpeeksi savusukelluskelpoisia? (alkupalon sammuttaminen, jälkiraivauksen aloittaminen)?

Toimintamahdollisuudet ovat tehtyjen tutkimuksien ja aiemmin päällystökurssilla tehtyjen testien perusteella olemassa, mutta koska jokainen tulipalo on yksilö, ei voida taata, että kaikissa tilanteissa ja paloissa palon sammuttamisesta voidaan suoriutua kokonaisuudessaan ilman savusukellusta, mutta teoriassa mahdollisuus on olemassa seuraavalla kaavalla:

Tiedustelu ulkoapäin – päätös – käsky - Fognail- pistosuihkuputkiselvitys kohteeseen - sammutusisku kesto 120 sekuntia tarkkaillen palokaasujen väriä ja kohdetta ulkoapäin - savutuuletin ulko-ovelle - kohteen tuuletus ylipaineella – alkupalon tarkkailu ja mahdollinen jälkisammutus suihkuputkella ulko-ovelta - tuuletuksen jälkeen jälkiraivaus.

Vaikka tilannetta ei aina kyetä hoitamaan kokonaan loppuun asti ilman savusukellusta, menetelmällä voidaan kuitenkin rajoittaa tehokkaasti palon kehittymistä ja leviämistä, jolloin edetään yllämainitun kaavan mukaisesti sammutusiskuun asti, mutta jätetään savutuuletus ja jälkiraivaus toimintakykyisemmän pelastusyksikön hoidettavaksi. Tällöin on vain mietittävä, onko järkevää laskea vettä jatkuvasti kohteeseen siihen asti, kunnes aloitetaan varsinainen savusukellus, vai lasketaanko vettä esimerkiksi 120 sekuntia, minkä jälkeen tarkkaillaan palokaasujen väriä ja jatketaan/toistetaan sammutusiskua tarvittaessa.

On myös huomioitava, ettei tämä menetelmä korvaa missään tapauksessa ihmishenkiä pelastavaa savusukellusta tai etsintää palavaan rakennukseen, mutta tällaisissa tilanteissa on toimittava tilanteen edellyttämällä tavalla. Tätä menetelmää voidaan kuitenkin käyttää, vaikka tilannepaikalla olisikin riittävästi savusukelluskelpoista henkilöstöä, mutta ei ole pakko aloittaa savusukellusta esimerkiksi romahtamisvaaran takia, tai tiedetään ettei sisällä ole varmasti pelastettavia.

### 3. TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimuspäivänä suoritettiin tutkimussuunnitelman mukaisesti 2 koepolttoa, joissa tutkittiin 22.3.2019 Pelastusopiston harjoitusalueella tutkittua tehokkainta Fognail-pistosuihkuputki selvitysmallia. Olosuhteet testipäivänä olivat seuraavanlaiset:

päivämäärä 12.4.2019, sää: +2 - +5 astetta Celsiusta, luoteistuuli 1-2m/s, ei sada, sää aurinkoinen



Kuva 1 Poltettava talo 1.3.2019

Tutkimuspäivän poltoissa käytettiin vain hyökkäävää Fognail-pistosuihkuputkea suunnattuna alkupalokohteen yläpuolelle katonrajaan. Ensimmäinen koepoltto suoritettiin puurakenteiseen huoneeseen ja toinen koepoltto hirsirakenteiseen huoneeseen. Kuvassa 1 näkyy talo sekä tontin muut rakennukset.

Poltettava rakennus sijaitsi Nilsiässä Rantasänkimmäentien varrella. Rakennus oli iäkäs hirsitalo ja siihen oli tehty myöhemmin laajennus. Rakennus oli pohjarakenteeltaan hirsirunkoinen, ja laajennusosa oli rakennettu puusta. Rakennuksen katemateriaalina oli sinkitty peltikate ja eristys oli puurakenteisen osan ja välipohjan osalta toteutettu purueristämällä. Rakennus oli ollut useita vuosia asumattomana ja kylmänä ja sen puurakenteisessä osassa oli havaittavissa kosteusvaurioita.

Ennen koepolttoja rakennukselle ei tehty perinteisiä talonpolton yhteydessä toteutettavia ratkaisuja rakennuksen keston parantamisen kannalta (ikkunoiden poisto ja levytys, kattopeltien poisto, yläpohjan vaahdotus), vaan sen jätettiin normaaliin kuntoon, jotta olosuhteet ja palon kehittyminen olisi mahdollisimman autenttista. Ainoastaan yksi hajonnut ikkunaruuu levytettiin umpeen ja yläpohja tarkastettiin päätykolmiosta, ettei siellä ole vaarallista materiaalia. Tarkastuksen jälkeen päätykolmio naulattiin umpeen. Lisäksi kulkuovien alareunasta leikattiin pois 5 cm x 5 cm palat savusukeltajien työjohtoa varten, jotta ovet saatiin täysin kiinni.

