



SAVONIA

OPINNAYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SARA-KOURAN KÄYTETTÄVYYS YLÄONTELOPALOISSA

TEKIJÄ/T:

Saku Tauriainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Palopäällystön koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Saku Tauriainen	
Työn nimi SaRa-kouran käytettävyys yläontelopalossa	
Päiväys 3.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 41/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Mika Ruokolainen, Kymenlaakson pelastuslaitos	
Tiivistelmä <p>Sammutus- ja raivauskoura (SaRa-koura) on suunniteltu yläontelopalojen sammuttamiseen, palon rajoittamiseen ja savunpoistoaukon tekemiseen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli levittää tietoisuutta SaRa-kouran käytettävyydestä yläontelopalon sammuttamisessa. Päätutkimuskysymyksenä oli selvittää, kuinka tehokas on SaRa-kouran teoreettinen eli laskennallinen sammutuskyky vedellä harjakattoisen omakotitalon yläontelopalossa. Lisäksi työssä selvitettiin, mikä on SaRa-kouran vesivirtaaman määrä 6, 8 ja 10 baarin paineilla ja millä muilla välineillä SaRa-kouran sammutuskykyä voidaan yläontelopalossa tehostaa. Esimerkkipelastuslaitoksena tutkimuksessa toimii Kymenlaakson pelastuslaitos.</p> <p>Opinnäytetyöhön sisältyvät mittaukset tehtiin SaRa-kouralla Kymenlaakson pelastuslaitoksella Kouvolassa vuonna 2017. Aikaisemmissa tutkimuksissa rivitaloaluoneiston yläontelopalo on onnistuttu sammuttamaan 2,3 litraa sekunnissa vesivirtaamalla kahden minuutin sammutusjaksolla yleissyttymästä. Tässä työssä saavutetulla SaRa-kouran 2,5 litraa sekunnissa vesivirtaamalla voidaan saada yläonteloon aikaiseksi sellainen sammutus- ja jäähdystysteho, jossa palamisen edellytyksiä ei enää ole. Lisäksi SaRa-kouralla voidaan tehdä savunpoistoaukko, vähentää merkittävästi henkilöstöresurssin tarvetta ja parantaa työturvallisuutta.</p> <p>SaRa-kouraa ei kuitenkaan kannata käyttää ainoana sammutustekniikkana yläontelopalon sammuttamiseen. SaRa-kouran käyttöä kannattaa tehostaa muilla sammutustekniikoilla. SaRa-koura yhdistettynä muihin sammutustekniikoihin muodostaa tehokkaan ja työturvallisen kokonaisuuden yläontelopalon sammuttamiseen.</p>	
Avainsanat SaRa-koura, yläontelopalo, sammutustekniikka, työturvallisuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Fire Officer (Engineer)	
Author(s) Mr. Saku Tauriainen	
Title of Thesis Usability of SaRa-koura in Roof Cavity Fire	
Date May 3 rd , 2023	Pages/Appendices 41/1
Client Organisation /Partners Mika Ruokolainen, Kymenlaakson pelastuslaitos	
<p>Abstract</p> <p>The fire grab arm called SaRa -koura is designed for extinguishing fires and bulldozing in situations of roof cavity fires. The objective of this thesis was to expand the awareness of SaRa -koura and how it can be used especially in gable roofed town house fires. The main objective was to find out how effective the theoretical extinguishing capacity of SaRa -koura is. Additionally, this thesis aimed to measure the water flow of SaRa -koura in 6, 8 and 10 bar pressure.</p> <p>The aim was also to clarify what gear and equipment are suitable for intensifying the extinguishing power while used together with SaRa -koura. The measurements in this thesis were completed in Kymenlaakso Rescue Department in Kouvola in 2017. In previous studies a roof cavity fire of a town house had been extinguished with a water flow of 2,3 liter per second for two minutes time. In the tests of SaRa -koura for this thesis, a water flow of 2,5 liter per second was achieved.</p> <p>Thus, it can be deduced, that the water flow of SaRa -koura is sufficient for extinguishing fires. SaRa -koura can also make a hole in the roof, improve occupational safety, and reduce needs of human resource in a fire situation. SaRa -koura should still be used together with other extinguishing gear and equipment to reach the best possible extinguishing capacity.</p>	
<p>Keywords SaRa-koura, roof cavity fire, extinguishing capacity, occupational safety</p>	

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on oman alipäälystötutkinnon kehittämishankkeen jatkotutkimus. Tein alipäälystötutkintoni kehittämishankkeen aiheesta savunpoistoaukko kuormausnosturimen risukouralla. Risukourasta on kehitystyön tuloksena muotoutunut tuote nimeltään Sammutus- ja raivauskoura. Sammutus- ja raivauskourasta käytän tässä työssä tuotteen lyhyempää nimeä SaRa-koura.

Opinnäytetyön ohjaajina toimivat yliopettaja Ismo Huttu Pelastusopistolta ja Mika Ruokolainen Kymenlaakson pelastuslaitokselta. Heille osoitan erityiskiitoksen vahvasta uskosta tähän uuteen toimintamalliin ja uuden sammutusvälinetuotteen kehittämiseen. He ovat antaneet oman työpanoksensa ja luoneet uskoa sammutus- ja raivauskouran tekniseen toimivuuteen sekä toimivan sammutustekniikan sanan eteenpäin viemiseen.

Osoitan kiitokseni myös tekniselle palopäällikölle Jukka Ruuskaselle Kymenlaakson pelastuslaitokselta menneiden vuosien aikana antamastaan mahdollisuudesta kehittää pelastuslaitoksen sammutuskalustoa työturvallisempaan suuntaan yläontelopalojen sammuttamisessa. Lisäksi haluan kiittää kaikkia niitä, jotka ovat antaneet tilaisuuden osoittaa SaRa-kouran toimivuuden.

Kiitän myös erikseen Hiab Cargotec Oy:n Jarmo Lappeteläistä ja Mika Rusia lukuisista puhelinkeskusteluista tuotteen kehittämisessä. Ne ovat olleet rikkaita ja silmiä avaavia teknisten ratkaisuiden mahdollisuuksien suhteen. Ilman heidän intensiivistä tukeaan ei SaRa-koura olisi valmistunut tähän pisteeseen saakka, jossa nyt ollaan.

Uskon, että kouluttamalla ja jakamalla tietoa SaRa-kouran käytettävyydestä yläontelopaloissa valtakunnallisesti saadaan hyvä mahdollisuus käyttää niukkenevat henkilöstöresurssit jatkossa entistä tehokkaammin. Mikä tärkeintä, saadaan työturvallisempi toimintamalli yläontelopalojen sammuttamiseen, jottei kenenkään henkilön tarvitsisi enää fyysisesti mennä palavan omakoti- tai rivitalon yläontelotilan päälle.

Kouvolassa 3.5.2023

Saku Tauriainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tausta.....	7
1.2	Tutkimuksen tavoite.....	7
1.3	Tutkimuskysymykset	8
1.4	Viitekehys ja rajaus	8
1.5	Tutkimusmenetelmät	8
1.6	Aikaisempi tutkimus	9
2	YLÄONTELOPALO JA SEN SAMMUTUSMENETELMÄT	10
2.1	Ontelopalon kehittyminen.....	11
2.2	Palokuorma harjakaton yläontelossa	12
2.3	Henkilönostimen avulla suoritettava yläontelopalon sammutus.....	13
2.4	Kattotyöskentely palavan rakennuksen katolla	14
3	SAMMUTUSRESURSSIT	16
3.1	Savusukeltajien määrän väheneminen.....	16
3.2	Henkilöstöresurssit ja toimintavalmiusaika	16
4	SARA-KOURA	18
4.1	SaRa-kouran rakenne.....	19
4.2	SaRa-kouran vesilinjat.....	20
4.3	SaRa-kouran suihkukuvio	21
4.4	Savunpoistoaukko SaRa-kouralla.....	24
4.5	Työturvallisuus	25
4.6	Henkilöresurssi SaRa-kouraa käytettäessä	25
5	SARA-KOURAN MITTAUKSIEN TULOKSET VESIVIRTAAMISTA	26
5.1	Kuvaus mittauksen suorittamisesta	26
5.2	Mittauksen tulokset.....	29
5.3	Tutkimustulokseen vaikuttavat tekijät	30
5.4	SaRa-kouran sammutuskyky ja sen mitoitus	31
6	SARA-KOURAN SAMMUTUSTEHON TUKEMINEN MUITA SAMMUTUSTEKNIIKOITA KÄYTTÄMÄLLÄ	34
6.1	Lämpökamera ja UAS/ RPAS.....	34
6.2	Pistosuihkuputki.....	35

6.3	Cobra-sammutusleikkuri	36
6.4	Heittosammutin	36
6.5	Jauhesammuttimet	36
6.6	ST -putki	37
7	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET	40
	LIITE 1: PALOKUNTIEN LÄHTÖAJAT JA ERIKOISTUMISET	42

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkittava aihe on minulle tuttu jo vuodesta 2006 alkaen, jolloin pelastaja loukkaantui vakavasti työtetävässä yläontelopaloa sammuttaessaan. Tällöin aloin pohtia vaihtoehtoista menetelmää yläontelopalon sammuttamiseksi ja savunpoistoaukon tekemiseksi. Kiinnostuin aiheesta silloin varsin syvästi ja halusin löytää entistä työturvallisemman ratkaisun, joka vähentäisi pelastajien tarvetta työskentelyyn palavan rakennuksen katolla.

Työturvallisuuslain (738/2002, 10 §) mukaan työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvítettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä, milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.

Alipäälystötutkimoni kehittämishankkeessa vahvistin ajatuksen tekniikasta, jolla savunpoistoaukko voidaan tehdä jo olemassa olevilla välineillä niin, ettei kenenkään henkilön tarvitse mennä palavan rakennuksen katolle fyysisesti. Kehittämishankkeen jatkokehityksenä olen valmistanut lopullisen tuotteen Hiab Cargotec Oy:n kanssa: sammutus- ja raivauskouran (SaRa-koura), jolla on normaalin kouran käytön mahdollisuuden lisäksi sammutuskyky tai ainakin paloa rajoittava kyky vedellä. Sammutus- ja raivauskouraa nimitetään jatkossa tässä tutkimuksessa nimellä SaRa-koura.

Valtakunnallisesti pelastuslaitosten ja palokuntien henkilöstöresurssit supistuvat vääjäämättä pelastussukellusvaatimuksen mukaiseen savusukellukseen kykenevien henkilöiden osalta. Kun savusukeltajia ei ole jatkossa käytettävissä samoissa määrin kuin ennen, on aiheellista tutkia vaihtoehtoisia menetelmiä vaativien yläontelopalojen sammuttamiseksi. SaRa-koura yhdessä sellaisen kuormausnosturin kanssa, jolla on riittävä tonnikuorma ja ulottuvuus, on yksi tehokas menetelmä yläontelopalojen sammuttamiseksi, ja siksi sen käytettävyyden tutkiminen on aiheellista.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on saada leviämään tietoisuutta SaRa-kouran käytettävyydestä yläontelopalon sammuttamisessa. Oleellista on esitellä keinoja siihen, ettei yhdenkään pelastustyötä tekevän henkilön tarvitsisi mennä enää missään tilanteessa köysien varassa yläpohjaonteloa jäähdyttämään, sammuttamaan tai savunpoistoaukkoa tekemään, vaan edellä mainitut toimenpiteet voitaisiin jatkossa tehdä koneellisesti.

Pelastustoimen strategiassa 2025 (Sisäministeriö 2012, 6) on mainittu myös seuraavaa: Pelastustoimen on muuttuvissa olosuhteissa ja talouden paineissa kyettävä hoitamaan tehtävänsä aiempaa tehokkaammin ja taloudellisemmin. Uusilla teknisillä apuvälineillä on mahdollisuus vaikuttaa henkilöstöresurssien tehokkaampaan käyttämiseen sinne, missä niillä on enemmän tarvetta tilanteen hoitamisen aikana ilman riskejä.

1.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen pää rakenne on kaksiosainen. Sen tarkoituksena on käsitellä SaRa-kouran sammutuskykyä ja toisaalta myös selvittää millaisia työkaluja on esimerkkipelastuslaitoksella (Kymenlaakson pelastuslaitos) käytettävissä SaRa-kouran tueksi yläontelopalossa.

Pää tutkimuskysymyksenä tässä tutkimuksessa on selvittää, kuinka tehokas on SaRa-kouran teoreettinen eli laskennallinen sammutuskyky vedellä harjakattoisen omakotitalon yläontelopalossa?

Alatutkimuskysymyksiä ovat seuraavat

Mikä on SaRa-kouran vesivirtaaman määrä 6, 8 ja 10 baarin paineilla?

Millä muilla välineillä SaRa-kouran sammutuskykyä voidaan yläontelopalossa tehostaa? Esimerkkipelastuslaitoksena tässä toimii Kymenlaakson pelastuslaitos.

1.4 Viitekehys ja rajaus

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan SaRa-kouran sammutustehoa vedellä harjakattoisen omakotitalon yläontelopalossa. Työ ei käsittele muita rakennusmalleja, sillä SaRa-koura on ensisijaisesti tarkoitettu harjakattoisen omakoti- tai rivitalon yläontelopalon sammutukseen.

Tulipalon viitekehystenä tutkimuksessa käytetään Juha Ronkaisen tekemää opinnäytetyötä Erilaiset sammutustekniikat ja sammutustekniikan opetus yläpohjan ontelon tulipalossa (Ronkainen 2009). Ronkainen on opinnäytetyössään kuvannut tyypillisen ontelopalon etenemistä harjakattoisessa rakennuksessa.

Yläontelopalolla tässä työssä tarkoitetaan rajatun tilan paloa, joka sijaitsee omakoti- tai rivitalon ullakolla. Palo kulkeutuu yläonteloon pääsääntöisesti yläontelon alapuolisista tiloista, kuten keittiössä syttynyt alkupalo voimistuu niin suureksi, että palon voimakas lämpö rikkoo keittiön ikkunan, jonka kautta palo pääsee ulkoverhouksen kautta tai suoraan räystäään tuuletusrakojen välistä kulkeutumaan vesikatteen alla olevaan yläontelotilaan.

