

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**LENTOKONEPALO PALOTAPAHTUMANA JA ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMI LENTOKONEPALON SAMMUTTAMISEKSI**

Kandidaatintutkielma

Kadetti  
Jussi Heikkinen

Kadettikurssi 98  
Ilmasotalinja

Maaliskuu 2014

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

Kurssi Kadettikurssi 98	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Kadetti Jussi Heikkinen	
Tutkielman nimi <b>Lentokonepalo palotapahtumana ja Ilmavoimien pelastustoimi lentokonepalon sammuttamiseksi.</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2014	Tekstisivuja 28 Liitesivuja 3
<p><b>TIIVISTELMÄ</b></p> <p>Lentokoneiden sisältämä lentopolttoaine aiheuttaa riskin lentokonepalon syttymiselle onnettomuustilanteessa, kuten maahansyöksyssä. Tulipalo on yksi dynaamisimpia onnettomuustyyppisiä, mikä tarkoittaa sitä, että tulipalo leviää hyvin nopeasti, ellei sitä yritetä sammuttaa. Tämän takia pelastustoimen pitää olla varautunut lento-onnettomuuteen lentotoiminnan aikana. Pelastustoimen nopea toiminta onnettomuustilanteessa on avainasemassa henkilöstön ja omaisuuden pelastamiseksi. Tukikohtien pelastustoimen ydintehtävänä on ihmisten ja omaisuuden pelastaminen lento-onnettomuus- ja vauriotapauksissa.</p> <p>Tutkielman tutkimuskysymykset ovat seuraavat: Mitkä tekijät vaikuttavat tulipalon syttymiseen ja sen kehittymiseen lentokoneessa? Mitä sammutteita käytetään lentokonepalon sammuttamiseen ja millaisia ominaisuuksia niiltä vaaditaan? Kuinka Ilmavoimien pelastustoimi on toteutettu lentokonepalon sammuttamiseksi? Tutkielmassa tarkasteltiin palotapahtumaa ja sen sammuttamista kirjallisuustutkimuksen avulla ja siinä keskityttiin erityisesti palofysiikkaan ja palotekniisiin ilmiöihin palamisen sekä palon sammuttamisen aikana. Tutkielmassa selvitettiin myös, kuinka Ilmavoimien pelastustoimi on toteutettu lentokonepalon sammuttamiseksi.</p> <p>Lentopolttoainepalo on liekehtivää palamista. Palamisen perusedellytyksiä ovat riittävä lämpötila, happipitoisuus, polttoaine ja häiriintymätön kemiallinen reaktio. Nestepaloissa nesteestä höyrystyy kaasuja, jotka palavat nestepinnan yläpuolella kaasuilmaseoksessa. Lentopolttoainepalon sammuttamiseksi tehokkaimmat sammutusmenetelmät ovat jäädyttäminen ja tukahduttaminen, joiden avulla pienennetään tulipalon lämpötilaa ja happipitoisuutta. Tehokkain sammutte nestepalojen sammuttamiseksi on vaahto, joka jäädyttää paloa ja estää nesteestä höyrystyvien kaasujen virtauksen palotapahtumaan.</p> <p>Ilmavoimien pelastustoimintaa ohjataan lakien, asetusten ja normien avulla. Sotilasilmailun turvallisuudesta huolehtii Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, joka määrää Ilmavoimien pelastustoimen järjestämisestä. Tukikohdassa on oltava riittävät pelastustoimen resurssit lentotoiminnan aikana. Nämä resurssit määräytyvät pelastustoimintaluokan ja pelastussuunnitelman mukaisesti. Pelastustoimen on oltava valmiina lentotoiminnan aikana, koska onnettomuustilanteessa seurausten minimointi edellyttää välittömiä toimenpiteitä. Tukikohdassa ei siis saa aloittaa lentotoimintaa ennen kuin pelastusorganisaation toimintavalmius on varmistettu. Pelastustoiminnan ohjeistuksen ja ylläpidon on oltava tarkasti suunniteltua ja toteutettua, jotta pelastustoimi kykenee todellisuudessa toteuttamaan sille annetut tehtävät. Pelastushenkilöstön todelliset kokemukset pelastustoiminnasta ovat vähäisiä, koska onnettomuuksia tapahtuu harvoin. Tämän vuoksi pelastustoiminnan tietoja ja taitoja on ylläpidettävä vuosittain harjoittelemalla toimintaa todenmukaisissa harjoitustilanteissa.</p>	
<p><b>AVAINSANAT</b></p> <p>lentopolttoainepalo, lento-onnettomuudet, nestepalot, tulipalot, pelastustoimi, sammutteet, vaahto, sammutus, palofysiikka</p>	

# LENTOKONEPALO PALOTAPAHTUMANA JA ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMI LENTOKONEPALON SAMMUTTAMISEKSI

## SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
1.1	TUTKIELMAN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	3
1.2	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AIHEEN RAJAAMINEN .....	3
1.3	KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	4
<b>2</b>	<b>TULIPALOTAPAHTUMA LENTOKONEESSA</b> .....	<b>5</b>
2.1	TULIPALON SYTTYMINEN .....	5
2.2	TULIPALON VAIKUTUKSET .....	7
2.3	TULIPALON SAMMUTTAMINEN .....	14
<b>3</b>	<b>ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMEN TOTEUTTAMINEN LENTOKONEPALON VARALLE</b> .....	<b>18</b>
3.1	ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMEA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA NORMIT .....	18
3.2	PELASTUSTOIMINNAN JÄRJESTÄMINEN JA YLLÄPITO ILMAVOIMISSA .....	19
<b>4</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>25</b>

LÄHTEET

LIITTEET

# **LENTOKONEPALO PALOTAPAHTUMANA JA ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMI LENTOKONEPALON SAMMUTTAMISEKSI**

## **1 JOHDANTO**

Lentotoiminta jakautuu Suomessa siviili- ja sotilasilmailuun. Siviili-ilmailuun liittyvässä liikentotoiminnassa tapahtuu nykyään harvoin onnettomuuksia [1, s. 297]. Suomessa tapahtuu lento-onnettomuus liikenneluokan lentokoneille tilastollisesti kerran noin 2 vuodessa ja vakava lento-onnettomuus kerran noin 38 vuodessa [2, s. 20]. Myös sotilaslentotoiminnassa onnettomuudet ovat harvinaisia. Vuosina 2008–2012 sotilaskoneille tapahtui kolme lento-onnettomuutta [3].

Siviili-ilmailussa suurin riski onnettomuuden syntyyn on nousun ja laskeutumisen aikana. Näistä erityisesti laskeutumisen aikana tapahtuu tilastollisesti eniten onnettomuuksia. Tästä kertoo myös se, että lento-onnettomuuksista 75–80 prosenttia tapahtuu lentokentän välittömässä läheisyydessä. [1, s. 297; 2, s 21] Laskeutumisen epäonnistuessa, esimerkiksi laskutelineiden vikaantuessa, kone saattaa syttyä palamaan, koska herkästi syttyvä polttoaine voi joutua kosketuksiin esimerkiksi kuuman moottorin kanssa. Vuosien 1997 ja 2006 välisenä aikana noin 42 % maahan syöksyneistä liikelentokoneista syttyi palamaan [4, s. 55]. Sama riski on olemassa myös sotilaslentotoiminnassa.

Sotilasilmailu poikkeaa merkittävästi siviili-ilmailusta lentokoneiltaan, lentotoiminnaltaan ja varustukseltaan. Sotilaslentokoneet ovat pienempiä kuin liikelentokoneet, ja hävittäjäkoneet ovat suorituskyvyltään tehokkaampia kuin siviilikoneet. Lentotoimintaa suoritetaan paljon yksittäisissä lentotukikohdissa, jolloin onnettomuusriskit painottuvat vain muutamille lentokentille. Sotilaskoneiden varustuksena on usein myös aseistusta ja muuta räjähdysmateriaalia muiden vaaraa aiheuttavien aineiden lisäksi. Näiden vuoksi sotilaslento-onnettomuuksiin liittyy huomattavia erityispiirteitä verrattuna siviili-ilmailuonnettomuuksiin, ja varsinkin pelastustoiminnassa mukana olevien henkilöiden on tunnettava ja tiedostettava ne. Näitä ovat esi-

merkiksi aseistuksen sekä muun räjähdemateriaalin aiheuttamat vaarat ja riskitekijät henkilöstölle ja omaisuudelle [5].

Riski lento-onnettomuuteen ja lentokonepalon syttymiseen on aina olemassa, ja siihen on varauduttava. Tulipalo on yksi dynaamisimpia onnettomuustyyppisiä, mikä tarkoittaa sitä, että tulipalo leviää hyvin nopeasti, ellei sitä yritetä sammuttaa [1, s. 239]. Tämän takia pelastustoimen pitää olla varautunut lento-onnettomuuteen lentotoiminnan aikana. Vaaratilanteet vaativat pelastustoimelta lähes yhtä suuret resurssit kuin itse onnettomuus, koska vaaratilanteen muuttuessa onnettomuudeksi, esimerkiksi tulipaloksi, pelastustoimen pitää pystyä vaikuttamaan onnettomuuteen välittömästi. Lento-onnettomuus voi tapahtua myös täysin yllättäen ilman minkäänlaista ennakkovaroitusta, esimerkiksi rutiininomaisen laskeutumisen epäonnistuksessa, jolloin pelastustoimella ei ole aikaa valmistautua onnettomuustehtävään. Pelastustoimen nopea toiminta onnettomuustilanteessa on avainasemassa henkilöstön ja omaisuuden pelastamiseksi. Pelastustoiminta on siis olennaista lentoturvallisuuden ja jatkuvan lentotoiminnan kannalta. Pelastustoiminnan häiriintyessä lentoturvallisuus heikkenee ja riski menettää ihmisiä ja materiaalia kasvaa merkittävästi.

Lento-onnettomuuksia ja lentokonepaloja tapahtuu harvoin. Tämä aiheuttaa haasteen pelastustoimelle, koska pelastustoimella on vain vähän käytännön kokemuksia lentokonepalojen sammuttamisesta ja pelastustoiminnasta. Pelastustoiminnan pitää olla hyvin harjoiteltua ja kaikkien pelastustoimintaan osallistuvien on tunnettava palotapahtuman kulku ja kuinka siihen voidaan vaikuttaa. Pelastustoimen tulee varata riittävät resurssit lentokonepalojen sammuttamisen varalle, jotta pelastustoiminnalla kyetään vaikuttamaan lentokonepaloon riittävän tehokkaasti.

Valitsin kandidaatintutkielman aiheekseni lentokonepalot, palotapahtuman ja niihin varautumisen Ilmavoimissa oman mielenkiintoni vuoksi. Tulen työskentelemään valmistumisen jälkeen Ilmavoimien lentokaluston parissa lentoteknisellä alalla ja pidän tärkeänä lentoturvallisuutta sekä siihen liittyviä asioita. Turvallisen lentotoiminnan takia kaikkien lentokoneympäristössä työskentelevien tulee tuntea pelastustoiminnan järjestelyt ja lento-onnettomuuksien riskit oman työturvallisuutensa takia.

## 1.1 Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkielmani tavoitteena oli tarkastella Ilmavoimien pelastustoimintaa lentokonepalon sammuttamisen kannalta. Tavoitteenani oli tuoda esille millaiset resurssit ja mahdollisuudet Ilmavoimien pelastustoiminnalla on lentokonepalojen sammuttamiseen.

Tutkielmani tutkimuskysymykset olivat:

- Mitkä tekijät vaikuttavat tulipalon syttymiseen ja sen kehittymiseen lentokoneessa?
- Mitä sammutteita käytetään lentokonepalon sammuttamiseen ja millaisia ominaisuuksia niiltä vaaditaan?
- Kuinka Ilmavoimien pelastustoimi on toteutettu lentokonepalon sammuttamiseksi?