Kaksi päivää ennen varsinaista talonpolttopäivää teimme rakennukselle katselmuksen, jonka yhteydessä porasimme Dasyabin termoparilangoille reiät ja asensimme niiden suojukset paikoilleen. Termoparilangat toteutimme kuvien 2 ja 3 mukaisesti, lisäksi laitoimme rakennuksen yläpohjaan yhden termoparilangan lämpötilantarkkailua varten, jotta rakennus ei palaisi heti puhki, ja pystymme seuraamaan, leviääkö palo yläpohjaan. Päätykolmioon porasimme lisäksi reiän Fognail-pistosuihkuputkelle, jotta pystymme tarvittaessa jäähdyttämään rakennuksen yläpohjaa, ettei se pala puhki ensimmäisellä poltolla.



Kuva 2. Puupuolen anturoinnit ja suojat. Kuvassa vasemmalla levytetty rikkinäinen ikkuna. Termoparilankojen suojat kallistettiin kuvan oton jälkeen 45 asteen kulmaan.



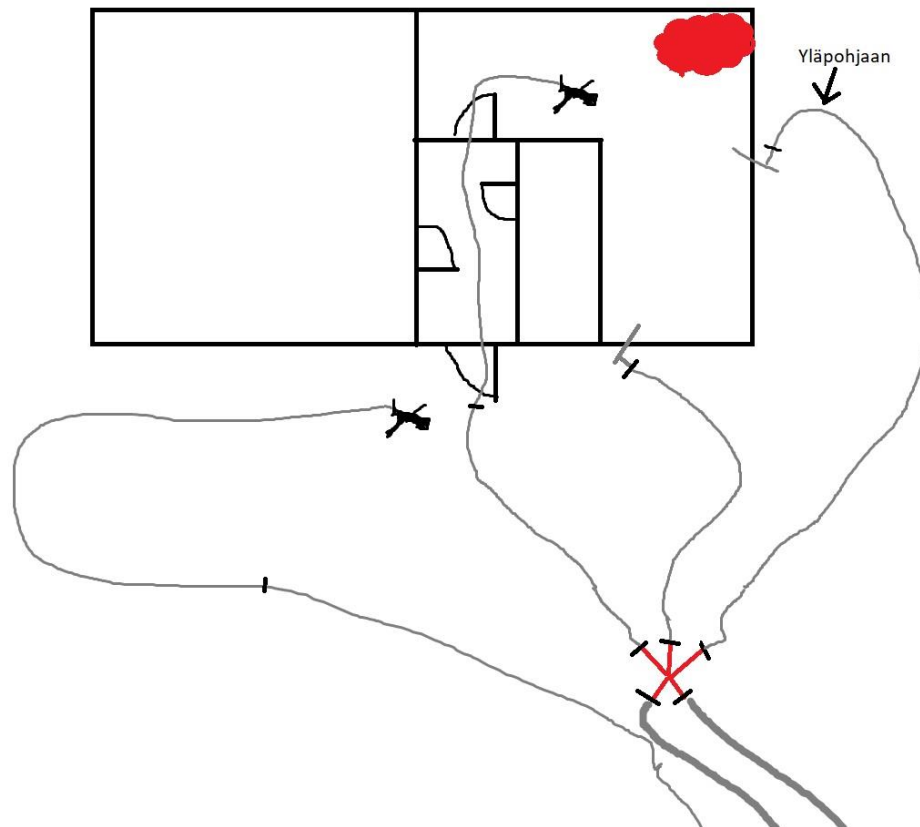


Kuva 3. Hirsipuolen termoparilangat.



Kuva 4. Termoparilankojen johdotukset rakennuksen ulkopuolelta kuvattuna.

Koepolttopäivänä valmistelimme kohteeseen selvitykset, kiinnitimme Dasyabin termoparilangat päätelaitteeseen ja tietokoneeseen. Selvitykset rakennettiin kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Selvitykset ensimmäisessä poltossa.

Alkupalot rakennettiin hyödyntämällä rakennuksessa olevaa irtaimistoa, varsinainen palo sytytettiin käyttämällä 1 litra Liave-sytytysnestettä ja kaksikymmentäviisi koivupuuklappia. Sytytysneste kaadettiin minuutti ennen sytytyshetkeä koivupuuklapeista koottuun tapuliin ja sen ympärillä oleviin rakenteisiin. Sytytysnesteen kaatamisen jälkeen varsinainen poltto aloitettiin molemmissa tapauksissa antamalla merkki kaasutoholla Dasyabin termoparilankaan, minkä jälkeen alkupalo sytytettiin palamaan. Sytyttämisen jälkeen sytytysvälineenä käytetty propaanikäyttöinen kaasutoho ja Liave-sytytysnesteen mittaamiseen käytetty litran mitta-astia laitettiin tilan ulkopuolelle, ja palotilan ovi suljettiin savusukellusvarusteisten tarkkailijoiden jäädessä sisälle tarkkailemaan olosuhteita ja kuvaamaan tilannetta lämpökameralla ja Go Pro-actionkameralla.



Kuva 6. Puurakenteisen puolen alkupalo.