Tutkimuskohteeksi on valittu SaRa-kouran vesivirtaama, sillä sen kautta voidaan pyrkiä määrittämään laskennallinen sammutuskyky. Koska jo tutkimusta aloitettaessa on selvää, että yläontelopalon sammuttamiseen tarvitaan muutakin kuin SaRa-koura, on tässä tutkimuksessa lisäksi käsitelty myös muiden sammutustekniikoiden ja -menetelmien hyödyntämistä sammutustoiminnan tehostamiseksi.

1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus on sekä laadullinen (kvalitatiivinen) että määrällinen (kvantitatiivinen). Tutkimuksen luvut 2-4 ovat luonteeltaan laadullista tutkimusta. Niiden perusteena on käytetty erilaista aineistoa (esimerkiksi oppikirjat, opinnäytetyöt ja erilaiset tutkimukset).

Tutkimuksen määrällinen (kvantitatiivinen) osuus kuvataan luvussa 5. Kvantitatiivisen tutkimuksen kohteena tässä tutkimuksessa on sammutusvesivirran määrä SaRa-kourassa 6, 8 ja 10 baarin paineella. Kvantitatiivinen tutkimus tehtiin SaRa-kouralla käytännön kokeilla Kymenlaakson pelastuslaitoksella vuonna 2017.

1.6 Aikaisempi tutkimus

Olen tutkinut Pelastusopiston alipäälystökurssin kehittämishankkeessa vuonna 2012 savunpoistoaukon tekemistä kuormausnosturimen risukouralla. Alipäälystökurssin tutkimukseni muodosti lähtöidean tälle opinnäytetyölle, sillä siinä havaitsin tarpeen yläontelotilan palotehon leikkaamiseen tai jopa sammuttamiseen yläontelotilassa. Tästä syntyi ajatus kourasta, johon on liitetty vedenkuljettusta varten vesilinjat.

Edellä mainitussa Juha Ronkaisen Pelastusopistolle tekemässä opinnäytetyössä (2009) "Erilaiset sammutustekniikat ja sammutustekniikan opetus yläpohjan ontelon tulipalossa" tutkitaan yläontelopaloa ja sen erilaisia sammutustekniikoita. Ronkaisen työ muodostaa pohjaa myös tälle tutkimukselle erityisesti yläontelopalon hallintaan saamiseen liittyvässä tutkimustyössä. Ronkainen ei kuitenkaan käsittele omassa tutkimuksessaan SaRa-kouran käyttöä yläontelopalossa.

Toni Kuoppamäki on Pelastusopistolle tekemässään opinnäytetyössään "Täydentävät sammutusmenetelmät huoneistopalossa" (2017) tutkinut millaisia täydentäviä sammutusmenetelmiä voidaan käyttää huoneistopaloissa Kymenlaakson pelastuslaitoksen toimintaympäristössä. Tämä tutkimustyö palvelee myös yläontelopalon sammutukseen liittyvää tutkimusta. Kuoppamäen tutkimuksessa mainituista menetelmistä useat on otettu käyttöön Kymenlaakson pelastuslaitoksella.

Markus Lohiranto on vuonna 2019 tehnyt Pelastusopistolle opinnäytetyön otsikolla "Pelastustoimen kattotyöskentelyn kehittäminen". Tämä työ keskittyy pelastustoiminnassa tapahtuvan kattotyöskentelyn ja sen koulutuksen kehittämiseen. Lisäksi siinä esitellään mittaustuloksia pistosuihkuputkien jäähdytystehosta ja vaihtoehtoisia toimintamalleja sekä kalustoa kattotyöskentelyyn. Lohirannon tutkimus ei varsinaisesti liity nyt tekeillä olevaan opinnäytetyöhön, mutta voi antaa mielenkiintoista lisätietoa vesisumun jäähdyttävästä vaikutuksesta yläontelopalossa asiasta kiinnostuneille.

2 YLÄONTELOPALO JA SEN SAMMUTUSMENETELMÄT

Yläontelopalon tehokkaan sammuttamisen edellytyksenä on ymmärtää ontelopalon lainalaisuudet ja yleiset käyttäytymisperiaatteet. Yläontelotilan rakenteen, siellä sijaitsevien aukkotekijöiden ja palon vaiheen onnistuneella tulkinnalla alkutiedustelun yhteydessä voidaan löytää kuhunkin tilanteeseen soveltuvimmat sammutustaktiikat ja sammutustekniikat. Onnistuminen on kiinni siitä, millaisia sammutustekniikoita on käytettävissä ja missä ajassa toimenpiteet saadaan toteutettua.

Taktinen nelikenttämalli rakennuspaloissa sisältää hyökkäävän ja puolustavan taktiikan ulkoa ja sisältä. Puolustavan taktiikan tavoitteena on palon rajoittaminen ja sammuttaminen sekä palon leviämisen estäminen. Hyökkäävän taktiikan tavoitteena on palon sammuttaminen ja rajoittaminen. Voidaankin sanoa, että puolustava taktiikka edustaa lähinnä palon rajoittamista ja hyökkäävä taktiikka palon sammuttamista. (Huttu ym. 2022, 144 – 145.)

Taktinen nelikenttämalli rakennuspaloissa sisältää seuraavat (Huttu ym. 2022, 145.):

- hyökkäävän ulkoa sammuttamisen ja rajoittamisen taktiikan
- hyökkäävän sisältä sammuttamisen taktiikan
- puolustavan ulkoa palon leviämisen estämisen taktiikan.
- puolustavan sisältä rajoittamisen ja sammuttamisen taktiikan.

Sammutustaktiikan nelikenttämallissa täydentävät sammutusmenetelmät sopivat hyvin muun muassa palon sammuttamiseen ja rajoittamiseen ulkoa (Huttu ym. 2022, 108). Taktisessa nelikenttämallissa ulkotilassa tavoitteena voi olla palon leviämisen estäminen tai palon sammuttaminen ja rajaaminen (Huttu ym. 2022, 146). Yläontelopalon sammuttamisessa tavoite voi olla kumpi tahansa näistä tai molemmat, palon laajuuden mukaan. Harjakattoisessa omakotitalossa tavoitteena on erityisesti pysäyttää palo sen kuumimpaan kohtaan.

Sammutustekniikan kannalta normaalikorkuisena yläpohjan ontelona voidaan pitää tiloja, joissa on niin sanottu ryömintätila. Niiden harjakorkeus on tyypillisesti 800–1600 mm. Rakenteen alaosassa on tyypillisesti lämmöneriste, ja yläosassa sijaitsee vesikate mahdollisine aluskatteineen. Rakenne on yleensä tuettu puusta tai teräksestä valmistetulla ristikkorakenteella. (Huttu ym. 2022, 73.)

Matala yläpohjaontelo on rakenne, joka muodostuu tavallisesti alhaalta katsottuna sisäverhouslevystä, höyrysulusta, lämpöeristeistä sekä mahdollisesta aluskatteesta ja tuuletusraon yläpuolella olevasta vesikatteesta. Tyypillisesti näissä katoissa ei ole ryömintätilaa. Rakennetta käytetään, kun yläpohjan lämmöneriste on sijoitettu lähelle vesikatetta. (Huttu ym. 2022, 73.)

Korkea yläpohjaontelo on rakenteeltaan sellainen, ettei liekin lämpötilan takaisinkytkentä rakenteen korkeuden takia poikkea merkittävästi tavanomaisen huoneistopalon olosuhteista. Esimerkkinä voidaan mainita erilaiset käyttö- ja varastoullakot, joiden sisäkorkeus voi ylittää jopa 2500 mm. (Huttu ym. 2022, 73.)

Matalia tai muuten tilavuudeltaan pieniä onteloita voi muodostua myös laajojen yhtenäisten tilojen alas laskettujen kattojen, korokelattioiden alle, johdin-, ilmastointi- tai teollisuuden kuljetin- sekä muihin huoltotunneleihin. Nämä voivat muodostaa tulipalotilanteessa sekä vaaka- ja pystyhormeja, joissa palokaasujen nopea virtaus voi levittää paloa nopeasti kauaksi varsinaisesta syttymiskohdasta. (Huttu ym. 2022, 73.)

2.1 Ontelopalon kehittyminen

Tulipalo etenee aina olosuhteiden mukaan. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tilannetta yläontelopalon kehittymisen ja palamisen näkökulmasta. Yläontelon alapuolisessa tilassa on palo kehittynyt niin, että palo purkautuu rikkoutuneesta ikkunasta. Vaihtoehtoisesti palo voi olla syttynyt rakennuksen ulkopuolella ja on levinnyt yläontelotilaan rakennuksen ulkoverhousta pitkin.

Ikkunasta ulos purkautuva savu leviää rakennuksen ulkoseinää myöten ylöspäin. Palo leviää rakennuksessa avoimen ikkuna-aukon kautta nopeasti yläpuolisiin kerroksiin tai räystäään tuuletusrakojen kautta yläpohjaan (KUVA 1). Savun mukana siirtyy lämpöä ja palokaasuja. Tilanteen jatkuessa savua kerääntyy esimerkiksi yläpohjaan koko ajan enemmän. Yläpohjassa savuun sekoittuu lisäksi koko ajan ilmaa. Yläpohjassa oleva savuilmaseos sisältää palavaa materiaalia palokaasujen muodossa sekä happea ja lämpöä. On vain ajan kysymys, milloin yläpohjassa oleva savupatja syttyy palamaan. Todennäköisimpänä syttymislähteenä toimii ikkunasta purkautuva liekehtivä savu, joka sytyttää yläpohjan savupatjan palamaan. (Huttu ym. 2022, 53 – 56.)



KUVA 1. Rivitalon huoneistopalo Kotkassa 3.9.2009, jossa purkautumisvaiheessa oleva palo on jo levinnyt yläontelotilaan (Kymenlaakson pelastuslaitos 2009, CC BY-NC-SA)

Palon leviämiseen rakennuksen ulkoverhoukseen vaikuttavat muun muassa ulkoverhouksen materiaali ja sen paloherkkyys. On huomioitava, että ulkoverhouksen alla rakenteissa on ilmaraot. Näissä ilmaraoissa palo leviää tehokkaasti, koska niihin muodostuu niin sanottu hormivaikutus. Hormivaikutus tehostaa palon leviämistä ilmaraossa ylöspäin ja ilmaraon alaosaan virtaa koko ajan palamisessa

tarvittavaa ilmaa. Suomessa vuodenajalla ja sääolosuhteilla on jonkin verran merkitystä palon leviämässä rakennuksen ulkopuolella. Kesällä ulkoilma lämpenee auringonpaisteessa, mutta talvella ulkoilma voi olla kymmeniä asteita pakkasen puolella. Toisaalta taas talvella rakenteet ovat kuivia, mikä edesauttaa palamista. Talvella kylmä ulkoilma jäädyttää ulos purkautuvaa savua ja hidastaa jonkin verran palon leviämistä. (Huttu ym. 2022, 56.)

Ullakon palot määritellään Hyttisen ym. (2010, 56) mukaan huonepaloiksi seuraavasti: Huonepalo on suljetussa tai osittain suljetussa tilassa tapahtuva palo, jossa palamisilman saatavuus on rajallinen ja josta savu ja lämpösäteily eivät pääse poistumaan esteettä.

Yläpohjan onteloissa tapahtuva palo poikkeaa merkittävästi normaalista huonetilassa tapahtuvasta palosta. Vaakasuuntaiset ontelotilat, kuten katto-ontelot, ovat usein matalia verrattaessa niiden korkeutta tilan pituuteen. Näiden ontelotilojen kohonneen paloturvallisuuden tärkein palotekninen syy on niiden mataluus, koska tilan korkeuden pienentyessä palon takaisinkytkentämekanismi voimistuu. Ontelopalossa lieskahtanut palo voi edetä nopeasti, jopa useita metrejä minuutissa. (Hietaniemi ym. 2004, 18–19.) Lieskahdus määritellään Hyttisen ym. (2010, 59) mukaan seuraavasti: Lieskahdus on rajatussa tilassa olevien palavien tarvikkeiden kaikkien pintojen nopea syttyminen.

2.2 Palokuorma harjakaton yläontelossa

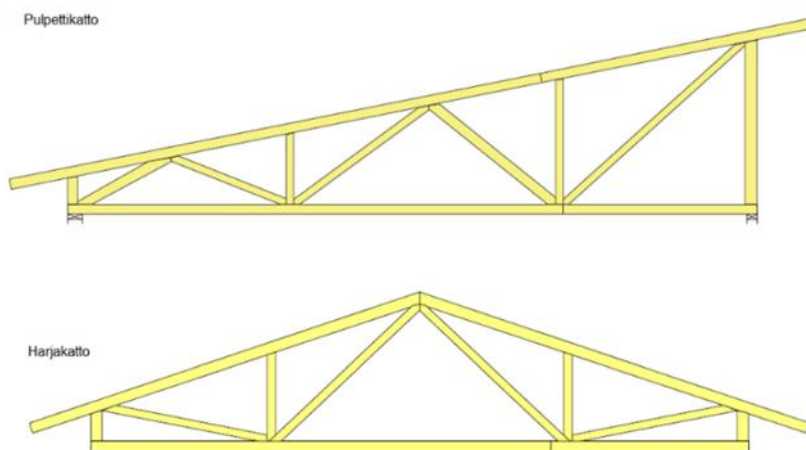
Harjakaton ontelossa palokuorma muodostuu merkittävältä osalta kattorakenteiden tukemiseen käytetystä puutavarasta. Kattoristikoiden rakenne aiheuttaa sen, että rakennusmateriaalina käytetty puutavara on pääsääntöisesti jokaiselta pinnaltaan yhteydessä tilassa virtaavaan palokaasuun ja liekkipaloon. Vanhoissa rakennuksissa yleisesti eristeenä käytetty sahapuru voi vielä lisätä palamiskelpoista pintamateriaalia. Tyypillistä palokuorman määrää voidaan tarkastella TAULUKON 1 avulla. (Ronkainen 2009, 13.)

TAULUKKO 1. Esimerkkilaskelma rivitalon yläpohjan ontelon tyypillisestä palokuorman määrästä ja palavan aineen pinta-alasta (Ronkainen 2009).