## 1.2 Tutkimusmenetelmät ja aiheen rajaaminen

Tutkielmassani tarkastelin palotapahtumaa ja sen sammuttamista kirjallisuustutkimuksen avulla ja keskityin erityisesti palofysiikkaan ja paloteknisiin ilmiöihin palamisen ja palon sammuttamisen aikana. Selvitin myös kirjallisuustutkimuksen avulla, kuinka Ilmavoimien pelastustoimi on toteutettu lentokonepalon sammuttamiseksi. Keskityin erityisesti Ilmavoimien pelastustoimen resursseihin sekä lainsäädännön asettamiin vaatimuksiin.

Valitsin tutkielmaani lento-onnettomuuksista lentokonepalon, koska se on vakavin ja eniten vaaraa aiheuttava onnettomuustyyppi, johon pelastustoiminnalla voidaan vaikuttaa. Tutkielmassani tarkastelin Suomen ilmavoimien sotilaslentokoneita yleisellä tasolla. Oletetuksi onnettomuuspaikaksi valitsin Ilmavoimien lentokenttäalueen. En tarkastellut onnettomuuteen johtaneita tekijöitä, vaan oletin lentokonepalon olleen seurausta jostakin onnettomuudesta, kuten epäonnistuneesta laskeutumisesta. Tarkastelin palo- ja sammutustapahtumaa vain teknisenä ilmiönä ja rajasin sammutustekniikat ja -taktiikat tämän tutkielman ulkopuolelle. Lentokone sisältää useita erilaisia palavia aineita, mutta rajasin tutkielmani vain lentopolttoaineisiin, koska ne ovat eniten vaaraa ja tuhoa aiheuttavia palavia aineita henkilöstölle sekä omaisuudelle. Tukikohdan pelastustoimen tehtävistä rajasin tutkielmani koskemaan ainoastaan pelastustoimintaa lentokonepaloissa.

### 1.3 Käsitteet ja määritelmät

**Alueellisella pelastustoimella** tarkoitetaan paikallista siviilipelastustoimea, jonka tehtävänä on huolehtia onnettomuuksien ehkäisystä, pelastustoiminnasta ja väestönsuojelusta.

**Asematasolla** tarkoitetaan lentokoneiden seisontapaikkoja tukikohdassa.

**ICAO** International Civil Aviation Organization on kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö, jonka tehtävänä on muun muassa edistää lentoturvallisuutta.

**Kenttäalueella** tarkoitetaan tukikohdan aluetta.

**K-tukikohdalla** tarkoitetaan pysyviä sotilas- ja yhteistoimintalentoasemia.

**NATO** North Atlantic Treaty Organization on vuonna 1949 perustettu puolustusliitto, jonka tehtävänä on taata jäsenvaltioidensa turvallisuus ja vapaus poliittisin sekä sotilaallisin keinoin.

[6]

**Pelastusajoneuvoilla** tarkoitetaan kaikkia pelastushenkilöstön käytettävissä olevia ajoneuvoja, joilla voidaan suorittaa pelastus- ja/tai sammutustehtäviä.

**Pelastushenkilöstö** on pelastustoimen koulutettu henkilöstö, joka osallistuu sammutus- ja pelastustoimintaan ja palonehkäisytoimeen kuuluvien käytännön toimenpiteiden suorittamiseen [7, liite 1].

**Pelastustoimi (PETO)** tarkoittaa toimialaa, joka huolehtii tukikohdan (tai vastaavan) kaikista sammutus- ja pelastustehtävistä [8]. Tehtäviin kuuluu pelastustoimen suunnittelu, valmistelu ja toteuttaminen.

**Pelastustoiminnalla** tarkoitetaan ihmisten, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseksi ja pelastamiseksi, vahinkojen rajoittamiseksi ja seurausten lieventämiseksi onnettomuuksien sattuessa tai uhatessa kiireellisesti suoritettavia toimenpiteitä [7, liite 1].

**Sammute** tarkoittaa palon sammuttamiseen, sen leviämisen ja uudelleen syttymisen estämiseen tarkoitettua kemiallisesti tai fysikaalisesti vaikuttavaa ainetta [9].

**Sotilaslentopaikka** on alue, josta suoritetaan sotilaslentotoimintaa.

**S-tukikohdalla** tarkoitetaan erillistä perustettavaa tukikohtaa, jota käytetään tilapäisesti sotilaslentotoimintaan.

**Tukikohdalla** tarkoitetaan kaikkia K- ja S-tukikohtia.

**Vaahdote** on aine, joka nesteeseen lisättyinä pienentää sen pintajännitystä niin, että seosta voidaan vaahdottaa [9].

**Vaahtoauto** on kiinteällä pumpulla, vesisäiliöllä, vaahtonestesäiliöllä sekä sammutus- ja pelastustyöhön soveltuvalla kalustolla varustettu pelastusauto [7, liite 1].

**Vaahtoliuos** on vaahdon muodostamiseen tarkoitettu vaahdotteen ja veden liuos [9].

**Yhteistoimintakenttä** on lentoasema, jossa on sotilasilmailun lisäksi siviili-ilmailua ja Finavian pelastusorganisaatio.

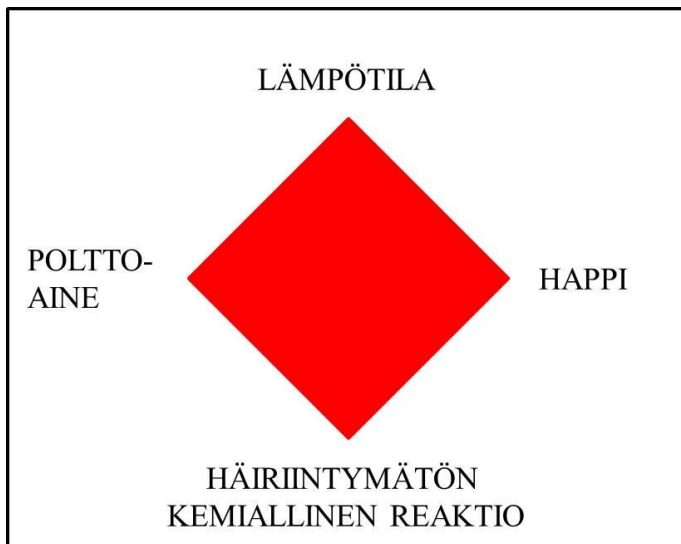
## 2 TULIPALOTAPAHTUMA LENTOKONEESSA

### 2.1 Tulipalon syttyminen

Tulipalo on jonkin aineen palamista. Yksinkertaisesti sanottuna aineen palamiselle tarkoitetaan aineen yhtymistä happeen siten, että lämpöenergiaa vapautuu, syntyy uusia kemiallisia yhdisteitä ja tapahtuu valoilmio [10, s. 29; 11, s. 14]. Eri aineiden palaminen voidaan jaotella palamistavan mukaan. Aineet voivat palaa kahdella eri tavalla: liekehtien ja hehkuen. Hehkupalossa, esimerkiksi metallipalossa, palaminen tapahtuu aineen pinnalla, kun taas liekehtivässä palamisessa kemialliset reaktiot tapahtuvat kaasufaasissa. Lentopolttoaineiden palamisesta puhuttaessa tarkoitetaan liekehtivää palamista. [11, s. 14–24; 12, s. 12]

Liekehtivä palaminen vaatii neljän eri palamisen perusedellytyksen voimassaolon samanaikaisesti. Näitä liekehtivän palamisen perusedellytyksiä ovat lämpötila, polttoaine, happi ja häiriintymätön kemiallinen ketjureaktio (kuva 1). [11, s. 17] Liekehtivässä palamisessa riittävän korkea lämpötila on edellytys sille, että nesteestä haihtuu riittävästi palamiskelpoisia höyryjä ja kaasuja. Lämpötilan kasvaessa palamisreaktio kiihtyy. Hapen osuus palamiseen on hyvin kriittinen, koska palamisen perusvaatimuksena on palavan aineen kemiallinen reaktio hapen kanssa. Palamisilman korkea happipitoisuus kiihdyttää palamista ja vastaavasti happivaje hidastaa sitä. Palamiseen tarvitaan aina polttoainetta. Polttoaineella tarkoitetaan tässä yhteydessä ainetta, joka palaa eksotermisesti eli synnyttää enemmän lämpöä palaessaan kuin mitä palamisreaktioon kuluu. Liekehtivä palaminen tapahtuu useiden jopa kymmenien kemiallisten osareaktioiden kautta, jolloin muun muassa happi- ja polttoainemolekyylit reagoivat keskenään synnyttäen palamisen. Myös erilaiset radikaalit vaikuttavat palamiseen, erityisesti sen nopeuteen, kemiallisissa reaktioissa. [11, s. 17–18; 12, s. 12–13; 13, s. 2]





Kuva 1. Liekehtivän palamisen edellytykset [11]

Nesteiden, kuten lentokoneiden käyttämän lentopolttoaineen, palaminen eroaa kiinteiden aineiden, kuten puun, palamisesta. Neste itsessään ei pala, vaan nesteestä haihtuvat höyryt ja kaasut palavat nestepinnan yläpuolella [10, s. 31; 11, s. 24]. Nestepaloilla tarkoitetaan nestepinnasta haihtuvien kaasujen tai höyryjen liekehtiviä paloja [14, s. 11; 11, s. 24]. Nesteen syttymiseksi on välttämätöntä, että nestepinnan yläpuolisessa ilmassa on sopiva nesteen höyryjen pitoisuus. Nesteen höyryjen pitoisuus on korkeimmillaan sama kuin kylläisen höyryn pitoisuus kyseisessä lämpötilassa. Näin ollen nesteen lämpötilan kasvaessa höyrynpaine kasvaa ja myös kylläisen höyryn pitoisuus kasvaa. Tämä lisää nesteen syttymisvaaraa. [10, s. 31; 11, s. 24–25]

Nesteen leimahduslämpötilalla tai leimahduspisteellä tarkoitetaan alhaisinta lämpötilaa, jossa nesteestä haihtuneen höyryn ja ilman seos leimahtaa ulkoisen lämmön vaikutuksesta, mutta ei jatka palamista ulkoisen lämmön poistuttua. [10, s. 31; 11, s. 25] Tätä pidetään myös nesteen palovaarallisuuden mittana. Mitä alhaisempi leimahduslämpötila nesteellä on, sitä vaarallisempi se on. [11, s. 24] Nesteestä haihtuneen höyryn ja ilman seos saadaan syttymään kuumentamalla höyry-ilma-seos syttymislämpötilaan esimerkiksi kipinän avulla, jolloin seos palaa nopeasti loppuun. Tällöin neste ei kuitenkaan syty palamaan, koska palamisreaktio ei tuota tarpeeksi lämpöä, jotta nesteestä haihtuisi riittävästi höyryä jatkuvaan palamiseen. [10, s. 31]

Nesteen jatkuvaan palamiseen vaaditaan, että nestepinta kuumennetaan syttymislämpötilaan. Se on alin lämpötila, jossa syttyminen tapahtuu. Nesteen syttymislämpötilassa tai toiselta nimeltään palamispisteessä höyry-ilma-seoksen palamisen tuottama lämpö riittää haihduttamaan jatkuvasti lisää höyryjä nestepinnasta ja näin ollen palaminen on jatkuvaa. Tämä lämpötila on yleisesti muutamia asteita korkeampi kuin leimahduslämpötila, mutta esimerkiksi seoksilla leimahdus- ja syttymislämpötilojen ero voi olla useita kymmeniä asteita. [10, s. 31; 11, s. 33] Syttymislämpötiloja ei yleensä tuoda esille tuotekuvauksissa tai -tiedotteissa, koska se ei ole yksiselitteinen suure. Syttymislämpötila voi vaihdella mittausmenetelmän mukaan ja erityisesti käytetyn lämmitysajan mukaan. Mitä kauemmin ja hitaammin ainetta lämmitetään kohti oletettua syttymislämpötilaa, sitä alhaisemmassa lämpötilassa syttyminen tapahtuu. Tämä johtuu siitä, että nestepinnan läheisyyteen pääsee hiljalleen muodostumaan tarpeeksi rikas kaasuilmaseos, että se voi syttyä. [11, s. 33–34] Tästä syystä palavista aineista ilmoitetaan yleensä vain itsesyttymislämpötila. Itsesyttymisellä tarkoitetaan ilman ulkoista syytä tapahtuvaa aineen lämpötilan nousua ja siitä aiheutuvaa syttymistä. Itsesyttymislämpötilalla puolestaan tarkoitetaan alinta lämpötilaa, jossa itsesytyminen voi tapahtua. [11, s. 33–36] Tällöin aine ei siis tarvitse ulkoista lämmön lähdettä syttyäkseen palamaan. Esimerkiksi F/A-18 Hornet hävittäjän käyttämän lentopolttoaineen JP-8:n leimahduslämpötila on 38 °C ja itsesyttymislämpötila on 229 °C [15].