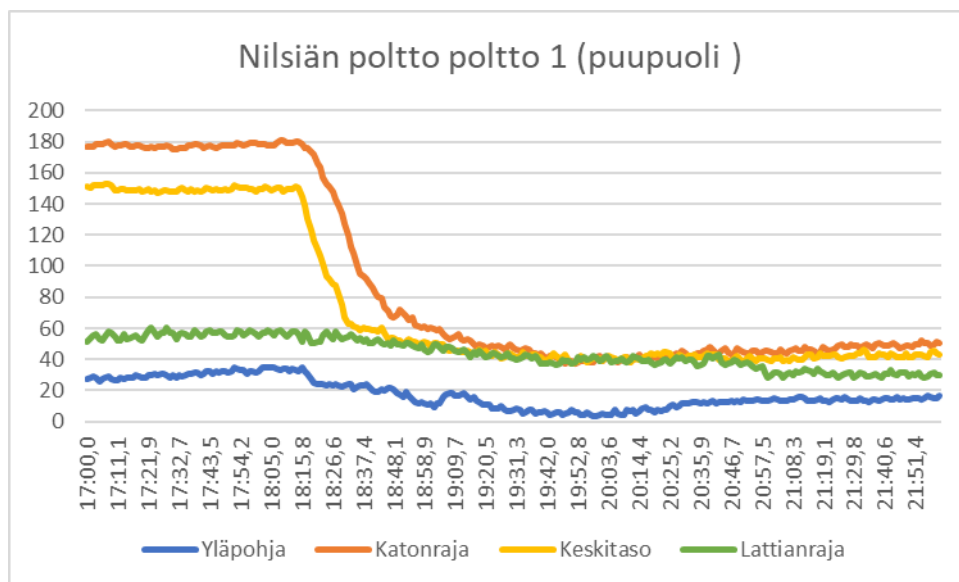


Kuva 7. Hirsipuolen alkupalo.

Ensimmäisessä poltossa, joka sijoittui rakennuksen puurakenteiseen osaan, palo lähti kehittymään alkupalosta hyvin, mutta savunmuodostus tilassa pysyi savusukeltajien havaintojen ja videokuvamateriaalin perusteella heikkona. Tilaan muodostui paljon vesihöyryä, joka aiheutui rakennuksen kosteudesta. Näkyvyys tilassa säilyi hyvänä sammutusiskun aloittamiseen asti. Palon annettiin kehittyä 15 minuutin ajan sytytyshetkestä, minkä jälkeen aloitettiin sammutusisku savusukeltajien käskyllä.

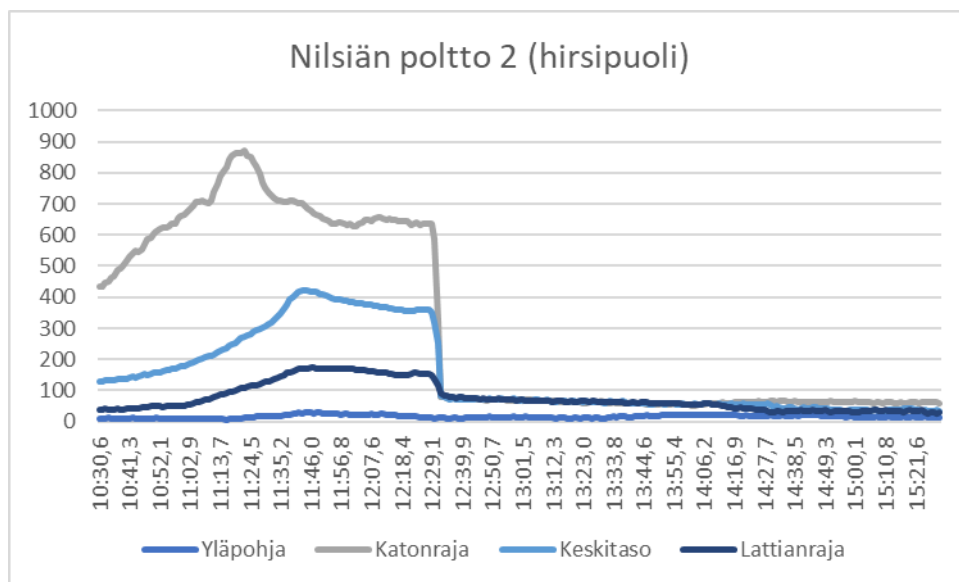
Sammutusiskun kesto suorituksessa oli 70 sekuntia. Isku lopetettiin, kun savusukeltajat sisällä ilmoittivat, että palo on sammunut ja lämpötila oli laskenut riittävästi. Olosuhteita tarkkailtiin sekä visuaalisesti, lämpökameralla, aistihavainnoilla että Dasylabin termoparilankojen arvoja seuraamalla reaaliajassa ulkopuolelta. Myös rakennuksen ulkopuolella työskentelevät henkilöt havaingoivat olosuhteita ja ilmoitit rakennuksen ulkopuolelta.