Rakennuksen pituussuunnassa 10m mittainen palo-osasto, leveys 8m									
Kattotuolit k900									
Rakennuksen leveys			8m						
Tukikorkeus			0,35m						
Yläpohjan korkeus			1,0m						
huopakatto, aluslaudoitus 25x100, k350-400									
	11	kattotuolia	83m ²	1550	kg	lämpöarvo		17	MJ/kg
		aluslaudoitus 25x100 tiheä	220m ²	2500	kg	palokuorman tiheys	861		MJ/lattia-m ²
		yht.	303m ²	4050	kg	palavaa pintaa	3,8		m ² /osasto-m ²

Pelastajan kannalta on tärkeää huomata, että esimerkissä olevassa yläpohjaontelossa, joka kuvaa hyvin yleistä harjakattorakennetta, saadaan palavaksi pinta-alaksi 3,8 kertaa palo-osaston pinta-ala. Lämpötilan noustessa ontelotilassa sekä palon eteneminen että sen voimakkuuden kasvu on nopeaa, mikä voi nopeasti vaikuttaa kantavien rakenteiden kestävyteen. (Ronkainen 2009, 13.)

Edellä olevassa kappaleessa on oleellista huomioida erilaisten kattorakenteiden toteutustapa ja toteutustavan vaikutus palavan materiaalin määrään sekä palava pinta-ala palo-osaston pinta-alaan nähden. On huomioitava, kuinka suuri kattorakenteiden pinta-ala on tuottamassa lämmön vaikutuksesta irtoavaa ja paloa levittäviä palokaasuja pyrolyysin seurauksena. KUVA 2 esitetyssä huopakaton tyypillisessä rakenteessa on tiheä aluslaudoitus kattotuolien lisäksi, kun vastaavan kokoisissa peltikattoissa käytetään harvempaa ruodelaudoitusta, joka vähentää palavan materiaalin pinta-alaa. Peltikatteen harvempi ruodelaudoitus laskee esimerkiksi kattorakenteen palavan pinta-alan 1,5 kertaan palo-osaston pinta-alasta.



KUVA 2. Kattotuolien tyypillinen rakenne, josta nähtävissä avoimeksi jäävät alueet. Yllä pulpettikatto ja alla harjakatto. (Malinen 2021, CC BY-NC-SA)

2.3 Henkilönostimen avulla suoritettava yläontelopalon sammutus

Yläontelopaloa sammutettaessa voidaan hyödyntää henkilönostinta. Sisäministeriö ja valtioneuvoston asetus ohjeistavat tarkasti henkilönostimen käytön edellyttämät pätevyudet. Kuljettajalla on oltava nostimen käyttöön työnantajan kirjallinen lupa (VNa 403/2008, 14 §). Työkorista ja työtasolla työskennellessä on noudatettava sekä laitteen valmistajan että työnantajan antamia ohjeita (Sisäministeriö 2021, 27).

Henkilöiden on oltava aina kiinnittyneinä koriin käyttämällä esimerkiksi liitosköyttä, jossa on pituudensäätölaite, tai kelautuvalla tarraimella, jotka ovat tarkoitettu vapaan putoamisen pysäyttämiseen (VNa 403/2008, 25 §). Putoamisen pysäyttävä järjestelmä edellyttää kokovaljaan käyttämistä (Sisäministeriö 2021, 27). Siirryttäessä korista rakennuksen katolle työ katsotaan kattotyöskentelyksi (Sisäministeriö 2021, 27).

Myös savusukellukseen on selkeät vaatimukset. Savusukellus on sammutus- ja pelastustehtävän tekemistä sisällä rakennuksessa tai muussa rajatussa sisätilassa, jossa on tiheä savupatja. Tiheä savupatja tarkoittaa palamisessa syntyneen savun kerääntymistä rajattuun tilaan siten, että tilassa näky-

vyys ja liikkuminen on savun takia merkittävästi heikentynyt. Savusukeltaminen edellyttää savusukellusvarustusta ja paineellista työjohtoa tai vastaavaa. Työskentely palavan rakennuksen katolla rinnastetaan savusukellukseen. (Ala-Kokko 2021, 13.)

Tässä opinnäytetyössä esimerkkinä käytettävällä Kymenlaakson pelastuslaitoksella on nostolavan kuljettajia, joiden FireFit -indeksi ei riitä savusukellukseen. Heille on erikseen koulutettu henkilönostimen hätälasku ja köydellä korista poistuminen. Henkilönostimien kuljettajille on painotettu yläontelopalojen sammutusten yhteydessä työturvallisuuden huomioimista savunpoistoaukkoa tehtäessä. Koulutuksessa on kerrottu, että ennen savunpoistoaukon tekemistä tulee savunpoistoaukon viereen asentaa vähintään yksi rajoittava FogNail® -pistosuihkuputki savunpoistoaukosta purkautuvien palokaasujen jäähdyttämiseksi ja palokaasujen syttymisen mahdollisuuden vähentämiseksi.

2.4 Kattotyöskentely palavan rakennuksen katolla

Sisäministeriön ohjeistuksessa sanotaan palavan rakennuksen katolla työskentelystä seuraavaa: kattotyöskentely palavan rakennuksen katolla paineilmahengityslaitetta käyttäen rinnastetaan savusukellukseen. Fyysisen toimintakyvyn FireFit-indeksin tulee olla vähintään 3,0. Tämän lisäksi aerobisen kestävyden indeksin on yksinään oltava vähintään 3,0. (Sisäministeriö 2021, 17.)

Jos kattotyöskentely aloitetaan palavan rakennuksen katolla, tulee tehdä savusukellusvalvontaa. Kattotyöskentelyssä palavan rakennuksen katolla tulisi hyödyntää lämpökameraa katolle menon turvallisuuden, palon etenemisen ja sammutustoimien vaikutusten arvioinnissa. Katolle pääsyn edellytyksenä on tiedusteltu turvallinen reitti mahdollisten kiinnityspisteiden luo. Reittinä voivat olla esimerkiksi pelastajien oma tikaskalusto, talotikkaat, kulkusillat, lapetikkaat tai vastaavat, joiden tuenta ja kiinnitys pyritään varmistamaan. Ennen kattotyöskentelyn aloittamista tulee harkita, onko vaihtoehtoisia soveltuvia työskentely- ja sammutusmenetelmiä käytettävissä. (Sisäministeriö 2021, 26.)

Katolla työskentelevien on oltava kiinnittäytyneenä köyteen tai muilla keinoin estettävä putoaminen. Pääsääntöisesti on käytettävä kahden köyden järjestelmää, jossa toinen köysi on työköysi ja toinen varmistusköysi. Molemmissa köysissä tulee olla varmistus/pituudensäästölaite, joka pysäyttää liikkeen, mikäli ote irtoaa. (Sisäministeriö 2021, 26.)

Kymenlaakson pelastuslaitoksen kaikilla sopimuspalokunnilla ei ole sopimuksen mukaista velvoitetta pitää yllä savusukellusvalmiutta. Kymenlaakson pelastuslaitoksen palvelutasopäätökseen (2020, 56) on koostettu taulukko sopimuspalokuntien ja pelastuslaitoksen välisistä sopimuksista vahvuuksien ja lähtöaikojen suhteen sekä kyvykkyyksien tuottamisesta (LIITE 1). Savusukellus on pelastussukelluksen osalta määritelty niille palokunnille, jotka sen palokuntasopimuksessa ovat sopineet.

Lisäksi on sovittu erikseen palokunnat, jotka savusukelluksen lisäksi toteuttavat kattotyöskentelyä rakennuspaloissa. Tähän on päädytty Kymenlaakson pelastuslaitoksen sisäisellä ohjeella työturvallisuuden varmistamiseksi ja riittävien taitojen ylläpitämiseksi. (Kymenlaakson pelastuslaitos 2021, 10.)

Kymenlaakson pelastuslaitoksella on oma putoamisvaarallisella alueella työskentelyn (PVAT) ohje, jossa toiminta on luokiteltu neljälle tasolle. Perusosaamisen taso kuuluu kaikille pelastustoimintaan kuuluville henkilöille. Siihen kuuluu putoamisvaarallisella alueella työskentelyn oma henkilökohtaisen työturvallisuuden varmistaminen. PVAT taso 1 kuuluu perusosaamistason lisäksi palokuntalaisille, jotka toteuttavat savusukellusta (hätäpoistuminen). PVAT taso 2 kuuluu PVAT taso 1:llä oleville, joiden palokunnat ovat nimetty kattotyöskentelyä toteuttaviksi palokunniksi. PVAT taso 3 kuuluu edellisten lisäksi kaikille vakinaisen asemille ja kahdelle erikseen nimetylle sopimuspalokunnalle, jotka tekevät teknistä köysipelastusta. (Kymenlaakson pelastuslaitos 2021, 10 – 12.)

3 SAMMUTUSRESURSSIT

3.1 Savusukeltajien määrän väheneminen

Liitteessä 1 on esitetty Kymenlaakson pelastuslaitoksen palokuntien valmiudet ja erikoistumiset 1.1.2020 (Kymenlaakson pelastuslaitos 2020, 56). Erikoistumisiin on eritelty, onko palokunnalla savusukellus kyvykkyyttä. Kymenlaakson 41 palokunnasta 30 on merkitty savusukellusta toteuttavaksi palokunnaksi. 41 palokunnasta 5 on vakinaisia ja 2 sotilaspalokuntaa. Listalta puuttuu Haminan varuskunnan sotilaspalokunta.

Vuonna 2015 sopimuspalokuntien savusukeltaja määrä on ollut 145 kpl. 5.4.2023 päivytyssä tilastossa on 96 testin tehnyttä sopimuspalokuntalaista, joista 47 henkilöä kykenee FireFit -testien perusteella suoriutumaan vaativista tehtävistä, 6 perustehtävistä ja loput 43 ei ole läpäissyt FireFit -testiä. Näiden 96 sopimuspalokuntalaisen keski-ikä on 37,7 ikävuotta. On selvästi havaittavissa, että savusukeltajien määrä laskee vuosittain. (Kymenlaakson pelastuslaitos 2023.)

Kymenlaakson pelastuslaitoksen palvelutasopäätöksessä 2021 - 2024 (2020, 18), todetaan, että pelastuspalvelun sektorilla työskentelevien pelastajien ja paloiesimiesten keski-ikä on tällä hetkellä noin 43 vuotta. Viisikymmentä vuotta täyttäneitä on yli 40% henkilökunnasta ja kuusikymmentä vuotta täyttäneitä alle 10%. Havaintona palvelutasopäätökseen on kirjattu, että ikääntyneiden työkykyrajoitteisten palomiesten määrä on kasvussa.

3.2 Henkilöstöresurssit ja toimintavalmiusaika

Kymenlaakson alueen perusvalmius normaalioloissa on seuraava:

- Yhden minuutin lähtövalmiudessa on 0+2+5+15 vahvuinen henkilöstöresurssi.
- Viidessä minuutissa valmius on 1+2+24+68 vahvuinen henkilöstöresurssi.
- Seitsemässä minuutissa valmius on 1+2+29+98 vahvuinen henkilöstöresurssi.
- Kymmenessä minuutissa valmius on 1+2+39+127 vahvuinen henkilöstöresurssi.

(Kymenlaakson pelastuslaitos 2020, 50.)

Todellisiin lähtövahvuuksiin vaikuttaa heikentävästi virka-aikana tapahtuvat onnettomuudet. Suuri osa sopimuspalokuntalaisista tekee omaa päätyötään virka-aikaan, ja ei pääse osallistumaan palokunnan hälytyksiin. Kymenlaakson pelastuslaitoksen vuoden 2019 toimintavalmiusaikatavoitteet täyttyivät I -riskialueella 54-prosenttisesti, II -riskialueella 54-prosenttisesti ja III -riskialueella 97-prosenttisesti. Kaikissa kiireellisissä tehtävissä toimintavalmiusaika oli yhdeksän minuuttia. (Kymenlaakson pelastuslaitos 2020, 48.)

Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohjeessa (Sisäministeriö 2012, 6) määritellään pelastustoiminnan toimintavalmiusaika seuraavasti: Pelastustoiminnan toimintavalmiusajalla tarkoitetaan aikaa, joka alkaa siitä, kun ensimmäinen yksikkö vastaanottaa hälytyksen ja päättyy siihen, kun pelastusryhmä aloittaa tehokkaan pelastustoiminnan.

Jokainen palo kehittyy aina tapauskohtaisten olosuhteiden mukaisesti, tietyinä ajanhetkenä. Mitä varhaisemmassa vaiheessa palo havaitaan, sitä nopeammin palon kehittymiseen päästään vaikuttamaan. Pelastusopisto on kerännyt tilastoja rakennuspalon kehittymisasteesta pelastuslaitoksen saapuessa kohteeseen vuosilta 2017 – 2021. Pelastuslaitoksen saapuessa kohteeseen rakennuspalo oli 65 %:ssa tapauksista palamisvaiheessa ja 17%:ssa syttymisvaiheessa. 12 %:ssa palo oli sammunut tai sammutettu ennen pelastuslaitoksen saapumista kohteeseen. 6 %:ssa tapauksista palo oli jäähtymisvaiheessa. Tilastot osoittavat, että syttymisvaihe voi tilanteen aikana nopeastikin muuttua palamisvaiheeksi, mikäli nopeita sammutustoimenpiteitä ei tehdä. (Huttu ym. 2022, 50.)

4 SARA-KOURA

Sammutus- ja raivauskoura (SaRa-koura) on suunniteltu yläontelopalojen sammuttamiseen, palon rajoittamiseen ja savunpoistoaukon tekemiseen. Sen optimaalisia käyttökohteita ovat kaltevat harjantai pulpettikattoiset omakoti ja rivitalojen yläontelopalot. SaRa-koura soveltuu myös normaaliin raivaustyöhön palopesäkkeiden esiin saamiseksi, puunkäsittelyyn ja materiaalin siirtoihin, joihin risukouran käyttö on alkuperäisesti suunniteltu (KUVA 3).