Nesteen, kuten muidenkin liekehtivästi palavien aineiden, syttymiseen vaikuttaa myös nesteestä haihtuneiden höyryjen ja kaasujen pitoisuus nestepinnan yläpuolella olevassa ilmassa. Kaasuilmaseoksen pitoisuuden on oltava aineen ominaisuuksista johtuvien raja-arvojen välissä, jotta syttyminen voi tapahtua. Jokaisella aineella on sille ominainen ala- ja yläraja, joiden välissä syttymisalue sijaitsee. Näitä raja-arvoja sanotaan syttymisrajoiksi. Syttymisrajojen ulkopuolella oleva liian rikas tai liian laiha seos ei syty eikä pala. [11; 10] Tämä ilmiö on havaittavissa selkeimmin sisätilapaloissa, joissa hapen osuus on rajallinen. Ulkoilmassa ei ole käytännössä mahdollista saavuttaa liian rikasta seosta, koska happea on saatavilla rajattomasti.

## 2.2 Tulipalon vaikutukset

Palamiseen liittyy monia luonnontieteellisiä käsitteitä ja suureita, kuten palamisnopeus, tulipalon tuottama lämpöteho ja lämpöenergia. Muun muassa näiden suureiden ja arvojen avulla pystytään yksinkertaisesti arvioimaan tulipalon käyttäytymistä ja vaikutusta ympäristöön.

Lentopolttoaineen syttyä palamaan lentokoneessa, esimerkiksi maahansyöksyn jälkeen, kaikki palamisen perusedellytykset ovat voimassa. Ulkoilmassa happea on saatavilla rajattomasti. Polttoaineen syttyä palamaan on lämpötila palamisreaktiolle riittävä ja kemiallinen reaktio tapahtuu häiriintymättä, koska ilmassa ei ole sitä häiritseviä tekijöitä. Vain polttoaine itsessään rajoittaa tulipalon kestoa, koska se on perusedellytyksistä ainoa, joka kuluu loppuun. Oletuksena tässä on se, ettei tulipaloa yritetä sammuttaa.

Nesteen palaminen tapahtuu lähes poikkeuksetta lammikkopalona, jossa neste on tasaisesti levittyneenä ja se palaa koko pinta-alaltaan. Palavan nesteen palamisnopeus vapaassa palamisessa vaihtelee lammikon halkaisijan mukaan. Halkaisija ollessa yli yhden metrin ( $D > 1$  m) palamisnopeus on lähes vakio, vaikka lammikon halkaisija kasvaisi. Taulukkoarvojen, kuten taulukossa 1 on esitetty, paikkansa pitävyyttä eri lammikon halkaisijan arvoilla voidaan tarkastella kaavan 2.1 avulla. [13, s. 160–163; 16, s. 32–36]

$$m'' = m''_{\infty} * (1 - e^{-k\beta D}) \quad (2.1)$$

Lentopolttoaineen palamisnopeus pinta-alayksikkö kohti  $m''$  ( $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ) voidaan laskea halkaisijaltaan  $D$  olevalle ympyrän muotoiselle lammikolle kaavalla 2.1 käyttäen lentopolttoaineen taulukkoarvoja (taulukko 1) [13, s. 163; 16, s. 32]. Palamisnopeuden avulla havainnollistetaan, kuinka kauan nesteen vapaa palaminen kestää valituilla ainemäärillä ja oletetulla alalla, jonka neste peittää levitessään. Palamisajan laskemiseksi selvitetään palamisnopeuden avulla massahäviö  $m$  ( $\text{kg}/\text{s}$ ) kaavan 2.2 avulla, jossa  $A_f$  on palavan nesteen pinta-ala ( $\text{m}^2$ ) [16, s.34].

$$m = A_f m'' \quad (2.2)$$

Kun tiedetään palavan nesteen massa  $m$  ( $\text{kg}$ ), pystytään kaavan 2.3 avulla laskemaan, kuinka kauan  $t$  ( $\text{s}$ ) vapaa palaminen kestää. Massa  $m$  voidaan myös laskea tiheyden  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ja tilavuuden  $V$  ( $\text{m}^3$ ) tai palavan nesteen pinta-alan  $A_f$  avulla käyttämällä kaavaa 2.4, jossa  $h$  ( $\text{m}$ ) on palavan nesteen paksuus.

$$t = \frac{m}{\dot{m}} \quad (2.3)$$

$$m = \rho * V = \rho * A_f * h \quad (2.4)$$

Palamisnopeuden avulla pystytään myös määrittämään, kuinka suuren palotehon  $Q$  (kW) kyseinen neste ja nestemäärä tuottavat palaessaan. Palotehon avulla tarkastellaan palon vaikutuksia esimerkiksi lähellä oleviin ihmisiin ja materiaaleihin. Palotehon  $Q$  (kW) laskemiseen käytetään kaavaa 2.5 [13, s. 159; 16, s. 31], jossa  $\chi$  on palamisen hyötysuhde, joka on öljypohjaisilla tuotteilla noin 70 %, ja  $\Delta H_c$  (kJ/kg) on aineelle ominainen lämpöarvo [16, s. 31].

$$Q = A_f m'' \chi \Delta H_c \quad (2.5)$$

Taulukko 1. Lentopolttoaineiden ominaisuuksia palamiseen liittyen [16, s. 35]

Lentopolttoaine	Tiheys $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Palamisnopeus, taulukkoarvo $m''_\infty$ (kg/m <sup>2</sup> s)	Lämpöarvo $\Delta H_c$ (MJ/kg)	Ainevakio, taulukkoarvo $k\beta$ (m <sup>-1</sup> )
Kerosiini	820	0,039	43,2	3,5
JP-4	760	0,051	43,5	3,6
JP-5	810	0,054	43,0	1,6

Lentopolttoaineen palamista voidaan tarkastella seuraavan esimerkin avulla. Oletetaan lentopolttoaineen syttyneen palamaan kiitotiealueella, jossa lentopolttoaine on kokonaisuudessaan päässyt levittäytymään tasaisesti pyöreäksi lammikoksi. Polttoaineen paksuudeksi  $h$  lammikossa valitaan 0,5 cm. Esimerkiksi F/A-18 Hornet hävittäjän käyttämä lentopolttoaine JP-8 muodostaa suurilla määrillä noin 0,5 cm paksuisen lammikon tasaiselle betonialustalle [17]. Valitaan tarkasteltavaksi lentopolttoaineeksi kerosiini. Kerosiinilla ja lisäaineistetuilla kerosiinipohjaisilla lentopolttoaineilla, kuten F/A-18 Hornet hävittäjässä käytettävässä polttoaineessa, ei ole suuria palamisominaisuuksien eroja (taulukko 1). Valitaan kerosiinin määräksi 1 000 litraa eli 1 m<sup>3</sup>. 1 000 litraa on suhteellisen pieni määrä verrattuna F/A-18 Hornet hävittäjän sisäisiin polttoainesäiliöihin, joihin mahtuu maksimissaan noin 6 000 litraa polttoainetta [7]. Lasketaan, kuinka kauan 1 000 litraa kerosiinia palaa, kun sitä ei yritetä sammuttaa ja kuinka suuren palotehon kerosiini tuottaa palaessaan.

Taulukosta 1 saadaan kerosiinille ominaiset arvot palamiseen liittyen. Tiheys  $\rho = 820$  kg/m<sup>3</sup>, palamisnopeuden taulukkoarvo  $m''_\infty = 0,039$  kg/(m<sup>2</sup>s), lämpöarvo  $\Delta H_c = 43,2$  MJ/kg ja ainevakio  $k\beta = 3,5$  m<sup>-1</sup>. Lisäksi tiedetään, että kerosiinin tilavuus  $V = 1$  m<sup>3</sup> ja nesteen paksuus lammikossa  $h = 0,005$  m, joten lammikon pinta-ala  $A_f = 200$  m<sup>2</sup> ja halkaisija  $D = 15,958$  m.

Lasketaan palamisnopeus ja selvitetään, onko taulukkoarvo soveltuva käytettäväksi sekä lasketaan kerosiinipaloaika kyseisessä tapauksessa:

$$m'' = m''_{\infty} * 1 - e^{-k\beta D}$$

$$m'' = 0,039 \frac{kg}{m^2s} * 1 - e^{-3,5 \frac{1}{m} * 15,958m} = 0,039 \frac{kg}{m^2s}$$

Näin suurella lammikon halkaisijan arvolla taulukkoarvo on soveltuva käytettäväksi laskuissa.

$$t = \frac{m}{m''}$$

$$m = A_f m'' = 200m^2 * 0,039 \frac{kg}{m^2s} = 7,8 \frac{kg}{s}$$

$$m = \rho * V = 820 \frac{kg}{m^3} * 1 m^3 = 820kg$$

$$t = \frac{820kg}{7,8 \frac{kg}{s}} = 105,13s = 1 \text{ min } 45,13s$$

Lasketaan vielä lisäksi paloteho  $Q$  kyseisessä tapauksessa. Palamisen hyötysuhteeksi  $\chi$  valitaan 0,7, koska kyseessä on öljypohjainen tuote.

$$Q = A_f m'' \chi \Delta H_c$$

$$Q = 200m^2 * 0,039 \frac{kg}{m^2s} * 0,7 * 43,2 \frac{MJ}{kg} = 235,872MW$$

1 000 litraa kerosiinia palaa loppuun valituilla olettamuksilla alle kahdessa minuutissa tuottaen noin 235 MW lämpötehon. Ensimmäisen oletuksen mukaan kerosiini syttyi palamaan, kun kerosiini on levittäytynyt kokonaisuutena lammikoksi. Tehdään toinen oletamus, jossa syttyminen tapahtuu ennen kuin kaikki kerosiini on valunut lammikoksi ja tarkastellaan, kuinka se vaikuttaa paloaikaan ja palotehoon. Tällöin lammikon pinta-ala on pienempi kuin ensimmäisessä oletuksessa, koska kerosiinia palaa lammikon muodostumisen aikana. Oletetaan, että kerosiinia virtaa lammikon yläpuolella olevasta säiliöstä palavaan kerosiinilammikkoon sellaisella virtausnopeudella, että lammikon koko pysyy vakiona 30 m<sup>2</sup>. Kerosiinin määrä on sama kuin ensimmäisessä esimerkissä eli 1 000 litraa.

Palamisala eli lammikon pinta-ala  $A_f = 30 \text{ m}^2$ , jolloin sen halkaisija  $D = 6,18 \text{ m}$ . Lasketaan paloaika  $t$  ja paloteho  $Q$ .

$$m'' = m''_{\infty} * 1 - e^{-k\beta D}$$

$$m'' = 0,039 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} * 1 - e^{-3,5 \frac{1}{\text{m}} * 6,18\text{m}} = 0,03899 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}$$

$$t = \frac{m}{m''}$$

$$m = A_f m'' = 30\text{m}^2 * 0,03899 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} = 1,17 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m = \rho * V = 820 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}^3 = 820\text{kg}$$

$$t = \frac{820\text{kg}}{1,17 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 700,85 \text{ s} = 11 \text{ min } 40,85 \text{ s}$$

$$Q = A_f m'' \chi \Delta H_c$$

$$Q = 30\text{m}^2 * 0,03899 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} * 0,7 * 43,2 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 35,37\text{MW}$$

Toisen oletuksen mukainen paloaika on lähes 12 minuuttia palotehon ollessa noin 35 MW. Paloaika on huomattavasti suurempi kuin ensimmäisessä oletuksessa ja vastaavasti paloteho on huomattavasti pienempi. Laskuista huomataan, että suurin vaikuttava tekijä on nesteen muodostaman lammikon pinta-ala. Mitä pienempi pinta-ala on, sitä pienempi on paloteho ja vastaavasti sitä kauemmin palaminen kestää. Laskujen avulla voidaan päätellä, että 1 000 litraa kerosiinia palaa nopeimmillaan noin 1 min 45 s aikana, koska kyseinen määrä kerosiinia ei voi levittäytyä merkittävästi suuremmalle alalle [17]. Näin ollen myös paloteho on maksimissaan noin 235 MW.