Rakennuksen sisäpuolella havaittiin, että palo sammui nopeasti. Palon loimotus hävisi sekunneissa, ja tila täyttyi vesihöyryllä niin, että näkyvyys hävisi ja lämpötila laski. Lämpökameralla olosuhteita tarkkailtaessa havaittiin, että alkupalo ja alkupalon yläpuoliset palavat materiaalit sammuivat ja jäähtyivät hyvin, mutta palo oli ehtinyt levitä kattoa pitkin laajemmalle alueelle, kuin mihin hyökkäävän Fognail-pistosuihkuputken sammutusvesikeila levisi. Ongelmaan keksittiin ratkaisu, porattiin halkaisijaltaan hieman isompi reikä Fognail-pistosuihkuputkelle, joten suihkuputkea voidaan käännellä ulkoapäin ja jäähdyttää laajempaa aluetta. Rakennukselle ei tästä isommasta reiästä aiheudu käytännössä yhtään isompaa vauriota, ja reiän poraamiseen ei kulu enempää aikaa. Dasylab-mittauslaitteistolla saadut lämpötilakäyrät näkyvät kuvassa 8. Taulukko kuvastaa sitä, miten sammutusisku alentaa huonetilan lämpötilaa



Kuva 8. Lämpötilakäyrät poltto 1, puupuoli

Toisessa poltossa alkupalo lähti kehittymään täyden palon vaiheeseen huomattavasti nopeammin kuin ensimmäisessä poltossa. Lämpötilat tilassa nousivat nopeasti, ja palokaasut levittivät palavia haldex-kattolevyn palasia ympäri tilaa sytyttäen helposti syttyvät materiaalit tilassa palamaan. Tila täyttyi nopeasti tummalla savulla, ja näkyvyys hävisi täysin. Kuitenkin tutkimuksemme kannalta ongelmalliseksi muodostui se, että kyseinen tila oli niin tiivis, ettei palo saanut tämän nopean alun jälkeen tarpeeksi happea kehittyäkseen pidemmälle, vaan alkupalo ja palot tilassa sammuiivat. Palofysikaalisesti tämä tilanne selittyy sillä, että tilassa on liian rikas savukaasuseos, jolloin palaminen ei ole mahdollista ennen kuin tilaan saadaan lisää happea. Tilannetta pyrittiin korjaamaan koeasetelmamme takia antamalla palolle happea ulko-ovesta, mutta palo ei enää lähtenyt tästä kehittymään odottelusta huolimatta. Tämän takia suoritus päätettiin uusimaan, koska ikkunat olivat pysyneet ehjänä ja palo ei levinnyt yläpohjaan.



Kuva 9. Lämpötilakäyrät poltto 2, hirsipuoli

Savusukeltajien paineilmahengityslaitteen pullon vaihdon ja tilan ylipainetuuletuksen jälkeen latasimme alkupalon uudelleen ja sytytimme sen käyttäen saman määrän Lieavesytytysnestettä ja sytytysmateriaaleja. Jälleen palo lähti alkupalon syttymisen jälkeen kehittymään todella nopeasti, kuten kuvasta 9 näkyy. Tila täyttyi jälleen mustasta savusta, joka sotki niin paineilmahengityslaitteen maskin lasit kuin kypäräkameran ja lämpökameran linssin, kuten kuvasta 10 näkyy. Savusukeltajan ei ollut enää käytännössä mahdollista lukea lämpökameran näyttöä, koska maskin lasin läpi ei siitä saanut mitään selvää.

Tämä sotkeutuminen johtui mitä todennäköisimmin tilassa olleista keinokuitumateriaaleista, jotka haldex-levyn kappaleet sytyttivät palamaan.



Kuva 10. Valkoinen Gallet-kypärä ja Dräger PSS-7000 maski toisen polton jälkeen.

Edellisestä hiipuneesta/tukahtuneesta palosta viisastuneena palolle annettiin hieman happea ulko-ovesta siinä vaiheessa, kun anturointien ja savusukeltajien havaintojen perusteella palo alkoi hiipua ja liian rikas savukaasuseos täytti palotilan.

Ensimmäiseen kokonaiseen polttoon verrattuna tilassa oli todella kuuma. Sisällä olevien savusukeltajien olosuhteet olivat sellaiset, että tilasta olisi ollut pakko poistua, mikäli lämmöt tilassa olisivat vielä nousseet.

Välittömästi sammuttamisen aloittamisen jälkeen alkupalon viereinen yksikerrosikkuna hajosi lämmön ja ylipaineen vaikutuksesta. Tästä huolimatta yhdellä hyökkävällä Fognail-pistosuihkuputkella palotilan lämmöt saatiin laskettua hyvin alas, ja palon kehittyminen hiipui. Alkupalo sammui, ja alkupalon yläpuolinen yläpohja saatiin jäähdytettyä aiempaa tehokkaammin, koska Fognail-pistosuihkuputkelle porattiin hieman isompi reikä, jolloin sitä voitiin käänellä.



Tiloihin aloitettiin savutuuletus ylipaineisesti ulko-ovelta käyttäen säiliösammutusauton sähkökäyttöistä savutuuletinta. Tuuletusaukko syntyi tässä tapauksessa luonnollisesti alkupalon viereen, koska ikkuna rikkoontui aloitettaessa sammutusisku. Savutuuletuksen aikana sammutusta/jäähdytystä Fognail-pistosuihkuputkella ei jatkettu, minkä seurauksena tilaan syntynyt virtaus sytytti alkupalon uudelleen palamaan. Tämä aiheutuu siitä, että samalla kun palotilaa tuuletetaan savuttomaksi, tilaan virtaa sen tilalle ilmaa. Samanaikaisesti huonetilasta poistuu myös vesihöyry, joka estäisi palon uudelleen syttymisen sen tukahduttavan vaikutuksen takia. Palamisen edellytykset täyttyvät uudelleen ja alkupalo syttyy. Tämä on tyypillinen ilmiö myös silloin, kun käytetään perinteistä pienpiarasammutusmenetelmää savusukeltamalla ja siirrytään suihkuputkituuletukseen ikkunasta.