SaRa-kouran suunnitteluinsinöörinä on toiminut Hiab Cargotec Oy:n suunnitteluinsinööri Mika Rusi ja teknisenä asiantuntijana Saku Tauriainen Kouvolasta. Innovaation SaRa-kourasta on alun perin keksinyt Saku Tauriainen vuonna 2011, ja Hiab Cargotec Oy:lle esittelyn jälkeen he päättivät toteuttaa ja rahoittaa innovaation. Kehitystyössä on ollut useita eri variaatioita, joista nytkin esitettävästä versiosta on tullut uusi ja kehittyneempi versio. Uusimmassa versiossa on muun muassa vesilinjat toteutettu hieman entistä paremmin suojatulla tavalla, mutta vedenvirtauksien tai suuttimien osalta ei ole tullut muutosta.



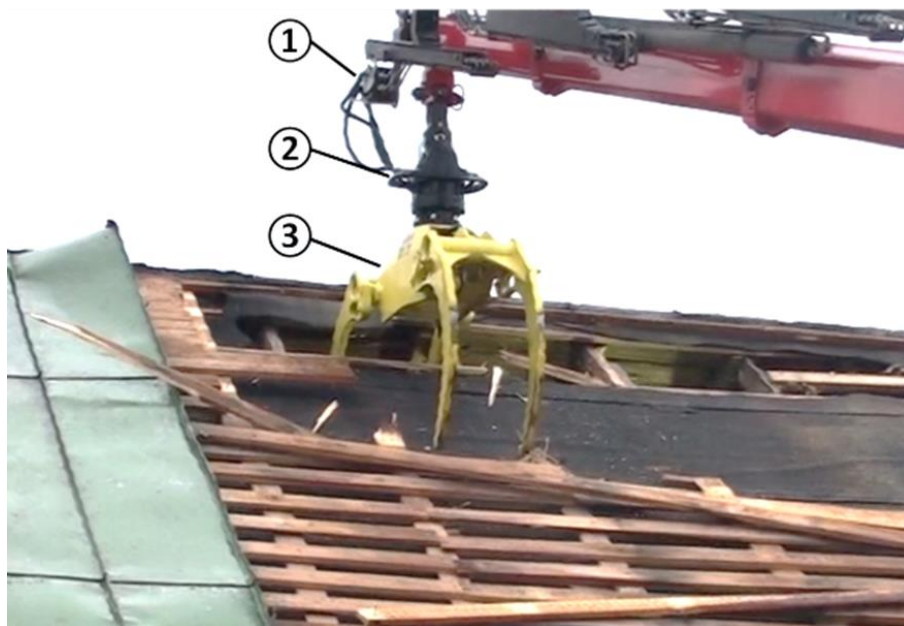
KUVA 3. SaRa-koura kytkettynä kuorma-auton kuormausnosturimeen ja on toiminnassa (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

SaRa-koura perustuu HIAB RX31 kahmariin/ risukouraan, joka on alun perin tarkoitettu puun hakkuujätteen käsittelyyn. HIAB RX31 mallista on myös isompi malli RX51, joka on suunniteltu isoihin kuormausnostureihin, mutta siihen ei ole vielä valmistettu SaRa-kouran ominaisuuksia. RX31 soveltuu 17 tonnimetrin kuormausnostureihin tai sitä suurempiin kuormausnostureihin. RX31 koura eroaa normaalista raakapuun käsittelyyn tarkoitetusta kourasta siten, että RX31 kouran kynsiparin välillä ei ole toisiinsa yhdistävää niin sanottua yhdysiltää. Tämä parantaa RX31 käyttöä palon sammutuksessa ja raivauksessa, joissa kouran kynnet tulee läpäistä tarvittaessa vesikate tai laudoitus rakenteiden purkamisen yhteydessä.

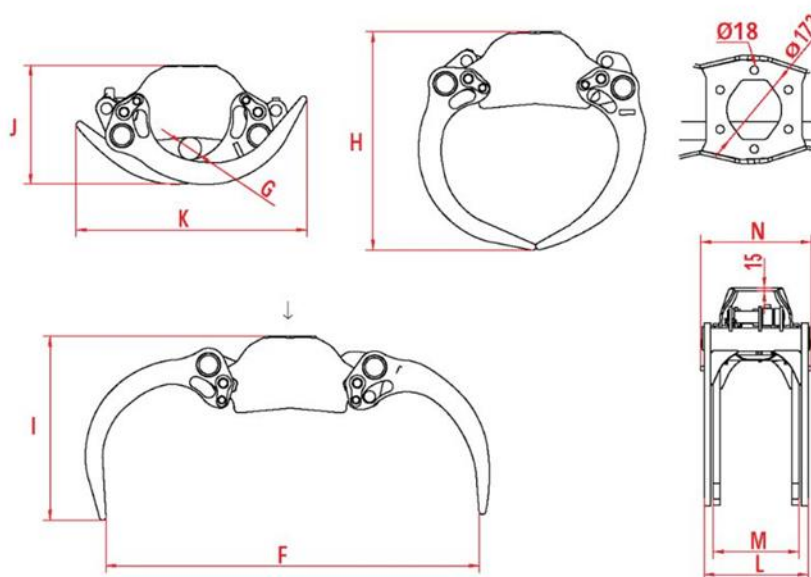
SaRa-koura voidaan kytkeä kuormausnosturimeen erikseen niin, että vedensyöttö järjestään pelastusyksiköstä tai kuten kuvan 2 mukaisesti nostolavassa olevan pumpun kautta. SaRa-kouran ei tarvitse olla kytkettynä pelastusyksikön kuormausnosturimeen. Sitä voidaan käyttää tilannepaikalla myös esimerkiksi yksityisen kuljetusliikkeen omistamalla kuormausnosturimella.

4.1 SaRa-kouran rakenne

SaRa-kouran rakenne on kuvattu alla olevissa kuvissa.

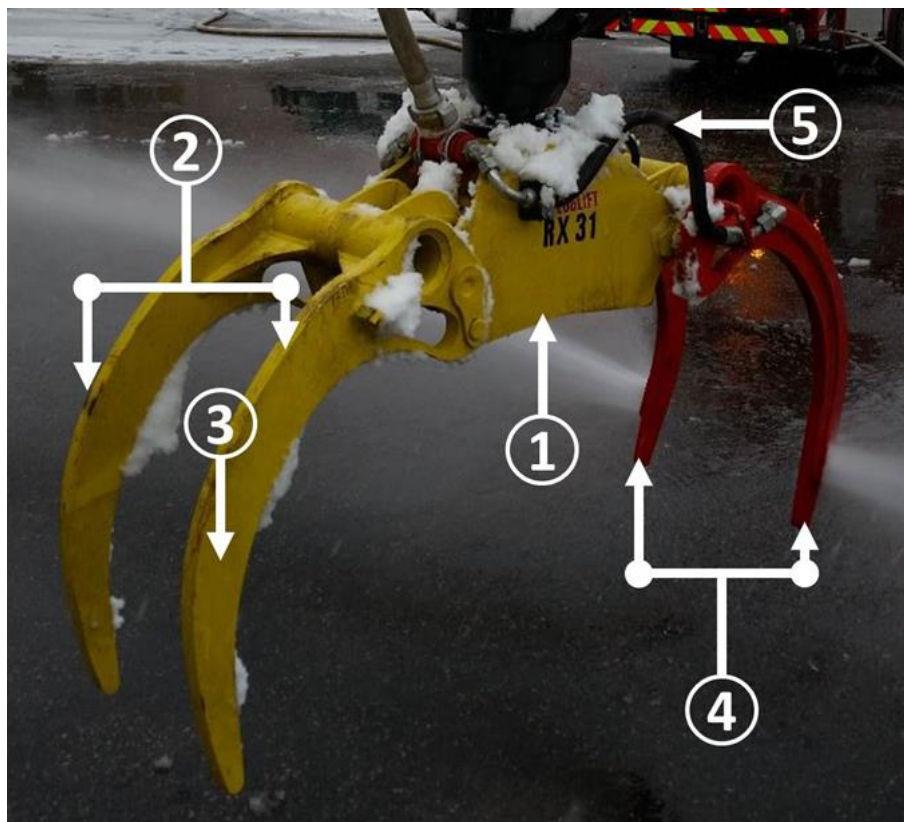


KUVA 4. 1. Hydraulipistoke, 2. Rotaattori (kääntäjä) ja 3. RX31 koura (Tauriainen 2017, CC BY-SA)



KUVA 5. RX31-risukouran piirroskuvat (Hiab -kahmarit tuote-esite 2011, CC BY-NC-SA)

RX31 kouran mitat ja ominaisuudet (KUVA 5): **Paino** 200 kg. **Puristusvoima** 1410 kg/ 25 MPa hydrauliiikan paineella. **F.** Suurin avauma 1640 mm. **G.** Pienin aukeama, suljettuna \varnothing 100 mm. **H.** Korkeus, leuat vastakkain 960 mm. **I.** Korkeus, avattuna 805 mm. Korkeus, suljettuna 520 mm. **K.** Leveys, suljettuna 1010 mm. **L.** Ulkoleuan leveys 486 mm. **M.** Sisäleuan leveys 376 mm.



KUVA 6. SaRa-koura (RX31): 1. Kouran runko, 2. Kynsipari, 3. Kynsi, 4. Vesisuuttimilla varustettu kynsipari ja 5. Vesilinja kynnen vesisuuttimille (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

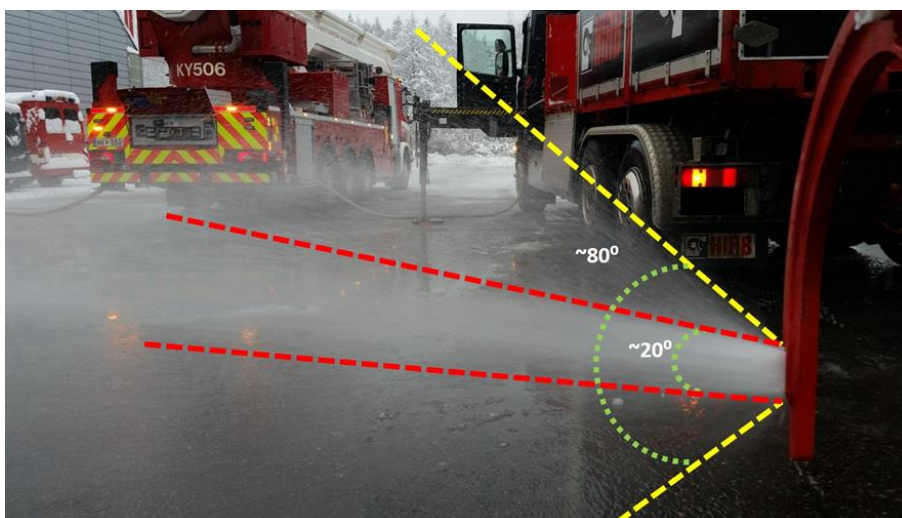
4.2 SaRa-kouran vesilinjat

SaRa-kouralla kyetään yläontelopalon, jos ei sammuttamiseen, ainakin jäähdyttämiseen ja palotehon rajoittamiseen samalla toimintaperiaatteella kuin pistosuihkuputket toimivat. Kyseessä on taktisen nelikenttämällin hyökkäävä ulkoa sammuttamisen ja rajoittamisen taktiikka (Huttu ym. 2022, 146). SaRa-kouran yhden kynnen vesisuuttimien läpi kulkeva vesivirtaama suunnittelun lähtökohtana on ollut noin 75 l/min 8 baarin suihkupaineella ja kynsiparin yhteinen vesivirtaama noin 150 l/min 8 baarin suihkupaineella. Veden kuljetus kynnen suuttimelle on mitoitettu niin avaraksi eri kanavien osalta, ettei vastus nouse merkittävään rooliin. Suuttimen aukot, joista vesisuihkut purkautuvat, ovat mitoitukseltaan niin suuret, että tavoiteltu 75 litraa minuutissa vesivirtaus saavutetaan.

SaRa-kouraa käytettäessä on huomioitava, että kynsillä on tarkoitus työntää vesisuuttimet yläontelotilaan. SaRa-kouraa ei ole tarkoitus kokonaisuudessaan työntää tulipalon keskelle. Tämä voi vaurioittaa esimerkiksi kourassa olevia hydraulikkaletkuja ja -osia.

4.3 SaRa-kouran suihkukuvio

Suuttimista ulos tuleva vesisuihku on sivusta katsottuna viuhkamainen ja suihkun päädyistä katsottuna suorakulmion muotoinen (KUVA 7 ja 8). Reikien kokonaismäärä on kolmenkymmentä per suuttimen eli viisitoista reikäparia. Kunkin reiän halkaisija on 2 mm. Vesisuihkusta muodostuvassa viuhkakuviossa on silmämääräisesti havaittavissa kaksi erilaista suihkukulmaa (KUVA 7), joista keskelle jäävä on vallitseva ja josta purkautuu suurin vesivirtaama. Vallitsevan vesivirtaaman suihkukulma on noin 20° sivusta katsottuna ja viuhkan kokonaiskulma on noin 80° . Suorakulmion muoto johtuu suuttimien kahteen riviin poratuista reistä, joissa poraukset ovat suunnattu risteämään vastakkaisen puolen reiän kanssa (KUVA 10). Suihkukuvion kantama on 8 baarin pumppupaineella noin 3,5 metriä. SaRa-kouran molempien suuttimien sivuttaissuunnassa oleva kantama on yhteensä noin 7 metriä 8 baarin pumppupaineella.