Lämmön siirtyminen on yksi merkittävistä palamisen ilmiöistä, koska palo syttyy ja leviää lämmön siirtymisen välityksellä. Lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan lämpötilaan, kunnes lämpötilat ovat tasoittuneet. Lämpö voi siirtyä johtumalla, konvektion eli kuljettumisen välityksellä ja lämpösäteilyn avulla. Lämmön johtuminen ja kuljettuminen vaativat aina väliaineen, kuten suoran kosketuksen tulipaloon tai tulipalosta lähteneen kipinän, joka kuljettaa lämpöä varsinaisen tulipalotapahtuman ulkopuolelle. Lämpösäteily ei vaadi etenemiseen väliainetta vaan siirtyminen tapahtuu sähkömagneettisena säteilynä. Lämpösäteily ei lämmitä ilmaa, eikä ilma jäähdytä säteilyä lyhyillä matkoilla. Lämpösäteilyn osuessa jähmeään kappaleeseen, säteily muuttuu jälleen lämmöksi kappaleen pinnassa. Säteily etenee valonnopeudella ja sen aallonpituus on verrannollinen säteilevän pinnan lämpötilaan. Aallon-

pituus on sitä pienempi, mitä suurempi säteilevän pinnan lämpötila on. [11, s. 71–79; 18, s. 54–57]

Paloteho  $Q$  luovuttaa osan energiastaan muun muassa lämpösäteilynä. Lämpösäteily on merkittävin vaaraa aiheuttava tekijä sammutusmiehistölle. Se vaikuttaa suuresti myös palon leviämiseen esimerkiksi lähellä oleviin lentokoneisiin. [11, s. 71–79] Lämpösäteilyn teho ei siis ole yhtä suuri kuin paloteho, vaan huomattavasti pienempi. Vain osa palamisessa vapautuvasta energiasta poistuu liekkialueesta lämpösäteilynä. Tyypillisesti lämpösäteilyn tehon osuus palotehosta on noin 10–20 prosenttia. Lämpösäteilyteho  $\Phi$  (W) voidaan laskea kaavalla 2.6, jossa  $A$  ( $m^2$ ) on säteilevän kappaleen projektiopinta-ala,  $\varepsilon$  on emissiosuhde,  $\sigma$  on Stefan-BolzmANNin vakio  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  ja  $T$  (K) on säteilevän pinnan lämpötila [11, s. 76–81].

$$\Phi = A * \varepsilon * \sigma * T^4 \quad (2.6)$$

Lasketaan edellisten esimerkkien mukaiset kerosiinipalamisen tuottamat lämpösäteilyt  $\Phi_1$  ja  $\Phi_2$ . Käytetään pinta-aloina edellisten esimerkkien mukaisia  $200 \text{ m}^2$  ja  $30 \text{ m}^2$  lammikkoja, jolloin voidaan vertailla palotehojen ja lämpösäteilytehojen suhteita. Kerosiinipalamislämpötila on noin  $1100 \text{ K}$  [11, s. 22]. Oletetaan, että kaikki lämpösäteily lähtee liekkipinnasta, jonka emissiosuhde  $\varepsilon$  on 1 [11, s. 80]. Näin ollen lämpösäteilytehojen suuruuksiksi saadaan:

$$\Phi_1 = 200 \text{ m}^2 * 1 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} * 1100 \text{ K}^4 = 16,6 \text{ MW}$$

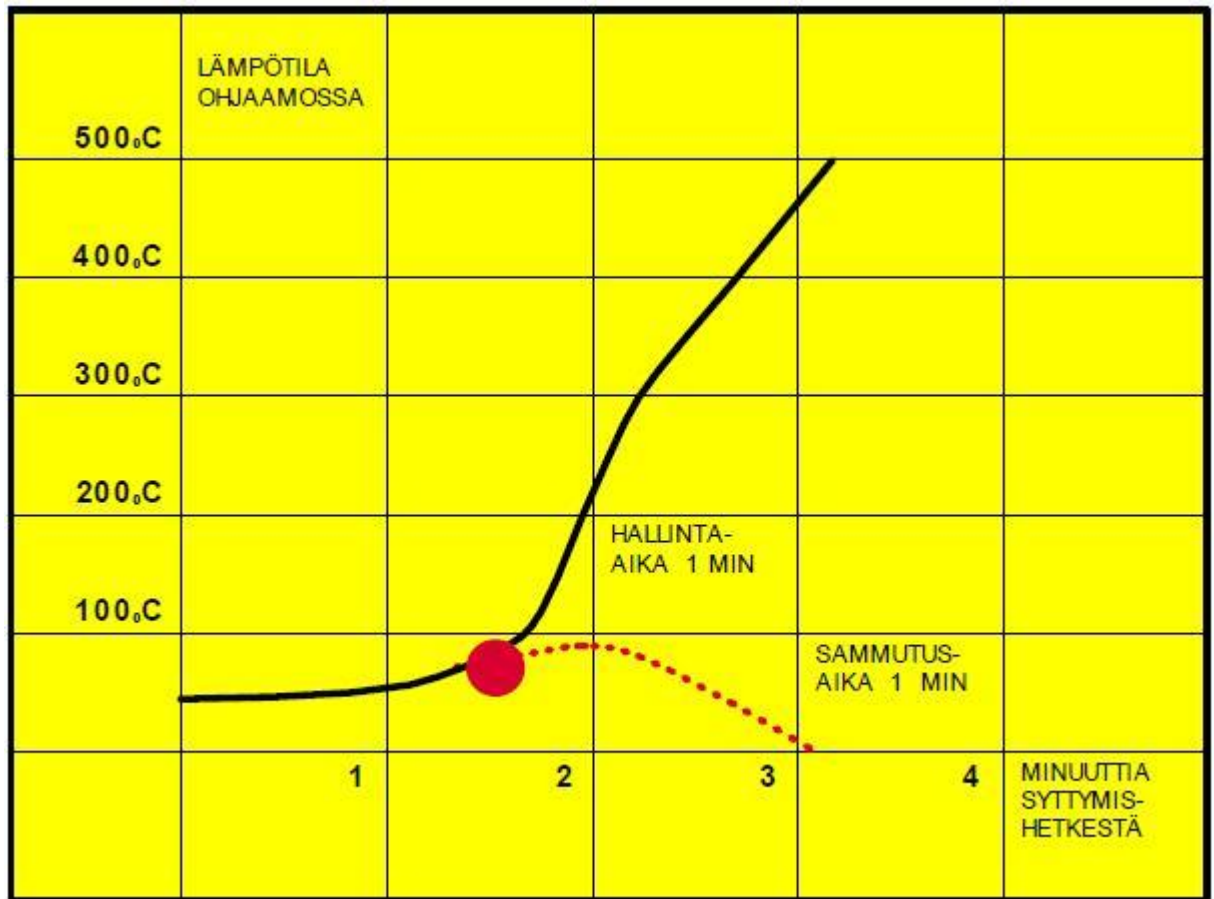
$$\Phi_2 = 30 \text{ m}^2 * 1 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} * 1100 \text{ K}^4 = 2,49 \text{ MW}$$

$200 \text{ m}^2$  kerosiinilammikon palaessa luovuttama lämpösäteilyteho on noin  $16,6 \text{ MW}$  ja vastaavasti  $30 \text{ m}^2$  kerosiinilammikon palaessa luovuttama lämpösäteilyteho on noin  $2,49 \text{ MW}$ . Lämpösäteilyteho  $200 \text{ m}^2$  kerosiinilammikon palaessa on noin  $14 \%$  palotehon suuruudesta ja vastaavasti  $30 \text{ m}^2$  kerosiinilammikolla noin  $7 \%$  palotehosta.

Ainoastaan lämpösäteilyteholla ei pystytä vielä kuvaamaan sen aiheuttamaa vaikutusta aineeseen johon säteily osuu, vaan vaikutuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon säteilylähteen ja aineen, johon säteily osuu, välinen etäisyys. Tällöin puhutaan lämpövirran tiheydestä, jonka yksikkö on  $W/m^2$ . Lämpösäteily, kuten sähkömagneettinen säteily, säteilee palloaaltoina, joten etäisyyden kasvaessa säteilylähteestä lämpövirran tiheys heikkenee verrannollisena etäisyyden neliöön. Näin ollen esimerkiksi 1 W suuruinen säteilyteho tuottaa metrin etäisyydellä olevaan pintaan lämpövirran tiheyden, jonka suuruus on  $1 W/m^2$ . Samansuuruisen säteilytehon muodostama lämpövirran tiheys 2 metrin etäisyydellä säteilylähteestä on vastaavasti  $1/4 W/m^2$ . Tämän avulla voidaan laskea, kuinka lähelle palokohdetta ihminen voi ilman suojavausteita mennä ennen kuin tuntuu kipua tai aiheutuu palovammoja. Ihminen tuntee kipua lämpövirran tiheyden ollessa  $4 kW/m^2$  ja vastaavasti ihmiselle aiheutuu palovammoja lämpövirran tiheyden ollessa  $11 kW/m^2$ .  $200 m^2$  kerosiinilammikko tuottaa palaessaan  $16,6 MW$  lämpösäteilytehon ja  $30 m^2$  kerosiinilammikko tuottaa palaessaan  $2,49 MW$  lämpösäteilytehon. Lämpövirran tiheydet ovat metrin etäisyydellä lammikosta  $16,6 MW/m^2$  ja  $2,49 MW/m^2$ . Ihminen alkaa tuntea kipua ensimmäisessä tapauksessa noin 65 metrin etäisyydellä ja toisessa tapauksessa noin 25 metrin etäisyydellä. Palovammoja aiheutuu ensimmäisessä tapauksessa 39 metrin ja toisessa 15 metrin etäisyydellä tulipalosta. [11, s. 76–81]

Lentokoneen ulkopuolelle syttynyt tulipalo vaikuttaa lentokoneen sisätilan lämpötilaan hyvin nopeasti. Tulipalosta johtuva lämpösäteily nostaa lentokoneen sisätilojen lämpötilaa niin matkustamossa kuin ohjaamossa aiheuttaen merkittävää vaaraa lentokoneen matkustajille ja miehistölle. Ohjaamon ja matkustamon lämpötila nousee hyvin jyrkästi 90 sekunnin kuluttua, jonka jälkeen lentokoneen sisäosat saattavat syttyä palamaan räjähdysmäisesti (kuva 2). [7, liite 12]





Kuva 2. Lentokoneen ulkopuolisen palon vaikutus ohjaamon lämpötilaan [7, liite 12]

### 2.3 Tulipalon sammuttaminen

Sammuttaminen on palamisen perusedellytysten (kuva 1), lämpötilan, hapen, palavan aineen ja häiriintymättömän kemiallisen reaktion, poistamista. Palo sammuu, kun vähintään yksi palamisen perusedellytyksistä poistuu. Sammuttaminen on tehokkaampaa, kun poistetaan useampi näistä perusedellytyksistä.