Alkupalon uudelleen syttyminen on asia, joka vaatii tarkkailua. Sitä voidaan kuitenkin tehokkaasti estää jäähdyttämällä alkupaloa vedellä samalla kun savutuuletetaan. Tilan jäähdytystä voidaan toteuttaa monella eri tavalla, esimerkiksi käyttämällä Fognail-pistosuihkuputkea sille poratusta reiästä/hajonneesta ikkunasta, käyttäen perinteistä suihkuputkea ikkunasta tai vaikka sumuttamalla vettä savutuulettimen aikaansaamaan ylipaineiseen ilmavirtaan.

Savutuulettamalla ylipaineisesti tila saadaan kuitenkin savuttomaksi, ja olosuhteita tilassa voitiin ainakin tässä palossa seurata myös ulkopuolelta aistihavaintojen avulla sekä lämpökameraa apuna käyttäen. Kun alkupalo syttyi uudelleen, se alkoi loimottaa oranssipunaisena, joten se on mahdollista huomata myös vesihöyrypilven läpi. Kun tila on saatu savutuulettettua savuttomaksi, voidaan tehdä jälkiraivausta käyttäen suojaustasona paineilmahengityslaitetta ja sammutusasu. Tämä ei kuitenkaan ole pelastussukellusohjeen mukaista savusukellusta vaan jälkiraivausta, jota voi tehdä henkilö, joka on koulutettu ja kykenevä käyttämään paineilmahengityslaitetta suojaajana.

Jälkiraivauksen jälkeen tiloissa aloitettaisiin jälkivahingontorjunta, palontutkinta sekä jälkivartiointi. Nämä toimenpiteet suoritettaisiin tapauskohtaisesti joko palokunnan tai yhteistyötoimijoiden tekemänä täysin tilanteen ja saatavilla olevien resurssien mukaan.

#### 4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätöksenä tutkimuksen perusteella voimme pitää sitä, ettei lämpökamera tuota olennaista lisäarvoa rakennuspalokohteen tiedustelussa ulkoapäin. Rakennuksien eristeet estävät lämpökameran toiminnan eristämällä alkupalosta lähtevän lämpösäteilyn, mihin lämpökameran toiminta perustuu. Lämpökamera on laite, joka muodostaa näkyvän kuvan katsottavasta kohteesta lähtevän lämpösäteilyn perusteella. Lämpökameran kuva näytöllä perustuu katsottavan kohteen pieniin lämpötilaeroihin (Ala-Kokko, 2008, 28). Ihmissilmä on erittäin tehokas ja monipuolinen elin havaitsemaan pienimmätkin savuhavainnot rakenteista. Ensimmäinen havainto rakennuksessa olevasta palosta on valumajäljet huoneen sisimmän lasin sisäpinnalla kuvassa 11 ja pian sen jälkeen alkavat erottumaan savukiehkurat, jotka tulevat räystäslinjan luota seinärakenteista tai ikkunanpielestä kuvassa 12.



Kuva 11 Valumajäljet ikkunalasissa



Kuva 12 Savukiehkura ikkunanpielestä

Lämpökameran hyödynnettävyyttä rajoittaa tällä hetkellä se, että ihmisen täytyy sitä pitää kädessään ja lukea näyttöä samalla. Jos kamera saataisiin jotenkin palavan tilan sisäpuolelle, lämpökameran hyödynnettävyys olisi erinomainen tiedustelun tukena. Tällöin palotilan tiedustelu ja mahdollisten uhrien löytäminen onnistuisi ilman ihmisen sisälle menemistä.

Pelastustoimen muissa tehtävissä rakennuspalokohteessa lämpökamera on vakiinnuttanut ansaitusti paikkansa. Lämpökamera on erinomainen lisä sammutustehtävissä rakennuksen sisällä, jossa savu rajoittaa tehokkaasti näkyvyyden. Lämpökamera tuottaa tällaisissa olosuhteissa hyvän näkyvyyden verrattuna paljaaseen ihmissilmään. Osaava käyttäjä kykenee tulkitsemaan lämpökameran kuvaa niin tehokkaasti, että kuva on verrattavissa lähes savuttoman tilan näkyvyyteen. Lämpökamera on kuitenkin tekninen laite, joka voi mennä rikki, hukkua tai sen toiminnassa voi ilmetä häiriöitä. Kaikissa olosuhteissa ei myöskään ole mahdollista lukea lämpökameran näyttöä, joten on osattava käyttää myös muita menetelmiä palon merkkien ja kehityksen lukemiseen sekä varmistettava poistumisen osalta reitti ulos säilyttämällä kontakti letkuun sekä sammutuspariin. Esimerkiksi noki voi estää lämpökameran näytön lukemisen kuten kuvien 13 ja 14 varusteiden likaisuudesta voi päätellä. Samalla myös savusukellusta suorittavan henkilön varusteet kontaminoituvat savupartikkeleista ja muista tulipalon päästöistä, mikä lisää kokonaiskuormitusta ja varustehuollon tarvetta.