KUVA 7. Vesisuuttimen vesisuihku ja vesisuihkun kuvio 8 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)



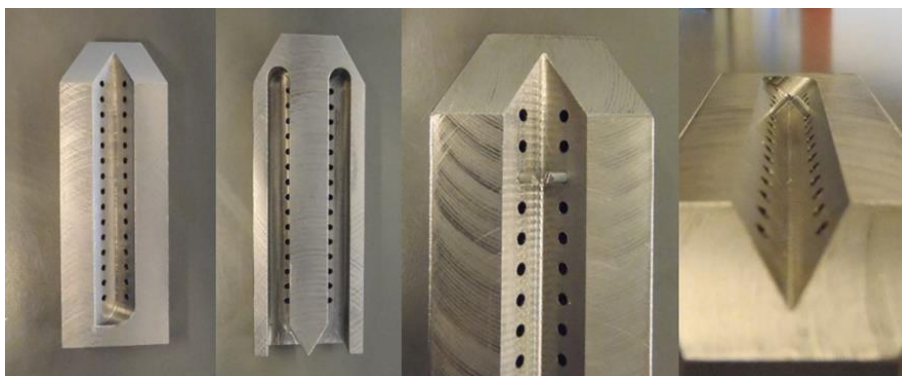
KUVA 8. SaRa-kouran suihkukuvio on suorakulmion muotoinen päädyistä 8 baari paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

Suihkun muodon suunnittelussa on kiinnitetty huomiota harja- ja pulpettikaton muotoon sekä sen kantavien rakenteiden tyypilliseen muotoon. Vesikatteen alla oleviin normaalikorkuisiin yläontelotiloihin jää rakennustekniikan mukaan muutama suurempi, lappeen suuntainen, pitkä vapaatila. Tämän takia vesisuihkun suunta on asetettu kouran kynneltä viuhkamaisesti suoraan 90° kulmassa sivulle pisaratoon pysyessä kuitenkin riittävän pienenä.

Suuttimet ovat asennettu 700 millimetriä pitkien kouran kynsien lähes päähän, mutta niin, etteivät ne ole suurimman mekaanisen rasituksen kohdalla. Kouran kynnet pyritään saamaan kattotuolien väliin sellaisen asentoon, jossa vesisuihkut suuntautuvat lappeen suuntaisesti keskelle katon harjaa. Mitoituksellisesti pulpettimallisen vesikatteen alle tehty 400 millimetrin paksuinen eriste kyetään kouran oikealla asennolla läpäisemään ja ohjaamaan vesisuihku avoimeen tilaan. Kuvasta 9 nähdään normaalin omakotitalon kattotuolirakenne ja sinne jäävän avoimen ontelotilan rakenne.



KUVA 9. Harjakattoisen omakotitalon tyypillinen rakenne, jossa nähtävissä keskelle kattoa jäävä pitkä avoin tila (Meillä kotona 2012, CC BY-NC-SA)



KUVA 10. SaRa-kouran suuttimet. Suuttimessa olevien kunkin reiän halkaisija on 2 mm ja poraukset on suunnattu risteämään vastakkaisen puolen reiän kanssa 90° kulmassa toisiinsa nähden. (Rusi 2016, CC BY-NC-SA)



KUVA 11. SaRa-kouran vesisuihkun leveys on noin 7 metriä 8 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)



KUVA 12. SaRa-kouran suihkukuvio sivusta 8 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

4.4 Savunpoistoaukko SaRa-kouralla

Savunpoistoaukon tarkoituksena on poistaa lämpöä ja syttyviä palokaasuja, jotka levittävät paloa. Savunpoistoaukon tekemisessä on huomioitava tuulen suunta niin, että aukko pyritään tekemään katolle tuulen alapuoleiselle lappeelle, sen kuumimpaan kohtaan, jos on mahdollista. Riittävän suurella savunpoistoaukolla varmistetaan, ettei aiheuteta hormi-ilmiötä yläontelotilaan, vaan muutetaan palo avopaloksi. Näin saadaan vähennettyä ontelotilassa lämpöä ja syttyvien palokaasujen määrää.

Alipäälylystön koulutusohjelmassa vuonna 2012 kehittämishankkeessani Savunpoistoaukko kuormausnosturin risukouralla on selvitetty savunpoistoaukon tekninen toteutus risukouralla. Sitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä tarkemmin. On kuitenkin tärkeää muistaa, että savunpoistoaukon tekeminen

SaRa-kouralla ei ole välttämätöntä, jos sillä suoritettu yläontelon sammutus onnistuu samalla tavalla kuin pistosuihkuputkilla. Mikäli yläontelotilassa ei ole aukkotekijöitä, jotka poistaisivat virtausten mukana veden ja vesihöyryn välittömästi taivaalle, saavutetaan yläontelon suljetussa tilassa tehokkain veden jäähdyttävä ja palossa höyrystyneen veden tukahduttava vaikutus.

Jos saatavilla on SaRa- tai risukouralla varustettu kuormausnosturi, on savunpoistoaukon tekeminen oikealla tekniikalla nopeaa, hallittua ja rakennuksen kantavia rakenteita (kattotuoleja) säästävää. Lisäksi jälleenrakentamisen yhteydessä säästetään kustannuksia, kun kantavia rakenteita ei välttämättä tarvitse uusia. SaRa- tai risukouralla on tarkoitus poistaa savunpoistoaukkoa tehdessä vain vesikate ja enintään vesikatteen alla oleva ruodelaudoitus riittävän laajalta, mutta vain tarvittavalta osalta yläontelopalon sammuttamiseksi.

4.5 Työturvallisuus

Järvenpäässä vuonna 2006 rakennuspalon sammutustyön yhteydessä tapahtui pelastajan loukkaantuminen, jonka kaltaisia tapahtumia ei enää Suomessa pitäisi tapahtua nykytiedon ja nykyteknologian perusteella. SaRa-koura mahdollistaa sen, ettei kenenkään tarvitse mennä köysien varassa työskentelemään palavan rakennuksen katolle savunpoistoaukkoa tehtäessä. Työturvallisuuden kannalta SaRa-koura mahdollistaa yläontelopalon sammutuksen tai ainakin tehokkaan palotehon rajoittamisen omakoti- ja rivitalojen yläontelopaloissa.

4.6 Henkilöresurssi SaRa-kouraa käytettäessä

SaRa-kouran käyttö tehostaa henkilöstöresurssia merkittävästi. SaRa-kouraa käytettäessä yksi henkilö kykenee käytännössä suoriutumaan neljän henkilön tehtävistä yläontelopalopaikalla. SaRa-kouraa käytettäessä ei tarvita katolle menevää sammutusparia ja sillä tarvittavaa suojaparia. Tarvitaan vain henkilö, joka ymmärtää valitun sammutustaktiikan ja osaa käyttää siihen sopivaa sammutustekniikkaa sekä hallitsee kuormausnosturimen sekä SaRa-kouran turvallisen käytön. SaRa-kouran käyttäjän ei tarvitse olla savusukellukseen hyväksytty henkilö, mutta eduksi on, jos hän kykenee käyttämään paineilmahengityslaitetta henkilökohtaisena hengityssuojaimenaan.

5 SARA-KOURAN MITTAUKSIEN TULOKSET VESIVIRTAAMISTA

5.1 Kuvaus mittausten suorittamisesta

Sammutuksen tehoon vaikuttavat vesivirtaaman määrä, suihkukuvio ja suihkukuvion pisarakoko. SaRa-kouran suuttimien suunnittelun lähtökohtana on ollut vesivirtaama 150 litraa minuutissa 8 baarin käyttöpaineella, joka on sama kuin 2,5 litraa sekunnissa vesivirtaama 8 baarin käyttöpaineella. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä mitattiin käytännön kokeella SaRa-kouran suuttimien läpi virtaava todellinen vesivirtaamaa (litraa sekunnissa) ja pyrittiin todistamaan suunnittelun pohjana olleiden arvojen toteutuminen myös käytännössä.

Testaus tehtiin Kymenlaakson pelastuslaitoksen Kouvolan paloasemalla 21.11.2017 kello 10.00 ja 11.00 välillä aamupäivällä. Testipäivänä sää oli pilvinen, lämpötila -1°C ja satoi lunta kevyesti.

Vesivirtaamat mitattiin 6 baarin, 8 baarin ja 10 baarin paineilla, jolloin testiolosuhteet pysyivät mahdollisimman vakiona. Vain painetta muutettiin. Suuttimille syötettävä vesipaine mitattiin yhden työhöndonmitan päästä SaRa-kourasta. Mittauskohta valittiin sen vuoksi, että mittauksissa käytössä olleen kuormausnosturimen suurin ulottuma oli 17 metriä. Tällöin käytettäväksi jäi vielä kolmen metrin työvara. Lisäksi tällä järjestelyllä voitiin todeta todellinen syöttöpaine, joka ohjautuu SaRa-kouralle.

Saatujen mittausten perusteella laskettiin saadun vesivirtaaman vaikutus palon tehoon, jotta voitiin arvioida SaRa-kouran käytettävyyttä yläontelopaloissa. Vertailuna käytettiin VTT:n ja Juha Ronkaisen 2006 tekemän tutkimuksen mukaista harjakattoa ja sen tutkimuksen mukaisia tuloksia palokuormasta ja palon käyttäytymisen piirteistä (Ronkainen 2009).

Tutkimuksessa veden lähteenä toimi paloaseman seinässä oleva säiliön täyttöpiste. Säiliön täyttöpisteen syötön koko oli 3" (Ø 80 mm putki, jossa 3" kynsiliitin) ja verkostopaine mittaushetkellä 5 baaria. Vesi johdettiin pumpulle 3" syöttöjohdolla, joka oli kymmenen metriä pitkä. Paineen tuottamiseen käytin Kymenlaakson pelastuslaitoksen RKY506 nostolavayksikköä. Yksikö on varustettu Esteri D240 pumpulla. Pumppu on varustettu kahdella 3" paineyhteellä, joista käytössä oli vain yksi.



KUVA 13. Mittauksen yleisjärjestelyt (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

Vesilinja virtausmittarille toteutettiin 42 mm työjohdolla, jonka pituus oli 3 metriä. Virtausmittarilta SaRa-kouralle vesilinja toteutettiin 42 mm työjohdolla, jonka pituus oli 20 metriä. Työjohto kulki virtausmittarilta SaRa-kouralle kuormausnosturimen hydraulijatkkeen sisällä. Työjohto nousi maatasosta korkeimmillaan 2,5 metrin korkeuteen, josta se laski yhden metrin korkeuteen maatasosta.

SaRa-kouraan kiinnitetyn rotaattorin (kääntäjän) juuressa on 1,5" kynsiliitin, johon 42 mm työjohto kiinnitettiin. SaRa-kouran runkoon on kiinnitetty T-kappale, jossa on kynsiliitin työjohdon kiinnitystä varten. T-kappaleen kanavien halkaisija on \varnothing 25 mm. T-kappale haaroittaa vedenkuljetuksen molemmille kynsille $\frac{3}{4}$ " = \varnothing 19,05 mm vesilinjaa pitkin (KUVA 12). SaRa-kouran kynteen tehty vesilinja on muodoltaan suorakulmion muotoinen ja kapeimmalta kohdalta 26 mm x 9 mm. Kanavan poikkileikkauspinta-ala on siis 234 mm² kapeimmillaan.



KUVA 14. Vesilinjojen reitti SaRa-kouralla (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

SaRa-kouran yhdessä suuttimessa on sisällä kaksi vesikanavaa (KUVA 10), jotka ovat suorakulmion muotoiset. Kanava päättyy puolikaaren muotoiseen, tasaseinäiseen seinämään. Vesikanavan mi-

tat ovat 7 mm x 9 mm, mistä poikkipinta-alaksi saadaan 63 mm². Porauksia on yhteensä 30 kpl. Poraukset on tehty kahteen riviin. Porauksen linjat on suunnattu risteämään vastapuolen reiän kanssa 90° kulmassa vesisuihkujen kohtaamiskohdassa.

Yhden reiän pinta-ala on noin 3,14 mm², ja yhteensä yhden suuttimen reikien pinta-ala on noin 94,25 mm², mikä vastaa halkaisijaltaan Ø noin 11 mm reikää. SaRa-kourassa on tällaisia suuttimia kaksi kappaletta. Suuttimien kärjet olivat mittaushetkellä 0,3 metrin korkeudella maatasosta. Suuttimien reiät putsattiin 2 mm poranterällä ja vettä juoksutettiin reikien huuhtelemiseksi. Suuttimessa olevien kunkin reiän halkaisija on Ø 2 mm ja poraukset on suunnattu risteämään vastakkaisen puolen reiän kanssa (KUVA 10).

Mittauksissa käytettiin Flowmaster-merkkistä (malli 400) virtausmittaria. Virtausmittarin valintaan vaikutti mittarin soveltuvuus mitattavien virtausmäärien ja vedenpaineen osalta. Virtausmittaria myy Suomessa esimerkiksi Oy Veljekset Kulmala Ab, josta tämäkin mittari oli hankittu.

Flowmaster on siirrettävä tukevarakenteinen, mutta kevyt digitaalinen virtausmittari, jonka ominaisuudet ja tuottoalue on suunniteltu erityisesti paloposteja, palovesilinjoja ja sammutuskalustoa varten (Oy Veljekset KULMALA Ab, 2023). Flowmasteria voidaan käyttää palopostien mittaamisen lisäksi pumppujen testaamiseen, veden kulutuksen ja säiliöiden tilavuuden mittaamiseen sekä sammutustekniikan ja -teorian kouluttamiseen ja havainnollistamiseen sekä paine- tai virtaushäviöiden paikallistamiseen (Oy Veljekset KULMALA Ab, 2023). Virtausmittari on magneettinen mittari, joka näyttää reaaliaikaisen kulutuksen ja tallentaa venttiilien avaamisen ja sulkemisen välisen kokonaiskulutuksen (Oy Veljekset KULMALA Ab, 2023).

Tiedot:

- Mittausalue: 30 - 3000 / 5000 lpm
 - Tarkkuus: 50-750 lpm +/- 15 l. yli 750 lpm +/- 2 %
 - Paineenmittaus: 0 – 25 baaria
 - Paineluokka: 25 baaria
 - Materiaali: Eloksoitu kevytmetalli
 - Paino: 12 kg
 - Virtalähde: 12 VDC 2,5 Ah akku
 - Toiminta-aika: 12 h keskeytymätön
- (Oy Veljekset KULMALA Ab, 2023.)

Virtausmittari oli kalibroitarkastustarran mukaan kalibroitu edellisen kerran 8.9.2016 ja seuraavan tarkastuksen ajankohdaksi oli määritelty 9.9.2017. Testipäivän ollessa 21.11.2017 katsottiin mittarin olevan vähäisen käytön takia riittävän luotettava, vaikka määritelty kalibroitipäivä olikin ohitettu.