Pääasiallisia sammutusmenetelmiä on neljä kappaletta, kuten palamisen perusedellytyksiäkin. Sammutusmenetelmiä ovat jäähdytys, tukahdutus, sammutusraivaus sekä inhibitio. Ne vaikuttavat suoraan palamisen perusedellytyksiin. Jäähdyttämällä vaikutetaan lämpötilaan, tukahduttamalla happeen, sammutusraivauksella palavaan aineeseen ja vastaavasti inhibitiolla vaikutetaan häiriintymättömään kemialliseen reaktioon. Jäähdyttämällä alennetaan palon lämpötilaa, jolloin esimerkiksi nestepaloissa nestepinnan lämpötila alenee leimahduspisteen alapuolelle ja palo sammuu. Tukahduttamalla pienennetään happipitoisuus niin alhaiseksi, että palamista ei voi enää tapahtua. Tämä happipitoisuus on liekehtivillä paloilla 12-15 tilavuusprosenttia. Sammutusraivauksella poistetaan palavaa ainetta tai estetään sen lisääntyminen palo-

kohteessa, kuten estämällä palavan nesteen virtaaminen palokohteeseen. Inhibitiolla taas hidastetaan palossa tapahtuvia kemiallisia reaktioita. [11; 19]

Lentopolttoainepalon tapahtuminen ulkoilmassa vaikuttaa merkittävästi valittavaan sammutusmenetelmään. Sammutusraivaus tai inhibitio eivät sovellu hyvin lentopolttoainepalon sammutusmenetelmiksi. Nestepalossa sammutusraivaus tarkoittaa nesteen poistamista palosta tai uuden nesteen virtaamisen estämistä palokohteeseen. Tämä tarkoittaisi sitä, että vuotava säiliö tukittaisiin vuotokohdasta, mutta usein palo estää työskentelyn säiliön lähetyvillä. Nesteen poistaminen palosta on mahdollista allaspaloissa, mutta lentokonepaloissa on kyse lammikopaloista, jolloin nestepaksuus on pieni eikä nesteen pumppaaminen palon ulkopuolelle ole helppoa. Inhibitio on myös vaikea sammutusmenetelmä, koska kemiallista reaktiota hidastavat inhibiitit eivät pääse muodostamaan riittävää pitoisuutta palokohteeseen ulkoilmassa. Näin ollen tehokkaimmat sammutusmenetelmät lentopolttoainepalojen sammuttamiseen ulkoilmassa ovat jäähdytys ja tukahduttaminen. [11]

Vesi on erittäin hyvä sammutte liekkipalojen sammuttamiseen, koska se on palamaton aine ja sillä on suuri lämmönsitomiskyky painoaan kohden. Vesi on myös halpaa ja sitä on saatavilla suuria määriä. [14, s. 9-10; 11] Veden sammutusvaikutus perustuu palon jäädyttämiseen. Vesihöyryllä on myös tukahduttava vaikutus, mutta sen vaikutus on yksinään merkitsevää vain sisätilapaloissa. Veden kuumentamiseksi 100 °C:n lämpötilaan tarvitaan lämpöä noin 0,4 MJ/kg ja veden höyrystymiseen vaaditaan lämpöä 2,3 MJ/kg. Näin ollen vesi sitoo lämpöä, eli jäädyttää paloa, 2,6 MJ jokaista höyrystynyttä vesikilogrammaa kohti. Kerosiinin lämpöarvo on 43,2 MJ/kg (taulukko 1), jolloin yhden palavan kerosiinikilogramman tuottaman lämmön sitomiseen tarvitaan noin 17 kilogrammaa vettä. [11, s. 96–97] Tämän lisäksi ohut vesikalvo voi estää nesteen höyrystymisen polttoaineen pinnasta [14, s. 10].

Vedellä on kuitenkin yksi ratkaisevan huono ominaisuus nestepalojen sammuttamisessa. Vesi on raskasta. Sen tiheys on noin 1 000 kg/m<sup>3</sup>, kun taas öljypohjaisilla polttoaineilla tiheys on noin 800 kg/m<sup>3</sup> (taulukko 1). Sammutettaessa vedellä öljypohjaista polttoainepaloa, vesi vajoaa sammuttamatta palavan nesteen alapuolelle. [14, s. 9–10] Veden ollessa raskaampaa kuin polttoaine, se saattaa aiheuttaa palon leviämistä. Tämä johtuu siitä, että polttoaine pääsee kulkemaan veden pinnalla ja vesimäärän lisääntyessä lammikon pinta-ala kasvaa, jolloin myös palon pinta-ala kasvaa [19, s. 54]. Lentokonepaloissa on myös otettava huomioon veden vaikutus kuumentuneisiin metallisiin. Metallipaloissa, tai metallin ollessa palon vaikutuksen alaisena ja siten kuumentunut lähelle palolämpötilaa, sammuttamiseen käytettävä vesi hajoaa hapeksi ja vedyksi. Vedestä hajonnut vety palaa räjähdysmäisesti ja aiheuttaa palavan metal-

lin sinkoutumista ympäristöön. Metalleja, jotka saattavat aiheuttaa tällaisen vaaran, ovat esimerkiksi magnesium, alumiini, sinkki, rauta ja titaani. Kyseiset metallit ovat hyvin yleisiä lentokoneissa. [19; 20, s. 479]

Jotta veden hyviä ominaisuuksia sammuttamisessa voitaisiin hyödyntää, on veden pintajännitys saatava alhaisemmaksi ja sammutteen tiheys pienemmäksi. Näiden avulla sammute pysyy palavan nesteen pinnalla ja on siten tehokkaampi sammuttamiseen. Vaahto kehitettiin aikanaan erityisesti vettä kevyempien palavien nesteiden, kuten öljypohjaisten polttoaineiden, sammuttamiseen. Vaahto on vettä ja palavia nesteitä kevyempää, tiheyden ollessa korkeimmillaan  $100 \text{ kg/m}^3$ , ja sen pintajännitys on pienempi kuin vedellä, mikä myös estää sen uppoamista palavaan nesteeseen. [14; 11, s. 122]

Sammutusvaahto muodostuu pääasiassa vedestä, vaahdotteesta eli vaahtonesteestä ja ilmasta. Vaahdote on aine, joka pienentää veden pintajännitystä niin, että sitä voidaan vaahdottaa. Vaahdote on yleensä nestemäistä ja se muodostaa veden kanssa vaahtoliuoksen. Valmista vaahtoa voidaan ajatella joukkona kaasukuplia, joiden seinämät ovat vaahtoliuosta ja joissa kaasu on ilmaa. Vaahdon valmistaminen tapahtuu mekaanisesti sekoittamalla vaahtoliuoksen joukkoon ilmaa. Vaahdotteiden ja vaahtoliuoksien kemiallinen koostumus on valmistajasta riippuvainen. Vaahdotteen ja siten myös vaahtoliuoksen koostumus määräytyy muun muassa käyttökohteen, vaadittavan suorituskyvyn ja vaahtomäärän sekä vaahdon levittämisenopeuden perusteella. Kaikki vaahdot ovat kuitenkin kevyempiä kuin palavat nesteet. Vaahtoja voidaan myös luokitella vaahtoluvun perusteella. Vaahtoluku ilmoittaa valmiin vaahdon ja vaahtoliuoksen tilavuuksien suhteen eli sen, kuinka paljon siinä on ilmaa. Eri vaahtolajeja ovat kevytvaaho, keskivaaho ja raskasvaaho. Kevytvaahdon vaahtoluku on yli 200 ja raskasvaahdon vaahtoluku on alle 20. Keskivaahdon vaahtoluku on näiden kahden vaahdon välillä. [12; 11; 14]

Vaahdon sammutusvaikutus nestepaloihin perustuu monien mekanismien yhteisvaikutukseen. Kun vaahdon levittäminen aloitetaan, se hajoaa nopeasti reunoiltaan ja kuumien pintojen lähellä lämpösäteilyn vuoksi. Myös liekkien lämpösäteily hajottaa vaahtoa rikkomalla vaahtokuplia. Tällöin hajoava vaahto luovuttaa sisältämänsä veden, mikä osin höyrystyy ja jäähdyttää polttoaineen pintaa. Vaahtoa tuhoutuu myös painovoiman takia, sillä painovoima aiheuttaa veden valumista alaspäin vaahtokuplien seinämissä, jolloin vaahtokuplista tulee ohuita yläosasta ja lopulta ne puhkeavat. [12; 11; 14] Painovoiman takia valmiin vaahdon elinikä on lyhyt, noin 10 minuuttia [21]. Nesteen jäähtyessä sen höyrystyminen vähenee, jolloin liekkien voimakkuus pienenee. Liekkien ja nesteen lämpötilan pieneneminen pidentää vaahdon elin-

ikää, jolloin vaahtokerros pääsee muodostumaan nestepinnan päälle. Tämän nopeuttamiseksi vaahtoa on levitettävä jatkuvasti palavan nesteen pinnalle ja nopeammin, kuin palo sitä tuhoaa. Jatkuvalla vaahton syöttämisellä varmistetaan riittävän paksu ja ehjä vaahtokerros palavan nesteen pinnalle. Muodostunut vaahtokerros erottaa nestepinnan liekeistä ja vähentää polttoainehöyryjen eli nestehöyryjen siirtymistä paloon. Vaahto ei suoranaisesti tukahduta paloa poistamalla palotapahtumasta happea, vaan estää polttoainehöyryjen pääsemisen palotapahtumaan. Vaahtotusta on jatkettava niin kauan, että koko palo on sammunut. Jos vaahton levittäminen joudutaan lopettamaan ennen kuin koko palo on sammunut, esimerkiksi vaahtotteen loppuessa kesken, jäljellä oleva palo hajottaa vaahton ja nestepalo syttyy uudelleen koko alueeltaan. Vaahtottamista ei saa lopettaa välittömästi, kun koko palanut alue on peittynyt vaahdosta, vaan sitä on jatkettava edelleen, koska vaahtoa hajoaa jatkuvasti. Vaahtottamista on jatkettava, kunnes nesteen lämpötila on laskenut alle leimahduslämpötilan, jotta nesteestä ei enää höyrysty palamiskelpoisia höyryjä, vaikka vaahto hajoaisi nesteen pinnalta. [12; 11; 14]

Vaahto on lentokonepalojen pääsammute. Sen sammutusominaisuudet ovat tehokkaat nestepaloja vastaan ja sitä pystytään tuottamaan nopeasti suuria määriä. Vaahton lisäksi lentokonepaloissa voidaan käyttää sammutteina myös jauheita, haloneja tai hiilidioksidia. [11; 7, liite 10] Sammutusjauheiden sammutusvaikutus perustuu pääasiassa jäähdyttävään vaikutukseen. Sammutusjauheen jauherakeet lämpenevät ja hajoavat joutuessaan lämmön vaikutuksen alaiseksi, jolloin hajoamisreaktio sitoo lämpöenergiaa. Jauheet ovat nopeita ja tehokkaita liekkipalon sammutteita. Ne ovat kuitenkin soveltuvia vain pienehköjen polttonestepalojen sammuttamiseen, koska ne eivät muodosta kalvoa nesteen pinnalle estämään uudelleensyttymistä. [11, s. 105–108] Halonien käyttöä on rajoitettu ympäristövaikutusten takia, mutta niiden käyttö on edelleen sallittua muun muassa ilma-aluksien käsisammutteissa ja kiinteissä sammutusjärjestelmissä. Haloneja voidaan käyttää muun muassa ilma-alusten sisätilojen suojaukseen, koska ne eivät aiheuta henkilöstölle hengenvaaraa vaan henkilöstö pystyy oleskelemaan tilassa haloneista riippumatta. Halonien sammutusvaikutus perustuu inhibitioon. [11, s. 103–104] Hiilidioksidin sammutusvaikutus perustuu pääasiassa tukahduttamiseen. Sen avulla pienennetään ilman happipitoisuutta, minkä vuoksi se soveltuu huonosti ulkosammutukseen. Hiilidioksidin etuna on se, että sitä pystytään varastoimaan nestemäisenä painesäiliöissä, se ei likaa paikkoja eikä aiheuta korroosiota metallipinnoille, toisin kuin jotkin sammutusjauheet tekevät. [11, s. 101–102]

### 3 ILMAVOIMIEN PELASTUSTOIMEN TOTEUTTAMINEN LENTOKONEPALON VARALLE

#### 3.1 Ilmavoimien pelastustoimea ohjaava lainsäädäntö ja normit

Ilmavoimien pelastustoimintaa ohjataan useiden eri säädösten ja normien avulla ja niiden tarkoituksena on varmistaa sotilasilmailun turvallisuus. Ohjeistusten avulla pelastustoiminta suunnitellaan ja toteutetaan siten, että onnettomuustilanteessa toiminta olisi mahdollisimman tehokasta.