Kuvat 13 ja 14. Nilsiä talonpoltossa likaantuneita varusteita, jotka heikentävät lämpökameran käyttömahdollisuuksia.

Rakennuspalokohteen jälkiraivauksessa lämpökamera on myös erinomainen lisä. Lämpökameran avulla voidaan varmistaa, ettei raivattuihin rakenteisiin jää enää kuumia pesäkkeitä tai niiden löytymistä voidaan helpottaa. Sen avulla voidaan myös tarkkailla lämpötilankehitystä ja mahdollista uudelleensyttymistä savutuuletuksen aikana.

Tutkimuksiemme perusteella Fognail-pistosuihkuputkella on mahdollista sammuttaa tulipalo ulkoapäin ilman savusukellusta. Menetelmää käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon, että jokainen rakennus ja palo on yksilöllinen, joten mitään kaikkiiin paloihin ja rakennuksiin soveltuvaa ”pullatakinareseptiä” ei ole olemassakaan. Lisäksi menetelmää on harjoiteltava ennakkoon, jotta sen tekeminen olisi sujuvaa. Vaikka kyseistä menetelmää käyttäen ei aina paloa saada täysin sammutettua esimerkiksi väliseinien takia, menetelmää käyttämällä pystytään kuitenkin hillitsemään ja rajoittamaan paloa tehokkaasti, jolloin saadaan lisää aikaa kohteeseen saapuville pelastussukelluskelpoisille. Lisäksi vahingot rajoittuvat pääasiassa palavaan huoneistoon ja vesivahingot ovat pienemmät maltillisen vedenkulutuksen ja tehokkaamman höyrystymisen takia verrattuna suihkuputken jatkuvalla vesivirralla tehtyyn sammutukseen/jäähdytykseen.

Menetelmä onkin yksi työkalu, jota voivat hyödyntää niin pelastussukelluskelpoiset kuin henkilöt, jotka ovat kykeneviä käyttämään paineilmahengityslaitetta. Menetelmä ei kuitenkaan korvaa savusukeltamalla suoritettavaa pelastamista, se ei poista palavasta tilasta palofysikaalisten ilmiöiden aiheuttamia tappavia olosuhteita. Negatiivisena asiana menetelmää käytettäessä tilat kuitenkin täyttyvät vesihöyryllä, joka vie näkyvyyden lähes kokonaan huonetilasta. Mahdollinen savusukellus myöhemmin on haastavampaa, mutta tilojen lämpötila saadaan laskettua tehokkaasti turvallisemmalle tasolle ja savukaasupatjan ja rikkaiden savukaasujen aiheuttama pistoliekin tai savukaasupatjan leimahdusvaara saadaan eliminoitua lähes täysin, joten sukeltaminen on kuitenkin työturvallisempaa. Tiloista myös saadaan syrjäytettyä pois vesihöyryn tilavuuden verran palokaasuja, joten tilan savukaasut eivät ole enää niin vaarallisia.



Kuva 15 Rakennus tutkimuksen päätteeksi

## 5. JALKAUTTAMINEN JA MENETELMÄN KEHITTÄMINEN

Jotta Fognail-pistosuihkuputkia pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaasti pelastustoiminnassa, on niistä ja niiden käyttömahdollisuuksista jaettava tietoa ja järjestettävä koulutusta. Mitään menetelmää ei voida tehokkaasti hyödyntää, jos ei sen käyttöä ole harjoiteltu. Isosta osasta Suomen ensilähdön pelastusyksiköistä kuitenkin löytyy jo nyt välineet Fognail-pistosuihkuputkiselvityksen tekemiseen. Ne eivät ole myöskään kalliita hankkia.

Koulutuksen ja käyttömahdollisuuksien parantamisen tueksi olemme laatineet osaksi opinnäytetyötämme kuvalliset ohjeet Fognail-pistosuihkuputken käytöstä huoneisto- ja rakennuspalon sammuttamiseen. Lisäksi Pelastusopistolla on aiemmin tuotettu pelastustoimen täydentävät sammutusmenetelmät hanke (PEKKS), jossa on annettu ohjeet pistosuihkuputkiselvityksen tekemiseen.

Mietittävää ja kehitettävää pelastustoimen operatiiviseen toimintaan osallistuville on se, että myös ei pelastussukelluskelpoista henkilöstöä tulisi ottaa mukaan talonpolttoharjoituksiin, joissa kokeiltaisiin ja harjoiteltaisiin käyttämään näitä menetelmiä autenttisissa olosuhteissa. Menetelmien käyttöä voitaisiin myös harjoitella esimerkiksi perinteisen savusukelluskontin yhteydessä, mutta ongelmana on se, että metallirakenteinen kontti ei anna oikeaa kuvaa perinteisen asuinrakennuksen materiaalien ja veden reagoimisesta. Metallin kuumenee kauttaaltaan niin paljon, ettei vesisuihkua tarvitse erityisesti suunnata, vaan riittää että se osuu kuumalle pinnalle, jolloin vesisumu höyrystyy täyttäen kontin vesihöyryllä, ja palo tukahtuu ja sammuu.