5.2 Mittauksen tulokset

Mittaustulokset on esitetty taulukossa 2. Ensimmäinen mittaus toteutettiin niin, että pumpulta tulevan työjohdon päähän sijoitetun virtausmittarin painearvoksi saatiin 6 baarin paine. 6 baarin painearvon saavuttamisen jälkeen annettiin veden virrata tasaisesti 30 sekunnin ajan, minkä jälkeen kirjattiin veden virtausmäärä (120 litraa minuutissa) ylös.



KUVA 15. Ensimmäinen mittaus. Vesivirtaama 120 litraa minuutissa, 6 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

Toisessa mittauksessa erona edelliseen mittaukseen oli vain syöttöpaineen muuttaminen 6 baarista 8 baariin. Muutoin olosuhteet pysyivät samanlaisena. 8 baarin painearvon saavuttamisen jälkeen annettiin veden virrata tasaisesti 30 sekunnin ajan, minkä jälkeen kirjattiin veden virtausmäärä (150 litraa minuutissa) ylös.



KUVA 16. Toinen mittaus. Vesivirtaama 150 litraa minuutissa, 8 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

Kolmannessa mittauksessa erona edellisiin mittauksiin oli jälleen vain syöttöpaineen muuttaminen 8 baarista 10 baariin. Muutoin olosuhteet pysyivät samanlaisena. 8 baarin painearvon saavuttamisen jälkeen annettiin veden virrata tasaisesti 30 sekunnin ajan, minkä jälkeen kirjattiin veden virtausmäärä (160 litraa minuutissa) ylös.



KUVA 17. Kolmas mittaus. Vesivirtaama 160 litraa minuutissa, 10 baarin paineella (Tauriainen 2017, CC BY-SA)

TAULUKKO 2. Mittaustulokset vesivirtauksista

	Paine	Vesivirtaama
Mittaustulos 1	6 baaria	120 litraa minuutissa
Mittaustulos 2	8 baaria	150 litraa minuutissa
Mittaustulos 3	10 baaria	160 litraa minuutissa

5.3 Tutkimustulokseen vaikuttavat tekijät

Virtausmittauksien tuloksien kannalta huomioitiin se, että todellisen virtauksen saamiseksi tuli pumpulle tulevan syötettävän vedenpaineen olla vakio. Painvaihtelua ei saanut syntyä, sillä se olisi vaikuttanut mittaustulokseen. Kouvolan paloasemalla, jossa mittausta tehtiin, veden syöttö meni suoraan pumpun imuyhteeseen. Tässä tilanteessa voi samanaikaisesti rakennuksen toisessa kohtaa olla käynnissä suurempi veden käyttö, esimerkiksi säiliön täyttö. Se vaikuttaa pumpulle tulevaan syöttöpaineeseen. Näin pääsi tässäkin tapauksessa käymään mittausten alkuvaiheessa. Tämän takia syöttöpainetta valvottiin jokaisen mittauksen yhteydessä.

Toisena huomiona oli paineen korotuksen jälkeen tapahtuneen virtauksen vaihtelun tasaantumisen vaatima aika. Jos mittaustulos olisi otettu heti 8 baarin saavuttamisen kohdalla, ei virtausmittari olisi ehtinyt vakiintua todelliselle virtaukselle. Tämän takia päätettiin jokaisen paineen korotuksen jälkeen antaa vesivirtaaman tasaantua 30 sekunnin ajan, jotta voitiin todeta vesivirtaaman olevan tasainen vakioidulla paineella.

Kolmantena huomiona kiinnitettiin huomiota letkujen kulmiin ja mahdollisiin taitoksiin. Paineistettu työjohto suoristi itsensä kaikilla paineilla niin, että mihinkään kohtaan ei päässyt syntymään tiukkaa kulmaa, joka olisi vaikuttanut vedenvirtaukseen. SaRa-kourassa olevissa vesilinjoissa on tiedetysti kolme selkeää kulmaa, joista yksi on T-liitos (90°) SaRa-kouran rotaattorin ja kouran rungon juuressa. Toinen 45° kulma on heti T-liitoksen jälkeen. Kolmas 90° kulma on, kun edellisen liitoksen jälkeen letku liittyy kouran kynnessä olevaan vesikanavaan. Riittävän avaran vesilinjamotoituksen johdosta ei havaittu kulmien aiheuttavan havaittavaa muutosta virtausmääriin tai virtausvastuksesta purkautuvaan vesisuihkuun. Veden purkautuminen suuttimista oli paineen tasaantuessa tasaista ja symmetristä molemmin puolin.

Neljäntenä huomiona oli kuvauskulma virtausmittarin painemittariin nähden. Kuvista on nähtävissä, että viisari ei jokaisella kuvaushetkellä osunut tasanumeron kohtaan, että viisari olisi ollut optimaalisesti juuri mitattavan paineen kohdalla. Mittaushetkellä paineviisari oli kuitenkin mitattavan paineen kohdalla. Tämä huomio tehtiin vasta mittausten jälkeen. Tämän takia mittauksia ei lähdetty uusiin. On tärkeää kuitenkin nostaa esille tämäkin huomio, ettei kuvista jää väärää mielikuvaa.

5.4 SaRa-kouran sammutuskyky ja sen mitoitus

SaRa-kouran suunnittelussa on lähdetty seuraavista kyvykkyystavoitteista, jotka sen tulisi täyttää:

- Ei tarvetta mennä yläontelon (katon) päälle sammuttamaan tai jäähdyttämään yläontelotilaa tai tekemään savunpoistoaukkoa
- kyky sammuttaa/ tai vähintään rajoittaa omakoti- tai rivitalon yläontelopalontehoa
- sammutusaine vesi
- käyttöpaine noin 8 baaria
- vesivirtaama yli 2,5 litraa sekunnissa, mutta alle 5 litraa sekunnissa
- suihkun muoto harja- ja pulpettikattoisen yläontelotilaan soveltuva
- riittävä vesisuihkun kantama
- riittävän pitkä kouran kynsi, jotta yletytään myös eristetyn katon lävitse
- kyky tehdä savunpoistoaukko yläontelotilaan (vesikatteeseen).

Vertailukohtat on otettu FogNail® -pistosuihkuputkista niiden hyvien käyttökokemusten perusteella ja saatavilla olevien koekäyttöjen pohjalta. Vesi valittiin sammutteeksi, koska sitä on helposti saatavilla, palokunnilla se on yleisesti käytössä ja palokunnissa on kyvykkyys sen kuljettamiseen sekä pumppukalustolla riittävän paineen tuottamiseen. Veden kuljetustapa hydraulijatkkeen sisällä ja sieltä SaRa-kouralle suunniteltiin toteutettavaksi ensisijaisesti 20 m:n työjohtoa (39 – 42 mm) käyttäen riittävän vesivirran saavuttamiseksi (5 litraa sekunnissa). Hydraulijatkkeen rakenne suojaa työjohtoa käyttöaikana mekaanisilta vaurioilta ja lämmöltä.

Vesivirtaaman tarpeeseen laskettiin SaRa-kouran kynsien vesivirtaaman lisäksi hydraulijatkkeen rakenteisiin mahdollisesti sijoitettujen suojasumusuuttimien vaatima vesivirta. Käyttöpaineeksi asetettiin 8 baaria riittävän pienen pisarakoon saavuttamiseksi ja yleisesti käytössä olevan pumppukaluston käyttöpaineen takia. 8 baarin paineella kyetään tuottamaan saman tapaista vesisuihku kuin

FogNail®-pistosuihkuputkilla. Lähtökohdassa on mietitty myös sitä, että SaRa-koura ei itsessään teknisenä sammutusvälineenä riitä, vaan sen sammutustehoa joudutaan täydentämään myös muilla keinoin.

Kuinka suurella vesimäärällä (litraa sekunnissa) VTT:n ja Ronkaisen 2006 tekemän ontelopalokokeen (Ronkainen 2009, 16 – 25 ja 23 – 25) yläontelopalo voidaan saada hallintaan? Polttokoe 3 osoitti, että ontelotilaan suihkutettu 280 litran vesimäärä kahdella pistosuihkuputkella 2 minuutin ajan yleissyttymisen jälkeen, ennen savunpoistoluukun avaamista sammutti palon lähes kokonaan. Polttoko-
keessa 3 työn tuloksia arvioitaessa (Ronkainen 2009, 43) oletettiin, että ontelopaloa tulee aina mahdollisuuksien mukaan jäähdyttää ja kuvatus mukaan kahden rajoittavan FogNail®-pistosuihkuputkella kyettiin sammuttamaan lähes kokonaan. Kahden pistosuihkuputken vesivirta on noin 140 litraa minuutissa eli noin 2,3 litraa sekunnissa. Aiemman tutkimuksen perusteella yläontelopalo voidaan saada hallintaan 2,3 litraa sekunnissa vesivirtaamalla kahden minuutin ajan yleissyttymisen jälkeen. Tällä perusteella sekä omakohtaisten kokemusten perusteella päädyttiin SaRa-kourassa vesivirtaamaan 150 litraa minuutissa.

Veden sammutuskykyä ja sen vaikutusta eri tavoin on tutkittu muun muassa Pelastusopistolla sekä muissakin tutkimuslaitoksissa hyvin laajasti ja tarkkaan. Seuraavat veden sammutusvaikutukset on hyvä tiedostaa:

Veden pääasiallinen sammutusvaikutus on jäähdytys. Vesihöyryn tukahdutusvaikutus lisää vielä sammutustehoa esimerkiksi huonepalon sammutuksessa. (Hyttinen 2010, 97.)

Veden jäähdytysvaikutukset ovat seuraavat:

- Paloon suihkutettu vesi kuumenee ja höyrystyy, jolloin se sitoo 2,6 MJ lämpöä yhtä vesikilogrammaa kohti. Seuraavassa selvitämme, kuinka suuri jäähdytysteho maksimissaan on 5 l/s vesivirran omaavalla sumusuihkulla. Oletetaan, että kaikki paloon suihkutettu vesi höyrystyy ja että 1 litran vesimäärän massa on 1 kilogramma. Laskemalla saadaan jäähdytystehoksi 13 MW. (Hyttinen 2010, 97.)
- Sumun vesipisarat heikentävät liekistä syttyviin aineisiin siirtyvää lämpövirtaa siten, että pisarat absorboivat lämpösäteilyä ja sirottavat sitä. Sumun lämmön absorbointi- ja sirottamiskyky paranevat pisarakoon pienetessä. (Hyttinen 2010, 97.)

Tukahdutusvaikutus syntyy seuraavasti: yhdessä vesikilogrammasta muodostuu noin 1700 litraa 100 °C:n lämpöistä vesihöyryä, jonka katsotaan syrjäyttävän huonepalossa vastaavan tilavuuden ilmaa ja savua. Lisäksi vesihöyry nostaa painetta palotilassa ja heikentää siten ulkoilman virtausta tilaan. (Hyttinen 2010, 97.)

Palotehon ja sammutustehon suhdetta on vaikea esittää yksiselitteisesti. Sammutustehoon vaikuttavat todella monet asiat, esimerkiksi pisarakoko, suihkukulma sekä se, osutaanko sammutussuihkulla palavaan- /kuumaanpintaan ja kuinka saavutetaan katveeseen jäävät alueet. Optimaalista vesivirtaa

on vaikea määritellä, koska teoreettiset ja käytännön tiedot vesivirran määrästä eivät kohtaa sammutusvesimäärää laskettaessa. Tähän vaikuttaa muun muassa se, että sammutetta ei käytännössä saada kohdistettua kaikille palaville ja kuumentuneille pinnoille. (Huttu ym. 2022, 37.) Tämä vahvistaa sen, että yläontelopalon sammutuksessa tulee varautua aina suurempiin vesimääriin kuin teoreettisesti on laskettavissa. Teoreettinen paloteho on laskettavissa, mutta sammutuksessa vaadittava vesimäärä käytännössä on vaikea laskea, koska siihen vaikuttaa aina niin monen eri tekijän summa tapauskohtaisesti.

Omaan pelastusalan (26 vuoden ajalta) kokemuksiini ja muistikuviiini perustuen on (edellisessä luvussa mainitut tiedot huomioon ottaen) todettava tärkeäksi jäähdyttää ontelotilaa riittävän voimakkaasti ennen savunpoistoaukon tekemistä, varsinkin silloin kun yläontelotilaan ei ole syntynyt poikkeavia aukkotekijöitä. Poikkeavana aukkotekijänä voidaan pitää aukinaista käyntiluukkua vesikatteessa tai palon voimasta puhki palanutta päätykolmiota tai vesikatetta. Jos päätykolmiot, palo-osat ja vesikate pysyvät palossa niin tiiviinä kuin mahdollista, tulee palon ympäristöksi tietyllä tavalla rajattu tila, johon palon voima kertyy. Suuntaamalla kyseiseen tilaan pienipisarainen sammutusvesi riittävällä vesivirralla, saadaan palo jopa sammumaan.

Savunpoistoaukon tekemiselle ei ole välttämättä tarvetta. Mutta jos palo on päässyt vesikatteesta läpi ja yläontelotilassa on niin sanottu hormi-ilmiö, on äärimmäisen tärkeää saada ontelotilaa yläpuolelta sulkeva materiaali poistettua riittävän laajalta alueelta ja muutettava palo avopaloksi, minkä jälkeen aloitettava aktiivinen palavien pintojen sammutus ja kuumentuneiden pintojen jäähdyttäminen palon sammuttamiseksi. Jos peltikatetta ei edellä mainitun mukaisessa tilanteessa poisteta, jää palo niin sanotusti muhimaan peltikatteen alle, koska sinne ei saada ohjattua sammutetta esteen takia.