*Ilmailulaki* (1194/2009) on korkein ilmailua määrävä säädös Suomessa. Tämän alapuolella on *ilmailulain* (1194/2009) mukaisesti Liikenteen turvallisuusvirasto, joka voi antaa ilmailua koskevia määräyksiä. Lisäksi valtioneuvoston asetuksella voidaan säätää sotilasilmailua koskevia poikkeuksia *Ilmailulain* (1194/2009) säännöksistä, muun muassa sotilasilmailun turvallisuuden varmistamiseksi, kuitenkin siten, etteivät ne vaaranna siviili-ilmailun turvallisuutta. [22]

*Valtioneuvoston asetus sotilasilmailusta* (557/2011) mukaisesti sotilasilmailun turvallisuudesta huolehtii Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Sotilasilmailussa noudatetaan *Ilmailulain* (1194/2009) lisäksi *valtioneuvoston asetusta sotilasilmailusta* (557/2011) ja näin ollen Sotilasilmailun viranomaisyksikön antamia määräyksiä ja ohjeita. Sotilasilmailun viranomaisyksikkö toimii Ilmavoimien esikunnassa. [23; 24]

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi antaa *Ilmailulain* (1194/2009) nojalla määräykset siviili-ilmailun pelastuspalvelusta. Trafi:n antama ilmailumääräys *Lentoaseman pelastustoiminnan järjestäminen* (AGA M3-11) määrää, kuinka lentoaseman pelastustoiminta tulee järjestää siviili-ilma-aluksille. [22; 25] Vastaavasti Sotilasilmailun viranomaisyksikkö on julkaissut sotilasilmailumääräyksen *Tukikohtien pelastustoiminnan järjestäminen* (MIL AGA M3-11), jonka mukaisesti pelastustoiminta on järjestettävä tukikohdissa sotilasilmailua varten. [26] Se on yhteneväinen Liikenteen turvallisuusviraston antamaan siviili-ilmailumääräykseen, mutta siinä on otettu huomioon sotilasilmailun erityispiirteet. [25; 26] Suomessa Finavia Oyj:n on järjestettävä siviililentoasemien pelastustoimi. Sen on laadittava vaaratilanneohjeet, hankittava pelastusajoneuvot ja sammutteet sekä koulutettava pelastushenkilöstö. Ilmavoimien esikunta vastaa pelastustoimen järjestämisestä sotilaslentokentillä, joissa ei ole Finavia Oyj:n pelastusorganisaatiota. [7, s. 5]

Ilmavoimien esikunnan antama Sotilasilmailun pelastusmääräys *Lentotukikohtien pelastustoimi* ohjeistaa pelastustoiminnan toteuttamisen ja sen valmiudet tukikohdissa, joita käytetään Puolustusvoimien sotilasilmailuun. Tämä pelastusmääräys tarkoittaa Sotilasilmailun viranomaisyksikön antamaa sotilasilmailumääräystä *Tukikohtien pelastustoiminnan järjestäminen*. Tätä pelastusmääräystä noudatetaan kaikissa sotilasilmailuun liittyvissä pelastustoimissa. Pelastustoimen tarkoituksena on toiminnan jatkuvuuden turvaaminen kaikissa olosuhteissa ja tilanteissa. [7, s. 5]

Ilmailusta annettujen lakien ja asetusten sekä Sotilasilmailun viranomaisyksikön antamien määräysten ja ohjeiden lisäksi sotilaslentopaikan pitäjän eli joukko-osaston on laadittava paikalliset normit, joissa määrätään esimerkiksi paikallisen pelastustoiminnan järjestelyt [27]. Joukko-osastot vastaavat siitä, että ilmailu on järjestetty sotilaslentopaikalla turvallisesti. Toimintaa johtaa tukikohdan päällikkö. Tukikohdan päällikkö huolehtii erityisesti lentoturvallisuuden säilymisestä. Hän vastaa siitä, että sotilasilmailun määräyksiä noudatetaan ja toiminta on asianmukaista. [28]

### 3.2 Pelastustoiminnan järjestäminen ja ylläpito Ilmavoimissa

Ilmavoimien esikunnan operatiiviseen osastoon kuuluvalla Ilmavoimien pelastuspäälliköllä on vastuu Ilmavoimien lentotukikohtien pelastustoimen johtamisesta ja koordinoinnista valtakunnallisella tasolla. Joukko-osastot vastaavat paikallistasolla tukikohtien pelastustoimen johtamisesta, suunnittelusta, koulutuksesta, koordinoinnista ja toteutuksesta. Joukko-osastot toimivat Ilmavoimien esikunnan ohjauksen ja annettujen lakien, asetusten, määräysten sekä ohjeiden mukaisesti. Joukko-osastoissa tukikohtien pelastustoimea johtaa ja koordinoi pelastusupseeri. Pelastusjoukkue huolehtii tukikohtien pelastustoimen operatiivisista tehtävistä. [7]

Tukikohdan pelastuspalvelu on osa operatiivista lennonvarmistuspalvelua [27]. Tukikohtien pelastustoimen ydintehtävä on ihmisten ja omaisuuden pelastaminen lento-onnettomuus- ja vauriotapauksissa [26]. Tämän lisäksi pelastustoimen on kyettävä vastaamaan muihin riskikartoituksen mukaisiin tulipaloihin ja onnettomuuksiin tukikohdan alueella. Tukikohdassa ei saa aloittaa lentotoimintaa ennen kuin pelastusorganisaation toimintavalmius on varmistettu. Pelastusorganisaation toimintavalmiuden varmistaa lentopalveluksen johtaja. [7, s. 6]

Sotilasilmailumääräyksen (MIL AGA M3-11) mukaisesti tukikohdissa on laadittava pelastussuunnitelma, jonka avulla varaudutaan tukikohdassa ja sen lähiympäristössä tapahtuviin ilmailukenteeseen liittyviin ja muihin hätätilanteisiin. Hätätilanteilla tarkoitetaan tässä muun muassa lento-onnettomuutta. Pelastussuunnitelman laatiminen ja sen ajantasaisuudesta huolehtiminen on kyseisen joukko-osaston vastuulla. Pelastussuunnitelman tärkeimmät tavoitteet ovat henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimointi sekä lentotoiminnan jatkumisen turvaaminen. Pelastussuunnitelmassa määritetään tehtävät tukikohtien pelastusorganisaatioille. [26]

Ilmavoimien esikunnan antamassa Sotilasilmailun pelastusmääräyksessä *Lentotukikohtien pelastustoimi* määritetään tärkeimmät perusteet tukikohtien pelastustoimelle ja toiminnan suunnittelulle. Ne ovat: 1) tukikohdan riskikartoitus, 2) käytettävät ilma-alukset ja niiden määrät, 3) tukikohdan suojattavat henkilö- ja omaisuusarvot, 4) ilma-aluksen fyysinen koko ja polttoainemäärä sekä aseistus, 5) lentotoiminnan määrä ja laatu, 6) valmiusvaatimukset, 7) kansainvälinen toiminta, 8) yhteistoimintasopimukset Finavia Oyj:n kanssa sekä 9) muut kohteen henkilö- ja onnettomuusriskit. Tukikohdan pelastustoiminnan järjestelyissä noudatetaan a) Kansallisia lakeja ja asetuksia, b) Suojelu- ja pelastustoiminnan yleisohjeita, c) Sotilasilmailumääräyksiä, d) ICAO:n ja NATO:n suosituksia tarpeen mukaan soveltaen toiminnan erityisvaatimukset huomioiden, e) Omia määräyksiä ja ohjeita sekä f) Yhteistoimintasopimuksia. [7, s. 5]

Joukko-osaston, joka vastaa tukikohdan käytöstä, on sovittava hälytys-, pelastus- ja sammutustoiminnassa tarvittavasta virka-avusta lähimpien pelastus-, poliisi- ja lääkintäviranomaisten kanssa [27]. Tämä on otettava huomioon myös tukikohdan pelastussuunnitelmassa [26]. Yhteistoimintakentillä, joissa toimii Finavian pelastusorganisaatio tai alueellinen pelastusorganisaatio, joukko-osastot vastaavat yhteistoimintasopimuksista ja tukikohdan pelastustoimi vastaa lentoaseman pelastusorganisaation perehdyttämisestä Puolustusvoimien pelastusorganisaatioon ja lentokalustoon. Kirjallisen sopimuksen avulla on mahdollista käyttää tukikohdan pelastusvalmiuden ylläpitoon Puolustusvoimien ulkopuolista pelastusorganisaatiota, mutta tällöin toimintavalmius on tarkistettava ja varmistettava tapauskohtaisesti erikseen. [7]

Tukikohdan pelastustoimen käsky, joka laaditaan jokaiseen tukikohtaan, täydentää ja ottaa huomioon tukikohdan erityispiirteet. Pelastustoimen käsky sisältää muun muassa pelastustoimen organisaation ja henkilöstöluettelon tehtäväluetteloineen. [7] Joukko-osastot huolehtivat itsenäisesti siitä, että tukikohdassa on selkeät ja tarkoituksenmukaiset toimintaohjeet ja suunnitelmat sekä koulutetut ja tehtävistään tietoiset henkilöt. Lisäksi heidän on huolehdittava siitä, että pelastustoimintaa harjoitellaan ja että pelastusmateriaali ja -kalusto ovat toimintavalmiuden edellyttämällä tasolla. [26]

Tukikohdassa on oltava pelastustoimintaa varten pelastushenkilöstöä, -materiaalia ja -kalustoa [26]. Nämä vaadittavat pelastustoiminnan resurssit muodostuvat pelastustoimintaluokan mukaan. Puolustusvoimien pelastustoimintaluokat määräytyvät ICAO:n normien, NATO:n standardien, Finavian ja Sotilasilmailun viranomaisyksikön antamien määräysten mukaisesti. [7] Käytännössä pelastustoimintaluokka määräytyy tukikohtaa käyttävien sotilasilma-alusten perusteella (liite 1) [26]. Pelastustoimintaluokka osoittaa millaiset minimivahvuudet pelastusajoneuvojen, henkilöstön sekä sammutteen osalta on täytyttävä lentotoiminnan aikana. Nämä minimipäivystysvahvuudet eri tilanteissa on esitetty liitteissä 2 ja 3. [7] Pelastustoimintaluokan mukaiset valmiudet on täytyttävä aina, kun lennonjohtoelin on toiminnassa sekä lentooperaatioiden aikana. Mikäli tukikohtaa käyttää yksittäinen ilma-alus, jonka pelastustoimintaluokka on suurempi kuin tukikohdan normaali pelastustoimintaluokka, voidaan pelastustoiminta mitoittaa enintään kaksi luokkaa alhaisemmaksi, kuin mitä kyseisen ilma-aluksen pelastustoimintaluokka on. [26] Näin voidaan menetellä, mikäli suuremman pelastustoimintaluokan vaatima lentokone käyttää tukikohtaa normaalin lentotoiminnan aikana. Jos lentokoneen lasku tai nousu suoritetaan normaalin lentotoiminnan ulkopuolella, on noudatettava kyseisen lentokoneen pelastustoimintaluokan mukaista pelastusvalmiutta. [7]

Pelastushenkilöstön minimipäivystysvahvuudet riippuvat pelastustoimintaluokan lisäksi käytettävästä tukikohdasta. K-tukikohdassa pelastushenkilöstön minimimäärä on yksi pelastusryhmän johtaja ja yksi tai kaksi pelastusmiestä riippuen konemäärästä. Pelastusmiehiä tulee olla vähintään kaksi, jos lentotoimintaan osallistuu yli kolme lentokonetta. Tämä sama minimivahvuus on myös S-tukikohdassa, jossa pelastustoimintaan osallistuu myös Finavian pelastusorganisaatio. S-tukikohdassa, jossa pelastustoimintaan osallistuu ensisijaisesti vain Ilma-voimien pelastushenkilöstöä, on pelastushenkilöstön minimipäivystysvahvuus yksi pelastusryhmän johtaja ja kolme pelastusmiestä. [7]



Hävittäjät kuuluvat pelastustoimintaluokkaan 5 niihin liittyvien vaaratekijöiden takia (liite 1). Pelastustoimintaluokka 5 tarkoittaa sitä, että tukikohdassa on oltava vähintään yksi pelastusajoneuvo. Tällöin tukikohdan pelastusajoneuvossa tai -ajoneuvoissa on oltava vähintään 5400 litraa vettä vaahdon muodostamista varten ja 180 kg lisäsammutteita. Pelastusajoneuvojen on pystyttävä muodostamaan vaahtoliuosta siten, että sen purkausnopeus on yhteensä vähintään 3 000 l/min (liite 1). Vaahtoliuokseen tarvittavaa vaahtotetta on oltava vähintään kahteen säiliölliseen vettä eli tässä tapauksessa 10800 litraan vettä. [26; 29] Vaahtotteen ja veden sekoitussuhde vaahtoliuoksessa on valmistajakohtainen, mutta yleensä vaahtotetta on 3-6 tilavuusprosenttia vaahtoliuoksesta [11, s. 122]. 3-tilavuusprosenttisen vaahton muodostamista varten on vaahtotetta siis oltava vähintään noin 325 litraa. Tukikohdassa on oltava varastoituna sammutteita täydennyksiä varten vähintään kaksinkertainen määrä siihen, mitä vaaditaan pidettäväksi pelastusajoneuvoissa [26].