Tällaiselle henkilöstölle olemme myös halunneet kuvata videon palavan huoneiston sisältä. Videolla näytetään, mitä käytännössä tapahtuu. Menetelmästä ja sen käytöstä saadaan maksimaalinen hyöty, kun se koulutetaan mahdollisimman monelle, jotka ovat kykeneviä sitä käyttämään (pelastussukelluskelvottomia unohtamatta). Hyvin usein palokuntien käytännön tulipalon sammutusharjoitukset on järjestetty vain pelastussukelluskelpoisille, mutta mielestämme olisi perusteltua järjestää niitä myös muille omalla heille soveltuvalla sisällöllään.

## LÄHTEET

Ala-Kokko, V. 2008. *Savusukellusopas*. Pelastusopiston julkaisu nro 2/2008 Pelastusopisto. Kuopio.

Hyttinen, V, Tolonen, P, Väisänen, T. 2007 *Palofysiikka*, Pelastusopisto. Kuopio

*Pelastussukellusohje*, Sisäministeriön julkaisuja 48/2017

Sammutus- ja pelastustekniikan opintojakson luentomateriaali.

## LIITTEET

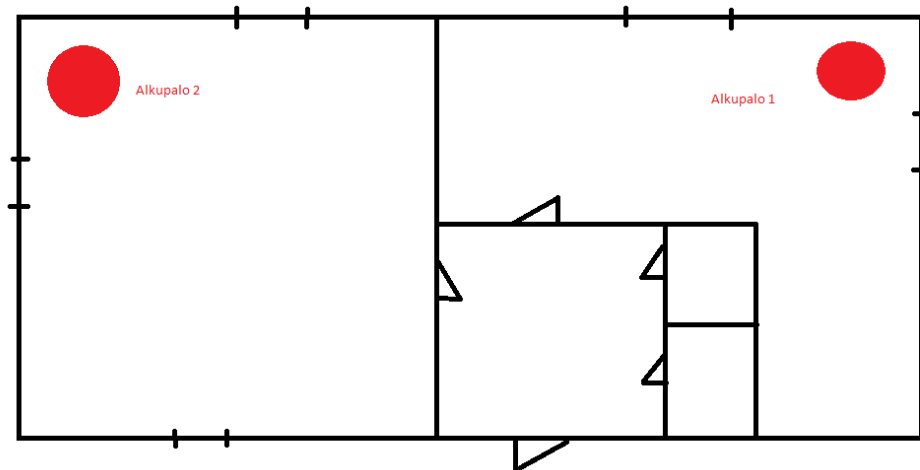
Huomiot:

AIKA	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 1	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 2	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 3
0:00			
2:00			
5:00			
10:00			
15:00			
17:00			
20:00			

Sammutushyökkäyksen kesto 90 sek

Mittauksien kirjaamiseen käytettiin yllä olevaa taulukkoa.





Koepoltossa käytettiin DasyLab-mittauslaitetta. Mittauksessa käytettiin kolmea termoparilankaa. Mittauslaitteen termoparilangat asennettiin kuvassa alkupalojen viereen seuraavalla tavalla:

Puurakenteinen huone: Termoparilangat asennetaan 30 senttimetrin etäisyydelle seinästä ja 280 senttimetrin etäisyydelle polttopisteestä. Termoparilangat asennetaan 50 senttimetrin, 120 senttimetrin ja 200 senttimetrin korkeudelle lattiasta. Termoparilangat suojataan metallisella suojaputkella. Suojaputket suojaavat termoparilankaa vesipisaroilta. Termoparilankojen viereen asennettiin lämpötilan vertailua varten myös suojaamattomat termoparilangat.

AIKA	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 1 200cm korkeus	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 2 120cm korkeus	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 3 50cm korkeus
0:00			
2:00			
5:00			
10:00	127astetta	128astetta	52astetta
15:00	178astetta	150astetta	56astetta
17:00			
20:00			

Koepoltto 1, puurakenteinen huone, hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputki yläviistoon.

Ajassa 4:00 silmällä näkee savua räystäslinjalta

Ajassa 5:30 lämpökameralla pystyi havaitsemaan ikkunan lämpötilan nousun

Ajassa 15:30 sammutus alkoi. Sammutushyökkäys kesti 90sek

AIKA	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 1 200cm korkeus	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 2 120cm korkeus	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 3 50cm korkeus
0:00	67astetta	36astetta	23astetta
2:00	478astetta	215astetta	78astetta
5:00	483astetta	179astetta	83astetta
11:00	72astetta	98astetta	76astetta
15:00			
17:00			
20:00			

Koepoltto 2, hirsirakenteinen huone, hyökkäävä Fognail-pistosuihkuputki yläviistoon.

Ajassa 1:30 näkyvyys nolla.

Ajassa 9:30 kattolevyjä alkoi tippumaan, paloa hapetettiin oven raosta.