6 SARA-KOURAN SAMMUTUSTEHON TUKEMINEN MUITA SAMMUTUSTEKNIIKOITA KÄYTTÄMÄLLÄ

Suomessa on vuosikymmeniä sammutettu rakennuspaloja hyökkävällä sisältä sammuttamisen taktiikalla tai passiivisella ulkoa sammuttamalla. Sammuttamisen tehokkuus on siis perustunut käytännössä vain yhteen tehokkaaseen vaihtoehtoon. (Huttu ym. 2022, 19 – 20.) Yläontelopalon sammutus ei pitäisi koskaan perustua yhden sammutustaktiikan tai -tekniikan varaan. Tämän takia ei SaRa-kourakaan yksin yläontelopaloa todennäköisesti sammuta. Jokainen palo on erilainen, ja täysin samanlaisien olosuhteiden saaminen edes laboratorio-olosuhteissa on vaikeaa. Pelastuslaitoksella on yhdessä sovittava sammutustaktiikat ja -tekniikat kuhunkin tavoitteeseen sopivaksi. Pelastusopiston nelikenttämalli kannustaa laaja-alaiseen tiedusteluun ja palon käyttäytymisen analysointiin sekä erilaisten tavoitteiden asettamiseen. Lisäksi se kannustaa asettamaan jokaisen palon sammuttamiseen välitavoitteita työturvallisuus huomioiden. (Huttu ym. 2022, 19 – 21).

Kymenlaakson pelastuslaitoksen kalustossa on ollut vuosien ajan käytössä monipuolista kalustoa erilaisina teknisinä apuvälineinä ja sammutusmenetelminä. Näitä välineitä ovat lämpökamera, Fog-Nail®-pistosuihkuputki (hyökkävä ja rajoittava), Cobra-sammutusleikkuri, Greenport FST (Green-Port Portable Fire Suppression Tool) -heittosammutin sekä jauhesammutin. On olemassa muitakin sammutusmenetelmiä. Tässä tutkimuksessa arvioin kuitenkin ainoastaan yhden esimerkin, Kymenlaakson pelastuslaitoksen, palokuntien käytössä olevien välineiden käyttöä yläontelopaloissa SaRa-kouran tukemiseksi normaalin sammutussuihkun lisäksi.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tilannetta, jossa SaRa-kouralla saavutetaan yleensä harjakattoisissa omakoti- tai rivitalo rakennuksissa juuri se vaikeimmin saavutettava katonharjan keskikohta. Kun SaRa-kouran vesilinjoilla varustetut kynnet painetaan vesikatteen läpi, saavutetaan yläontelotilasta seitsemän metrin alue lappeen suuntaisesti, jos välillä ei ole estettä (savupiippu, välisastoinnin seinä jne.), joka estää vesisuihkun leviämisen. Tällöin rakennuksen päädyistä voidaan tehostaa eri menetelmin sammutusta. Kun yläontelopalon kuten muidenkin palojen sammutusta suoritetaan samanaikaisesti eri menetelmin, on palon sammutus tehokkaampaa ja nopeampaa.

6.1 Lämpökamera ja UAS/ RPAS

Lämpökamera on palon tiedustelun tärkeimpiä välineitä. Sen hyödyntäminen yläontelopalojen tiedustelussa auttaa löytämään yläontelopalon kuumimmat kohdat myös maatasolta. Aukosta purkautuvan savun lämpötila pystytään määrittämään lämpökameran avulla ja arvioimaan sen syttymisherkkyyttä. Lämpökameralla voidaan määrittää esimerkiksi kuumin kohta katemateriaalissa ja arvioida sitä kautta palon sijaintia ullakolla. (Huttu ym. 2022, 68.) Tämä auttaa määrittelemään SaRa-kouralle mahdollisimman hyvän, palon kuumimman käyttökohdan. Näin saadaan ohjattua vesi oikeaan paikkaan ja tehtyä savunpoistoaukko oikeaan kohtaan.

UAS/ RPAS tarkoittaa kauko-ohjattua lennokkia tai ilma-alusta. Näiden käyttö on lisääntynyt paljon viime vuosien aikana. UAS:illa saadaan otettua kuvia, lämpökamerakuvia, live -videota ja videotallennetta. Kymenlaakson pelastuslaitoksella laitteita on käytössä usealla palokunnalla. Niistä on jo nyt

saatu paljon hyötyä tulipalojen sammutuksessa. Niitä tulee hyödyntää tilannekuvan luomisessa ja sammutustyön avustamisessa aktiivisesti. Kuvat 18 ja 19 on otettu samasta kohtaa.



KUVA 18. UAS lämpökamerakuva rakennuspalosta, jossa punainen väri kuvastaa kuumimpia kohtia (Kymenlaakson pelastuslaitos 2023, CC BY-NC-SA)



KUVA 19. UAS ilmakuva kuvan 18 tilanteesta (Kymenlaakson pelastuslaitos 2023, CC BY-NC-SA)

6.2 Pistosuihkuputki

Kymenlaakson pelastuslaitokselle on hankittu kahdenmallisia pistosuihkuputkia: hyökkääviä ja rajoittavia. Sammutettaessa yläonteloa seinän, ikkunan, ontelotilan lattiasta alhaalta ylöspäin tai päädyn läpi soveltuu hyökkäävä pistosuihkuputki paremmin sen muodostaman pitkän ja kapean suihkun takia. Katon harjalta käytettäessä käyttöön soveltuu rajoittava pistosuihkuputki. Useamman kuin yh-

den pistosuihkuputken käytöllä tehostetaan sammutus- tai rajoituslinjaa huomattavasti. Pistosuihkuputkista on olemassa myös erilaisia variaatioita. Esimerkiksi pitkät suihkuputket joilla päästään onteloon alaspäin, soveltuvat hyvin ontelopalon sammuttamiseen. Sammutteena voidaan käyttää mallista riippuen vettä tai jauhetta.

6.3 Cobra-sammutusleikkuri

Cobra-sammutusleikkurin avulla on mahdollista jäähdyttää yläontelotilaa esimerkiksi katon päätykolmioista käsin päätykolmion läpi tai nostolavan työkoriin samoja lähestymissuuntia käyttäen kuin pistosuihkuputkilla. Cobran käyttö vaatii kuitenkin tukevan työtason sitä käytettäessä. Nostolavan työkori antaa hyvät mahdollisuudet tukevalle työtasolle, joka voidaan sijoittaa tarpeen mukaan ulottuman rajoissa.

Kymenlaakson pelastuslaitoksella on kaksi Cobra-sammutusleikkurilaitteistoa. Laitteistot on sijoitettu Haminan ja Kuusankosken vakinaisen paloaseman yksiköihin. Kouvolan nostolavayksikön varsistoon on asennettu myös korkeapainevesilinjat Cobran käytön tehostamiseksi. Tällä järjestelyllä vältetään letkuselvityksiltä, jotka voisi olla vaurioalttiita.

6.4 Heittosammutin

Kymenlaakson pelastuslaitos on hankkinut Greenport FST-heittosammuttimia täydentäviksi sammutusmenetelmiksi. Tilan koko ja aukkotekijöiden vaikutus ovat tärkeimpiä sammutuskykyyn vaikuttavia tekijöitä. Aukkotekijät heikentävät sammutusheitteiden sammutusaineen vaikutusta, sillä sammutusaine purkautuu paineen ja ilmavirtojen vaikutuksesta palavasta tilasta avoimien aukkojen kautta ulos. Pelastustoimen kannattaisi käyttää mahdollisimman isoja, 2 – 3,5 kg:n heittosammuttimia. (Huttu ym. 2022, 42.)

Kymenlaakson pelastuslaitoksella on yksi todellinen onnistuminen yläontelopalossa, jossa heittosammutinta käytettiin alkutiedustelun yhteydessä. Paloasiamies heitti heittosammuttimen harjakattoisen omakotitalon yläpohjaonteloon päädyssä olevan käyntiluukun kautta ja sulki luukun tämän jälkeen. Palo jäi heittosammuttimen jäljiltä kytemään, ja sammutuksen hoiti ensimmäisenä paikalle tullut pelastusyksikkö. Tämä osoittaa vahvasti sen, että aina alkuvaiheessa kannattaa yrittää kaikin saatavilla olevin keinoin, vaikka tilanteet eivät olisi optimaalisia laitteen yleisesti tiedettyjen käyttörajoitteiden puitteissa.

6.5 Jauhesammuttimet

Sammutusjauheilla on kaksi pääasiallista sammutusmekanismia: liekkivaikutus ja pintavaikutus. Liekkivaikutus perustuu sammutejauheen lämpenemisen ja hajoamisen aiheuttamaan jäähdytysvaikutukseen ja hajoamistuotteiden kemialliseen vaikutukseen. Inhibitiolla hidastetaan palamisen kemiallista reaktiota liekkipalossa. (Huttu ym. 2022, 40.)

Pintavaikutus aiheutuu palavan aineen pinnalle muodostuvasta epäorgaanisesta polymeeristä, ja tämä mekanismi on oleellinen A-palojen sammutuksessa. Palavan aineen pinnalle muodostunut epäorgaaninen polymeeri pysäyttää pyrolyysin ja estää hapen pääsyn kosketuksiin palavan aineen kanssa. Sammutusvaikutus on tukahdutus. (Huttu ym. 2022, 40.)

Aktiivinen palon sammuttaminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hidastaa aina palon kehittymistä voimakkaampaan suuntaan. Jauhesammutinta hyödyntämällä yläontelopaloissa, varsinkin alkuvaiheessa ja ennen SaRa-kouran toimintakuntoon saattamista, voidaan saada aikaan merkittävä palotehon lasku ja näin sammutustoimille enemmän aikaa. Jauhesammuttimella suoritetun sammuttamisen on osoitettu olevan tehokas sammutusvaikutus muun muassa Pelastusyksikön ensitoimenpiteitä täydentävät sammutusmenetelmät -hankkeessa (Pelastusopisto 2019).

Toni Kuoppamäen tekemän opinnäytetyön (2017) jälkeen on jauhesammuttimien käytön mahdollisuuksista erilaisissa rakennuspaloissa tiedotettu ja koulutettu. Tämän seurauksena on jauhesammutinta käytetty aktiivisesti Kymenlaakson pelastuslaitoksen alueella rakennuspalojen yhteydessä. Sitä on käytetty myös onnistuneesti maastopalon alkuvaiheen rajauksessa.

Kymenlaakson pelastuslaitos käyttää 6 kg jauhesammuttimina Gloria PD6GX sammuttimia pelastusajoneuvoissa. Sammutte on ABC-jauhe/Glutex Ultra ja sammuttimien teholuokka on 55A233BC. (Kuoppamäki 2017, 25.)

6.6 ST -putki

ST-putkella saadaan aikaiseksi voimakas alipainetuuletus esimerkiksi ikkunasta tai yläontelon päätyyn tehdystä reiästä. Tällä tavoitellaan lämpötilan laskemista ja näkyvyyden parantaminen (Huttu ym. 2022, 105). Samalla sieltä poistetaan syttyviä ja kuumia palokaasuja alipainetuuletuksen ansiosta, jolloin palokaasut eivät pääse leviämään muualle rakennukseen. ST -putki ei itsessään sammuta paloa, mutta alipainetuuletuksellaan mahdollistaa esimerkiksi parantamalla alkupaloa sammuttavan sammutusparin toimintaa näkyvyyden parantamisella.

SaRa-kouran kanssa samaan aikaan käytettäessä ST-putkella voidaan alkuvaiheessa tehostaa lämmön ja savukaasujen poistoa yläontelon päätykolmiosta, esimerkiksi tarkastusluukun kautta. Huomioitavaa on kuitenkin se, ettei ST-putkella ohjata alipainetuuletuksesta aiheutuvan ilmavirtauksen mukana paloa sellaiselle alueelle, joka voitaisiin säästää palolta. ST-putki ei ole sammutusputki, koska sillä vaikutetaan ilmavirtauksiin tuuletettavassa tilassa. ST-putki imee palokaasuja ulos palovasta tilasta, mutta se ei sammuta paloa.

7 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka tehokas on SaRa-kouran teoreettinen eli laskennallinen sammutuskyky vedellä harjakattoisen omakotitalon yläontelopalossa. Sen selvittämiseksi mitattiin, mikä on SaRa-kouran vesivirtaaman määrä 6, 8 ja 10 baarin paineilla. Mittauksen tulokset on tarkemmin esitetty luvussa 5.

SaRa-kouran teoreettista sammutuskyvyn voi laskea, kun tiedetään, että sammutteena on vesi ja sen vesivirtaama on 150 litraa minuutissa (2,5 litraa sekunnissa). Tämä tieto yhdistetään tiedetyn suuruisen palon palokuormasta aiheutuvaan palotehoon. Paloteho (W) on palamisnopeus (kg/s) kerrottuna aineen alemmalla lämpöarvolla (kJ/kg) (Hyttinen ym. 2010, 96). Vedestä tiedetään se, että kun paloon kulkeutunut vesi kuumenee ja höyrystyy, se sitoo noin 2,6 MJ lämpöä yhtä vesikilogrammaa kohti (vesi $10\text{ °C} \rightarrow$ vesihöyry 100 °C). Samalla se syrjäyttää happea höyrystyessään. (Huttu ym. 2022, 35 – 36.)

Aikaisemmissa tutkimuksissa rivitaloalueen yläontelopalo on onnistuttu sammuttamaan 2,3 litraa sekunnissa vesivirtaamalla kahden minuutin sammutusjaksolla yleissyttymästä. Voidaan päätellä, että tässä tutkimuksessa saavutetulla SaRa-kouran 2,5 litraa sekunnissa vesivirtaamalla voidaan saada yläonteloon aikaiseksi sellainen sammutus- ja jäähdytysteho, jossa palamisen edellytyksiä ei enää ole.

Palotehoa arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon, että käytännössä kaikkea vettä ei saada ohjattua palaville ja kuumille pinnoille tai sinne, jossa sen vaikutusta eniten tarvittaisiin. Tämä johtuu erilaisista virtauksista, joita palon ja suihkun suuntauksien takia syntyy. Teorian mukainen vesivirtaama ei kohtaa käytännön kanssa. Tutkimuksilla on pystytty osoittamaan, että todellinen tarvittava vesivirtaaman määrä voi olla merkittävästi suurempi teoreettiseen laskelmaan verrattuna. Tämän aiheuttaa se, että SaRa-kouran sammutuskyvystä voidaan tehdä laskelmia, mutta yksiselitteistä sammutuskykyä, joka pätsisi kaikissa tulipaloissa, ei voida määrittää.