Tukikohdan pelastustoimella on oltava käytettävissä pääsammutetta ja lisäsammutetta. Pääsammutteen on oltava ICAO:n B-luokan vaatimukset täyttävää sammutusvaahtoa. B-luokan sammutusvaahdolla tarkoitetaan vaahtotetta, joka on läpäissyt ICAO:n asettamat vaatimukset. Näitä ovat esimerkiksi hajoamis aika ja levittämisenopeus. Lisäsammutteena voi olla esimerkiksi sammutusjauhe. Tukikohdassa on oltava riittävästi asematasolla saatavilla alkusammutukseen käytettäviä sammuttimia. [26] ICAO on määrittänyt vakioidun testin, jonka avulla eri vaahtotetta voidaan testata ja niiden kelpoisuus lentokonepalojen sammuttamiseen voidaan todeta. ICAO:n mukaan tärkein ominaisuus vaahdolle on sen kelluvuus palavan nesteen pinnalla, jotta se voi estää palavan nesteen höyryjen ja ilman sekoittumisen. [30, s. 29–31]

Tukikohtien pelastustoimen käyttämä vaahto on kalvovaahtoa. Kalvovaahto voi olla joko synteettistä (AFFF) tai proteiinipohjaista kalvovaahtoa (FFFP). Lisäsammutteena käytetään jauhetta tai hiilidioksidia. Sammutusjauheen on sovellettava käytettäväksi vaahton kanssa, jotta se ei tuhoa vaahtoa. Sammutusjauheet ovat joko kaliumkloridi- ja kaliumsulfatipohjaisia tai ureaa sisältäviä sammutusjauheita. [7, liite 10]

Toimintavalmiusaika lento-onnettomuuksiin kenttäalueella saa olla maksimissaan 3 minuuttia [7]. Pelastusorganisaation on täytettävä sille asetetut toimintavalmiusajat. Tämä tarkoittaa sitä, että toiminta ja resurssit on suunniteltava ja järjestettävä siten, että toimintavalmiusaika on saavutettavissa jokaisen kiitotien päähän ja kaikkiin kenttäalueen osiin, joita ovat kiitotie, pysäytystiet, rullaustiet ja asematasot. Määrätty toimintavalmiusaika tarkoittaa sitä, että hälytysilmoituksen saatuaan pelastusorganisaation ensimmäisen pelastusajoneuvon, joka on vaahtoauto, on oltava kolmen minuutin päästä valmiina hälytyskohteessa aloittamaan sammutus-

toiminnan vähintään puolella purkausnopeuden arvolla, mikä tukikohdalle on pelastustoimintaluokan mukaisesti määritetty (liite 1). Kaikkien muiden pelastusajoneuvojen, joita tarvitaan pelastustoimintaluokan mukaisten sammutemäärävaatimusten täyttämiseen (liite 1), on saatava hälytyskohteelle enintään yhtä minuuttia myöhemmin ensimmäisen pelastusajoneuvon saapumisesta. Tämän avulla turvataan sammutteiden jatkuva käyttö. Pelastusorganisaation on siis pystyttävä täyttämään pelastustoimintaluokan mukaiset sammutemäärävaatimukset (liite 1) neljässä minuutissa hälytyksestä. [26]

Tukikohdan pelastusajoneuvot on varustettava tukikohdan lentotoiminnan ja pelastustoimintaluokan vaatimalla pelastuskalustolla. Pelastusajoneuvot on pidettävä toimintakunnossa. Pelastusajoneuvon, joka vaikuttaa tukikohdan pelastustoimintaluokkaan, rikkoutuessa on korvaava pelastusajoneuvo saatava tukikohdan käyttöön mahdollisimman pian, mutta viimeistään 24 tunnin kuluessa. [26]

Pelastusajoneuvojen lisäksi K-tukikohdassa on oltava pelastusasema. Pelastusasemalta on oltava mahdollisuus nopeaan ja esteettömään siirtymiseen pelastusajoneuvoilla kiitotielle määritetyssä toimintavalmiusajassa. Tukikohdassa on myös oltava pelastusorganisaation johtamispaikka, joka voi sijaita esimerkiksi pelastusasemalla tai – ajoneuvossa. [26]

K-tukikohdassa on oltava pelastusajoneuvoille soveltuvat pelastustiet, jotka johtavat kiitotien keskilinjan jatkeelle vähintään 1 000 metrin päähän kynnyksestä. Tukikohdan vartiointiin ja kulun rajoittamiseen tarkoitetut portit eivät saa hidastaa pelastusajoneuvojen toimintaa. Kaikkien sotilaslentopaikkojen ympärillä käytettävät pelastustiet on määritettävä ja ohjeistettava. [26]

K-tukikohdassa on oltava ääni- ja valomerkillä varustettu hälytysjärjestelmä pelastushenkilöstön hälyttämiseen. Tätä hälytysjärjestelmää on voitava käyttää pelastusasemalta ja lennonjohdotornista. Varajärjestelmänä toimii radio- ja/tai kuulutusjärjestelmä. S-tukikohdissa on oltava radiokalustolla toteutettu hälytysjärjestelmä pelastusorganisaation hälyttämistä varten. Lennonjohdon ja pelastushenkilöstön välillä on oltava radioyhteys kaikilla sotilaslentopaikoilla. Radioyhteys on oltava myös hätäkeskukseen ja alueen pelastustoimeen. [26]

Henkilöstön tavoitevahvuus lento-onnettomuuden tai lento-onnettomuusvaaran varalle on yksi pelastusryhmän johtaja sekä viisi pelastusmiestä riippumatta ilma-aluksen tyypistä. Tavoitevahvuisella henkilöstöllä kyetään aloittamaan myös pelastustoiminta. Pelastushenkilöstö käyttää ensimmäisenä pelastusajoneuvona vaahtoautoa, jotta sammutustoiminta voidaan aloittaa välittömästi kohteelle saavuttua. [7, liite 9]

Lento-onnettomuusvaaran aikana pelastusryhmä miehittää pelastusajoneuvot ja siirtyy välittömään toimintavalmiuteen määrätylle alueelle. Lisäksi vapaalla oleva henkilöstö siirtyy pelastusasemalle miehittämään vapaat pelastusajoneuvot ja siirtyy sovittuun valmiuspaikkaan. Lento-onnettomuusilmoituksen jälkeen pelastusryhmä miehittää pelastusajoneuvot ja siirtyy onnettomuuspaikalle ilmaliikennepalveluelimen (ATS-elimen) johtamana. Lisäksi hälytetään tarvittaessa vapaalla oleva henkilöstö. [7]

Pelastushenkilöstön on harjoitettava vuosittain vähintään 40 tuntia. Koulutuksella on pyrittävä siihen, että pelastushenkilöstö suoriutuu tehtävistään lento-onnettomuuksissa ja -vaurioissa. Koulutuksen suunnittelussa on huomioitava lento-onnettomuustilanteiden asettamat erityisvaatimukset. [7] Ilmavoimien esikunta on ohjeistanut pelastushenkilöstön koulutuksen suunnittelun, toteutuksen ja seurannan, joissa on huomioitu toiminnan vaatimien kelpoisuuksien ylläpito. Sotilasilmailun viranomaisyksikkö hyväksyy pelastustoimen peruskoulutus-, täydennyskoulutus- ja kelpoisuusjärjestelmän. Tärkeimpänä koulutuksen vaatimuksena on, että siihen on sisällyttävä pelastusharjoituksia, joissa jäljitellään todenmukaista ilma-alustulipalon sammutus- ja pelastustoimintaa. [26]

K-tukikohdissa on järjestettävä pelastusharjoitus vähintään kerran vuodessa. Tämän avulla testataan hälytyspalvelu, pelastussuunnitelmien ja tukikohdissa toimivien pelastustoimintaan osallistuvien organisaatioiden toimivuus eli ylläpidetään pelastusvalmiutta. Näihin pelastusharjoituksiin on pyrittävä liittämään mahdollisimman todenmukaisia pelastusharjoituksia. Lisäksi S-tukikohdissa on harjoitettava pelastustoimintaa silloin, kun siellä järjestetään lento-toimintaharjoituksia. Ilmavoimien esikunta järjestää vuosittain 1-2 pelastusharjoitusta. [26; 7]

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lentokoneiden voidaan sanoa olevan liikkuvia polttoainesäiliöitä, koska ne sisältävät aina suuria määriä lentopolttoaineita. Lentopolttoaineen määrään vaikuttavat lentokoneen koko, käyttötarkoitus sekä se onko lentokone lähdössä lennolle vai palaamassa lennolta. Suuri lentopolttoainemäärä ja sen herkkä syttyvyys muodostaa riskin tulipalon syttymiselle. Syttyessään lentokonepalo on aina niin voimakas, että se aiheuttaa suurta vaaraa henkilöille ja omaisuudelle.

Nestepaloista puhuttaessa ajatellaan usein, että itse neste palaa. Näin ei kuitenkaan ole, vaan lentopolttoainepaloissa, kuten kaikissa nestepaloissa, itse neste ei pala, vaan nesteestä höyrystyvät kaasut ja höyryt palavat hapen kanssa nestepinnan yläpuolella. Palossa muodostuvat liekit pitävät yllä tulipaloa lämmittämällä höyrystyvää nestepintaa. Mikäli lentopolttoainepaloa ei sammuteta, se palaa, kunnes lentopolttoaine on höyrystynyt ja palanut kokonaan. Kappaleessa 2.2 käsiteltyjen kaavojen avulla voidaan mallintaa tulipalon ominaisuuksia ja vaikutuksia. Kaavat ovat yleispäteviä, eivätkä ne ota huomioon ympäristön olosuhteita, kuten kosteutta, lämpötilaa tai tuulta. Mielestäni näiden vaikutukset ovat kuitenkin minimaalisia palamisen aikana, mutta niillä voi olla vaikutusta tulipalon syttymisen ja sammumisen aikana.

Lentopolttoainepalon sammuttamiseksi tehokkaimmat sammutusmenetelmät ovat jäähdyttäminen ja tukahduttaminen, joiden avulla pienennetään tulipalon lämpötilaa ja happipitoisuutta. Tehokkain lentopolttoainepalojen sammute on puolestaan vaahto, jonka avulla jäähdytetään höyrystyvää lentopolttoainetta ja estetään lentopolttoaineesta höyrystyvien kaasujen virtaaminen palotapahtumaan. Vaahdon sammutusvaikutus perustuu sen sisältämän veden jäähdyttävään vaikutukseen sekä vaahdon keveyteen, jolloin se kelluu lentopolttoaineen päällä tukahduttaen paloa. Kokemukseni perusteella voin sanoa, että vaahdon levittäminen on hidasta ja tulipalo hajottaa vaahtoa koko ajan. Tämän takia vaahdon levittämisen on oltava jatkuvaa ja vaahdon sammutusvaikutusta saadaan tehostettua levittämällä vaahtoa useasta eri pisteestä.