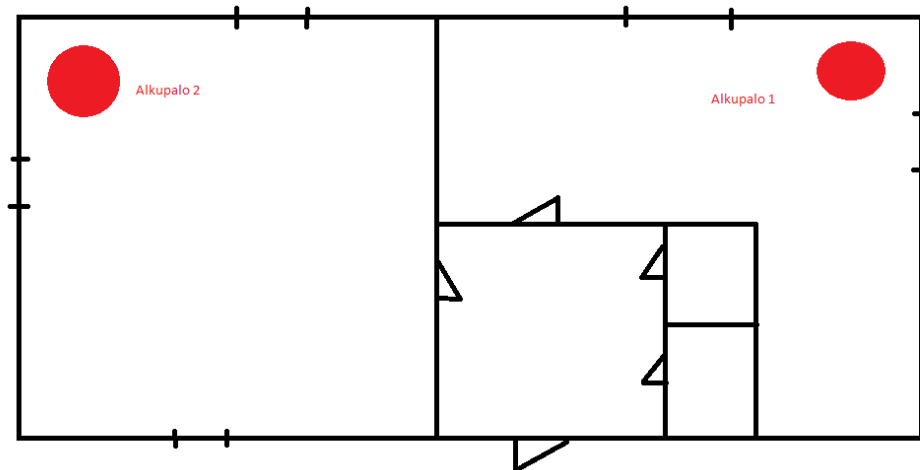
Ajassa 11:00 Ikkuna rikkoutui ja samalla aloitettiin sammutushyökkäys. Sammutushyökkäys kesti 90 sekuntia.

AIKA	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 1	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 2	LÄMPÖTILA MITTAUSPISTE 3
0:00			
2:00			
5:00			
10:00			
15:00			
17:00			
20:00			

Huomiot:

Sammutushyökkäyksen kesto on 90 sekuntia

Mittauksien kirjaamiseen käytetään yllä olevaa taulukkoa.



Koepoltossa käytetään DasyLab-mittauslaitetta. Mittauksessa käytetään kolmea termoparilankaa. Mittauslaitteen termoparilangat asennetaan kuvassa alkupalojen viereen seuraavalla tavalla:

Puurakenteinen huone: Termoparilangat asennetaan 30 senttimetrin etäisyydelle seinästä ja 280 senttimetrin etäisyydelle polttopisteestä. Termoparilangat asennetaan 50 senttimetrin, 120 senttimetrin ja 200 senttimetrin korkeudelle lattiasta. Termoparilangat suojataan metallisella suojaputkella. Suojaputket suojaavat termoparilankaa vesipisaroilta. Termoparilankojen viereen asennetaan lämpötilan vertailua varten myös suojaamattomat termoparilangat.



## OHJEKORTTI FOGNAIL-PISTOSUIHKUPUTKEN KÄYTTÖÖN

Mikko Kivelä ja Harri Laukkanen

## SISÄLTÖ

1	FOGNAIL-PISTOSUIHKUPUTKI SELVITYS-KALUSTO	1
2	SELVITYKSEN TEKEMINEN	2

## 1. FOGNAIL-PISTOSUIHKUPUTKI SELVITYS-KALUSTO

Fognail-pistosuihkuputki selvitykseen tarvitaan kalustoksi

- Fognail-pistosuihkuputki ja vähintään 2kpl työjohtoa
- porakone ja siihen hirsiporanterä (vähintään 18mm halkaisija)
- vuorojakoliitin varmennetulla pääjohdolla
- työjohtoselvitys turvasuihkuksi





## 2. SELVITYKSEN TEKEMINEN

Fognail-pistosuihkuputki selvitys tehdään vuorjakoliittimen kautta. Tällöin saadaan työjohtoselvitys tehtyä turvasuihkuksi samasta vuorjakoliittimestä.

Fognail-pistosuihkuputkea varten seinään täytyy porata vähintään 18mm halkaisijaltaan oleva reikä.



Ensimmäinen reikä porataan yläviistoon siten, että tiedustelun perusteella Fognail-pistosuihkuputki osoittaa palopesäkkeen yläpuolelle katon rajaan. Tällöin Fognail-pistosuihkuputken paloa sammuttava teho sekä kaasupatjaa jäähdyttävä teho on mahdollisimman tehokas.



Fognail-pistosuihkuputki asetetaan seinään porattuun reikään ja avataan Fognail-pistosuihkuputken venttiili. Sopiva kesto sammutusiskulle on noin 90sekuntia. Fognail-pistosuihkuputki pysyy reiässä varressa olevan karhennuksen ansiosta, mutta Fognail-pistosuihkuputken pysyvyys kannattaa varmistaa pitämällä siitä käsin kiinni. Sopiva suihkupaine Fognail-pistosuihkuputkelle on 6bar.

Parhaimman sammutusvaikutuksen saa, kun poraa useita reikiä rakennuspalokohteen eri seiniin, ja vaihtaa tiedustelun perusteella välillä Fognail-pistosuihkuputken paikkaa. Yhdestä reiästä Fognail-pistosuihkuputken vesisuihku ei kata riittävän kattavasti huonetilaa.