Veden virtaaman määrä SaRa-kourassa riittää palotehon laskemiseen tai jopa yläontelopalon sammuttamiseen, palon voimakkuuden ja tapauskohtaisten olosuhteiden mukaan. Myöskään savunpoistaukon tekemisen merkitystä ontelopalon muuttamisessa avopaloksi SaRa-kouran avulla ei tule unohtaa. Lisäksi on huomioitava, että SaRa-kouran käyttö yläontelopalon sammutuksessa vähentää henkilöstöresurssin tarvetta ja lisää työturvallisuutta huomattavasti.

SaRa-kouraa ei kuitenkaan kannata käyttää ainoana sammutustekniikkana ontelopalon sammuttamiseen. SaRa-kouran käyttöä kannattaa tehostaa muilla sammutustekniikoilla. Tässä opinnäytetyössä esimerkkipelastuslaitoksena toimineen Kymenlaakson pelastuslaitoksen kalustossa on ollut vuosien ajan käytössä monipuolista kalustoa. Esimerkiksi seuraavat sammutustekniikat sopivat hyvin tehostamaan SaRa-kouran käyttöä yläontelopalossa:

- FogNail®-pistosuihkuputket voidaan suunnata yläontelotilaan päädystä tai alapuolelta samanaikaisesti SaRa-kouran kanssa. Tällöin vesivirtaaman määrää ontelotilaan voidaan kasvattaa hienojakoisessa suihkumuodossa, joka sammuttaa tehokkaasti.
- Cobra-sammutinleikkurilla voidaan jäähdyttää yläontelotilaa esimerkiksi nostolavan työtasolta vesikatteen läpi tai tikkailta päätykolmiosta samanaikaisesti SaRa-kouran käytön kanssa. Myös sammutinleikkuri kasvattaa vesivirtaaman määrää yläontelotilaan suihkumuodossa, joka sammuttaa tehokkaasti.
- ST-putkella voidaan tuulettaa yläontelotilaa. SaRa-kouran kanssa samaan aikaan käytettäessä ST-putkella voidaan alkuvaiheessa tehostaa lämmön ja savukaasujen poistoa yläontelon päätykolmiosta, esimerkiksi tarkastusluukun kautta.
- Heittosammuttimella voidaan hillitä palon leviämistä tai jopa sammuttaa se syttymisvaiheessa.

Lisäksi SaRa-kouran käyttöä voidaan tehostaa seuraavasti:

- Lämpökameralla voidaan paikantaa tulipalon kuumin kohta, johon on tehokasta suunnata SaRa-kouran sammutusvesi ja tehdä savunpoistoaukko.
- Nostolavaa voidaan käyttää tähytyspaikkana, josta voidaan ohjata SaRa-kouran käyttöä tehokkaasti.

SaRa-kouran ohjaaja voi sijoittua nostolavan työkoriin. Nostokorista suoritettu sammutus ylhäältä alaspäin on tehokasta, koska vesi saadaan suihkutettua juuri siihen kohtaan, jossa sitä tarvitaan.

Jos on mahdollista, tulee SaRa-koura aina ottaa kohteeseen ennen nostolavaa, jotta sille löytyy mahdollisimman sopiva sijainti tulipalopaikalla.

Tätä opinnäytetyötä voi hyödyntää työelämässä erityisesti kehittämällä koura-autojen etupainoista hälyttämistä yläontelopaikalle jo tilanteen alkuvaiheessa. SaRa-koura yhdistettynä muihin sammutustekniikoihin muodostaa tehokkaan kokonaisuuden yläontelopalon sammuttamiseen. Opinnäytetyön yhteydessä heräsi myös kysymys, voitaisiinko Pelastusopiston opetusmateriaaleissa SaRa-kouraa esitellä yhtenä sammutustekniikkana muiden vaihtoehtoisten sammutustekniikoiden tapaan.

Jatkotutkimusehdotuksena nousi tässä tutkimuksessa esille kaksi teemaa. Ensimmäisenä jatkotutkimusehdotuksena on tutkia SaRa-kouran suihkun muodon vaikutusta sammutus- ja jäähdytystehoon yläontelopalossa. Lisäksi voisi olla hyödyllistä tutkia, kuinka paljon voimaa tarvitaan vesikatteen purkamiseen kuormausnosturinta käytettäessä.

LÄHTEET

Ala-Kokko, Ville 2021. Savusukellusopas. Kuopio: Pelastusopisto.

Cargotec Finland Oy, 2011. HIABRX31 risukouran piirroskuvat. Hiab -kahmarit tuote-esite.

FireFit fyysisen toimintakyvyn tilasto. Kymenlaakson pelastuslaitos 2023.

Huttu, I. & Ala-Kokko, V. & Paloluoma, P. & Smura, M. & Ronkainen, J. & Jämsä, J. & Mustonen, A. & Meurman, K. & Hassinen, M. 2022. Rakennuspalon sammutus. Kuopio: Pelastusopisto. Saatavilla: http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja_A/A3_2022.pdf

Hyttinen, V & Tolonen, P. & Väisänen, T. 2010. Palofysiikka. Tampere: Tammerprint Oy.

Kuoppamäki, Toni 2017. Täydentävät sammutusmenetelmät huoneistopalossa. Opinnäytetyö. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

Kymenlaakson pelastuslaitos, 2009. Rivitalon huoneistopalo Kotkassa 3.9.2009, jossa purkautumisvaiheessa oleva palo on jo levinnyt yläontelotilaan. Valokuva, 3.9.2009. Kotka: Kymenlaakson pelastuslaitoksen kokoelmat.

Kymenlaakson pelastuslaitos, 2023. UAS lämpökamerakuva rakennuspalosta. Valokuva, 6.4.2023. Kotka: Kymenlaakson pelastuslaitoksen kokoelmat.

Kymenlaakson pelastuslaitos, 2023. UAS ilmakehän kuvan 18 tilanteesta. Valokuva, 6.4.2023. Kotka: Kymenlaakson pelastuslaitoksen kokoelmat.

Lohiranto, Markus 2019. Pelastustoimen kattotyöskentelyn kehittäminen. Opinnäytetyö. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

Malinen, Tero 2021. Kattotuolien tyypillinen rakenne, josta nähtävissä avoimeksi jäävät alueet. Yllä pulpettikatto ja alla harjakatto. Opinnäytetyö. Sijainti: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Kajaanin ammattikorkeakoulu.

Meillä kotona 2012. Harjakattoisen omakotitalon tyypillinen rakenne, jossa nähtävissä keskelle kattoon jäävä pitkä avoin tila. www-dokumentti. <https://www.meillakotona.fi/artikkelit/korjaa-1960-luvun-talo-oikein>

Oy Veljekset KULMALA Ab, 2023. Flowmaster virtausmittarit. Myyntiesite. Saatavilla: https://www.veljeksetkulmala.fi/uploads/media_items/flowmaster-virtausmittari.original.pdf

Palvelutasopäätös 2021-2024. Kymenlaakson pelastuslaitos 2020. Saatavilla: <https://pelastustoimi.fi/kymenlaakso/meista/palvelutasopaatos>

Pelastustoimen strategia 2025. Helsinki: Sisäministeriön julkaisuja 8/2012. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79414/sm_082012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pelastustoimen toimintavalmiuden suunnitteluohje. Helsinki: Sisäministeriön pelastusosaston julkaisu 21/2012. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79284/Toimintavalmiusohje%202012.pdf>

Pelastusyksikön ensitoimenpiteitä täydentävät sammutusmenetelmät. 2019. Hankemateriaali. Kuopio: Pelastusopisto.

Putoamisvaarallisella alueella työskentely pelastustoimessa. Helsinki: Sisäministeriön julkaisuja 2021:6. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162953/SM_2021_6.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Putoamisvaarallisella alueella työskentelyohje. Kymenlaakson pelastuslaitos 2021.

Ronkainen, Juha 2009. Erilaiset sammutustekniikat ja sammutustekniikan opetus yläpohjan ontelon paloissa. Opinnäytetyö. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

Ronkainen J. 2009. Esimerkkilaskelma rivitalon yläpohjan ontelon tyypillisestä palokuorman määrästä ja palavan aineen pinta-alasta. Opinnäytetyö. Pelastusopisto. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

Rusi, Mika 2016. SaRa-kouran suuttimet. Suuttimessa olevien kunkin reiän halkaisija on \varnothing 2 mm ja poraukset ovat suunnattu risteämään vastakkaisen puolen reiän kanssa 90° kulmassa toisiinsa nähden. Hiab Cargotec Oy. Valokuva, 22.2.2016. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Yksityiskohtana SaRa-kouran vesilinjat. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. SaRa-koura kytkettynä kuorma-auton kuormausnosturimeen ja on toiminnassa. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Hydraulipistoke, Rotaattori (kääntäjä) ja RX31 koura. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. SaRa-koura (RX31): 1. Kouran runko, 2. Kynsipari, 3. Kynsi, 4. Vesisuuttimilla varustettu kynsipari ja 5. Vesilinja kynnen vesisuuttimille. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Vesisuuttimen vesisuihku ja vesisuihkun kuvio 8 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. SaRa-kouran suihkukuvio on suorakulmion muotoinen päädyistä 8 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. SaRa-kouran vesisuihkun leveys on noin 7 metriä 8 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. SaRa-kouran suihkukuvio sivusta 8 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Mittauksen yleisjärjestelyt. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Vesilinjojen reitti SaRa-kouralla. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Mittaus 1. Vesivirtaama 120 litraa minuutissa, 6 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Mittaus 2. Vesivirtaama 150 litraa minuutissa, 8 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Tauriainen, Saku 2017. Mittaus 3. Vesivirtaama 160 litraa minuutissa, 10 baarin paineella. Valokuva, 21.11.2017. Kouvola: Saku Tauriaisen kokoelmat.

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403 / 2008.

LIITE 1: PALOKUNTIEN LÄHTÖAJAT JA ERIKOISTUMISET

Palokuntien pelastussukellusvalmius ja erikoistuminen 1.1.2020										
Palokuntien määrä	Paloaseman numero	Kotkan päivystysalue	palokunnan lähtöaika (min)	Pelastussukellus			Hydrauli pelastusvälinsarja	Ensiavuste	Pintapelastus	Muu erikoistuminen
				savusukkelus	kemikaalisukellus	vesisukellus				
		Vakinaiset palokunnat								
1	10	Kotkansaaressen paloasema	<= 1	X	X	X	X	X	X	Meripelastus, ÖT-merellä
2	20	Karhulan paloasema, väistötilassa	<= 1,5 *	X	X	X	X	X	X	Meripelastus, ÖT-merellä
3	30	Haminan paloasema, väistötilassa	<= 1,5 *	X	X	X	X	X	X	Meripelastus, ÖT-merellä
		Sopimuspalokunnat								
4	12	Pyhtään VPK	<= 5	X			X	X	X	
5	13	Siltakylän VPK	<= 5	X			X	X	X	Liikenteenohjausperävaunu
6	14	Hurukselan VPK	<= 10							
7	15	Kymin Läntinen VPK	<= 10	X						
8	16	Karhulan VPK	<= 10	X			X			Suurteho pump. letkuauto, vaahtosamm
9	17	Kotkan VPK	<= 10	X						Kemikaalisuk.puhd.paikka
10	18	Tiutisen VPK	<= 10							Kaaritelta, huolto ja suojavaikaksi
11	19	StoraEnso Sunilan TPK	<=5 / <= 10	X						
12	22	Metsäkylän VPK	<= 10							
13	23	Vehkalahden VKPK	<= 10	X			X			
14	24	Haminan VPK	<= 10							Kemikaalisuk.puhdistuspaikka
15	25	Turkian VPK	<= 10							
16	31	Klamilan VPK	<= 10							
17	32	Ravijoen VPK	<= 10							
18	33	Virolahden VPK	<= 10							
19	34	Mehikkään palokunta	<= 5				X	X		
20	35	Virojoen VPK	<= 5	X			X	X	X	Kaaritelta, huolto ja suojavaikaksi
		Kouvolan päivystysalue	palokunnan lähtöaika (min)	Pelastussukellus			Hydrauli pelastusvälinsarja	Ensiavuste	Pintapelastus	Muu erikoistuminen
		Vakinaiset palokunnat		savusukkelus	kemikaalisukellus	vesisukellus				
21	50	Kouvolan paloasema	<= 1	X	X		X	X	X	
22	51	Kuusankosken paloasema	<= 1	X	X	X	X	X	X	
		Sopimuspalokunnat								
23	41	Elimäen VPK	<= 5	X			X	X		
24	42	Myllykosken palokunta	<= 5	X	X		X	X	X	
25	43	Anjalan VPK	<= 5	X			X	X	X	SURO-yksikkö, jäikvah. torjuntakontti
26	44	StoraEnso Anjalankosken TPK	<= 10	X	X		X			
27	45	Inkeröisten VPK	<= 5	X			X	X	X	
28	46	Liikkalan VPK	<= 5	X			X	X		
29	52	Pioneerien VPK	<= 5	X			X	X	X	Kemikaalisuk.puhdistuspaikka
30	53	Kuusankosken VPK	<= 5	X			X			Sami-Response laitteisto
31	53	Kouvolan VPK	<= 10	X			X			Liikenteenohjausperävaunu, letkuauto
32	54	UPM-Kymmene Kymin TPK	<= 5	X			X			
33	56	Valkeala-Jokelan VPK	<= 5	X			X	X	X	
34	57	Ulin Jääkärirykmentin SPK	<= 10	X			X		X	Ilmailuonnettomuuden pelastustoiminta
35	58	Kaipiaisten VPK	<= 5				X	X		
36	61	Vuolankosken VPK **)	<= 5	X			X	X	X	
37	62	Iitin VPK**)	<= 5	X			X	X	X	
38	63	Jaalan VPK	<= 5	X			X	X	X	
39	64	Selänpään VPK	<= 5	X			X	X	X	
40	65	Karjalan Prikaatin SPK	<= 10	X			X		X	
41	66	Tuohikon VPK	<= 5				X	X		

* väistötilasta johtuen lähtöaika on 1,5 min

** siirtyy 1.1.2021 Päijät-Hämeen maakuntaan