Lento-onnettomuus mielletään vakavaksi tapahtumaksi ja sitä se hyvin usein on. Lentokoneet liikkuvat nopeasti, jolloin sen syöksyessä maahan seuraukset ovat yleensä vakavia, jopa ihmishenkiä vaativia. Mahdollisten lento-onnettomuuksien seurauksia, kuten ihmishenkien menettämistä, pyritään vähentämään järjestämällä tarkoituksenmukainen pelastustoiminta lentokentille. Suomessa lentokenttien lentoturvallisuutta ja pelastustoimintaa ohjataan lakien ja asetusten avulla. Ilmailulain mukaisesti Liikenteen turvallisuusvirasto julkaisee ilmailua koskevia määräyksiä, kuten miten lentokenttien pelastustoiminta tulee järjestää. Sotilasilmailun turvallisuudesta huolehtii Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, joka yhteistoiminnassa Liikenteen turvallisuusviraston kanssa määrittää sotilaslentopaikkojen eli tukikohtien pelastustoiminnan järjestämisen.

Tukikohtien pelastustoimen ydintehtävänä on ihmisten ja omaisuuden pelastaminen lento-onnettomuus- ja vauriotapauksissa. Tämän lisäksi pelastustoimen on kyettävä vastaamaan muihin riskikartoituksen mukaisiin tulipaloihin ja onnettomuuksiin tukikohdan alueella. Pelastustoimen on oltava valmiina lentotoiminnan aikana, koska onnettomuustilanteessa seurausten minimointi edellyttää välittömiä toimenpiteitä. Tukikohdassa ei siis saa aloittaa lentotoimintaa ennen kuin pelastusorganisaation toimintavalmius on varmistettu. Pelastusorganisaatiossa voi olla henkilöitä, jotka suorittavat pelastustoimen tehtäviä oman toiminnan ohella. Tällöin he eivät voi poistua lentokenttäalueelta lentotoiminnan aikana, mikäli pelastustoimen toimintavalmius kärsii siitä.

Jotta pelastustoimi kykenee todellisuudessa toteuttamaan sille annettuja tehtäviä, on pelastustoiminnan ohjeistuksen ja ylläpidon oltava tarkasti suunniteltua ja toteutettua. Joukko-osastoissa laaditaan pelastussuunnitelma, jonka avulla varaudutaan tukikohdassa ja sen lähiympäristöissä tapahtuviin ilmaliikenteen häiriötilanteisiin, kuten lento-onnettomuuksiin. Joukko-osastot sopivat yhteistoimintamenettelyistä alueen muiden pelastusorganisaatioiden kanssa, minkä avulla turvataan pelastustoiminnan jatkuvuus pitkäkestoisissa pelastustehtävissä. Mielestäni joukko-osastot eivät kuitenkaan voi turvautua täysin muiden pelastusorganisaatioiden tukeen, koska heillä voi olla muita hälytystehtäviä hoidattavanaan. Olen myös havainnut, että Ilmavoimien ja alueellisen pelastustoimen henkilöt eivät tunne riittävästi toistensa toimintatapoja eivätkä organisaatorakenteita. Esimerkiksi johtosuhteet onnettomuustilanteessa voivat olla epäselviä tilanteessa toimiville. Edellä mainitut tekijät voivat hankaloittaa ja viivästyttää pelastustoimintaa.

Tärkeimmät pelastustoiminnan järjestämistä ohjaavat asiakirjat ovat Sotilasilmailun viranomaistyöryhmän julkaisemat sotilasilmailumääräykset *Tukikohtien pelastustoiminnan järjestäminen* (MIL AGA M3-11) sekä *Lentotukikohtien pelastustoimi*. Näissä määritetään muun muassa miten pelastustoiminta on suunniteltava ja toteutettava lentotukikohdissa. Niissä määritetään myös vaadittavat resurssit ja järjestelyt pelastustoiminnan kannalta. Pelastustoimintaluokka määrittää pelastushenkilöstön ja -kaluston vähimmäismäärät, jotka on oltava valmiudessa lentotoiminnan aikana. Tukikohtien henkilöstön tavoitevahvuus lento-onnettomuuden tai lento-onnettomuusvaaran varalle on yksi pelastusryhmän johtaja sekä viisi pelastusmiestä riippumatta ilma-aluksen tyypistä. Minimivahvuudeksi K-tukikohdassa on määritetty yksi pelastusryhmän johtaja ja yksi tai kaksi pelastusmiestä riippuen konemäärästä. Toimintavalmiuserä on määrätty kolme minuuttia, jolloin on kyettävä aloittamaan sammutustoimet kohteessa. Tämä tarkoittaa sitä, että pelastustoiminta on suunniteltava ja toteutettava siten, että toimintavalmiuserä täyttyy koko tukikohdan alueella. Mielestäni minimivahvuus ei kuitenkaan ole riittävä tehokkaaseen pelastustoimintaan. Kaksi tai kolme pelastustoimen henkilöä kykenee ainoastaan suorittamaan sammutustoimintaa etäältä vaahtoautosta, jolloin ihmisten pelastaminen kohteesta ei ole mahdollista. Tavoitevahvuudella yksiköllä toimiessaan pelastusorganisaatio kykenee kohtalaisesti pitkäkestoiseen sammutus- ja pelastustoimintaan eikä ole täysin riippuvainen ulkopuolisista toimijoista. Minimivahvuinen yksikkö tarvitsee pelastustoimintaa toteuttaakseen ulkopuolisen pelastusorganisaation tukea. Kuten jo edellä mainittiin, ulkopuoliseen pelastusorganisaatioon tukeutuminen ei kaikissa tilanteissa ole mahdollista tai avun saaminen voi viedä aikaa.

Sotilasilmailussa tapahtuu kuitenkin suhteellisen harvoin lento-onnettomuuksia. Tämän vuoksi pelastushenkilöstön todelliset kokemukset pelastustoiminnasta ovat vähäisiä ja näin ollen pelastustoiminnan tietoja ja taitoja on ylläpidettävä harjoittelemalla pelastustoimintaa. On määrätty, että pelastushenkilöstön on harjoiteltava vuosittain vähintään 40 tuntia. Harjoituksien ja koulutuksien tavoitteena on, että pelastushenkilöstö suoriutuu tehtävistään lento-onnettomuustilanteissa. Pelastusharjoituksien on mahdollisimman hyvin jäljiteltävä todellisia onnettomuustilanteita. Pelastusharjoituksien avulla myös testataan tukikohtien pelastustoiminnan toimivuus. Mielestäni vuosittainen harjoittelumäärä ei ole riittävä pelastustoimen henkilöille, jotta sillä saataisiin pidettyä yllä sammutus- ja pelastustoiminnan osaamista. Pelastustoimen henkilöt osallistuvat todellisiin pelastustoimen tehtäviin harvoin ja tämä yhdistettynä vähäisiin harjoittelumääriin aiheuttaa rutiinin puutteen. Rutiinin puute voi pahimmassa tapauksessa estää tehokkaan pelastustoiminnan toteuttamisen. Pelastustoimen henkilöt eivät välttämättä ole tehtävien tasalla todellisessa tilanteessa, koska heillä ei ole aikaisempaa kokemusta tilanteesta. Kaikkia mahdollisia onnettomuusskenaarioita ei voida harjoituksissa

käydä läpi eikä mallintaa, vaikka niissä pyritään mallintamaan todellisia onnettomuustilanteita mahdollisimman hyvin. Lento-onnettomuudet vaativat usein ulkopuolisen pelastusorganisaation tukea, mikä aiheuttaa osaltaan haasteita pelastustoiminnan toteuttamiseen. Sujuva ja tehokas pelastustoiminta lento-onnettomuudessa vaatii hyvää ja suunniteltua yhteistyötä eri organisaatioiden toimijoilta. Tämä taas vaatii toteutuakseen yhteistoimintaharjoituksia, eri organisaatioiden tuntemista sekä eri onnettomuustilanteiden johtosuhteiden tuntemista. Yhteistoimintaharjoituksia on kuitenkin vähän tai ei ollenkaan ja niiden järjestämisen kaikille mahdollisille osallistujille on lähes mahdotonta. Harjoituksien määrää on kuitenkin vaikeaa lisätä, koska osa pelastustoimen henkilöistä suorittaa näitä tehtäviä oman toiminnan ohella, jolloin irrottautuminen harjoituksiin ja kaikkien saaminen paikalle voi olla hyvin haastavaa.

Tässä tutkielmassa keskityttiin tarkastelemaan lentopolttoainepaloa lentokenttäalueella sekä Ilmavoimien pelastustoimintaa. Lentopolttoainepaloa palofysiikan kannalta käsitteleviä teoksia löytyi kohtalaisesti ja niiden luotettavuus oli mielestäni hyvä. Tutkielmaa tehdessä huomasin, että useat lähteet olivat hyvin yhteneväisiä ja asiat käsiteltiin hyvin samanlaisesti. Ilmavoimien asettamia määräyksiä ja normeja löytyi useita eikä havainnut niissä ristiriitaisuuksia keskenään. Tutkielmassani en käsitellyt, kuinka näitä määräyksiä ja normeja todellisuudessa noudatetaan, mutta uskon, että vähimmäisvaatimukset täyttyvät.

Kandidaatintutkielman laajuus on suppea, joten aihetta täytyi rajata huomattavasti. Tämän vuoksi tutkielmassa ei käsitelty muun muassa sammutustaktiikoita ja -tekniikoita, muiden kuin lentopolttoainepalojen merkitystä tai pelastustoiminnan ja säädösten käytännön toteuttamista. Jatkotutkimusmahdollisuutena on esimerkiksi tutkia, kuinka Ilmavoimien pelastustoimen henkilöstö kokee pelastustoiminnan sujuvuuden ja ohjeistuksen toteutumisen käytännössä. Tutkimuksessa voidaan keskittyä myös yhteistoimintasopimuksien tarkasteluun ja yhteistoiminnan sujuvuuteen eri viranomaisten kesken. Toisena jatkotutkimusmahdollisuutena on esimerkiksi tutkia, kuinka lentokoneen ylikuumentuneet jarrut voidaan sammuttaa eri menetelmillä. Tämä tutkimus voidaan toteuttaa käytännön kokeiden avulla.

## LÄHTEET

- [1] Patrakka, T. *Suuronnettomuusopas*. 1. painos, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2006. 432 s. ISBN 951-656-202-7.
- [2] Ekman, S. *Riski Suomessa*. Systole, 2013 no. 2, s. 18–21. ISSN 0784-3062.
- [3] Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO [verkkójulkaisu]. Sisäasiainministeriö. [viitattu 25.5.2013]. Saatavissa (vaatii henkilökohtaisen käyttäjätunnuksen): pronto-net.fi
- [4] *Global Fatal Accident Review 1997–2006*. Civil Aviation Authority, 2008. 86 p. ISBN 978-0-11792-057-6.
- [5] Salopuro, R. Sotilaskoneonnettomuudet ja tutkinta. Helsinki 10.4.2013, Ilmavoimat. Sähköinen luentomoniste. 118 s. Luentomoniste tutkijalla.
- [6] NATO ja NATO-yhteistyö [verkkójulkaisu]. Puolustusministeriö. [viitattu 14.12.2013]. Saatavissa: [http://www.defmin.fi/tehtavat\\_ja\\_toiminta/puolustuspolitiikka/nato](http://www.defmin.fi/tehtavat_ja_toiminta/puolustuspolitiikka/nato).
- [7] Sotilasilmailun pelastusmääräys; lentotukikohtien pelastustoimi, PVHSMK – ILMAVE, HJ383. Tikkakoski; Ilmavoimien Esikunnan operatiivinen osasto, 1.5.2013.
- [8] MIL AGA -sotilasilmailumääräyksissä käytettyjen käsitteiden määritelmiä (MIL AGA M3-1), SIM-To-Tu-009. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, 28.11.2012.
- [9] Palo- ja pelastussanasto [verkkójulkaisu]. Sanastokeskus TSK ry. [viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: [www.tsk.fi/tepa](http://www.tsk.fi/tepa).
- [10] Lautkaski, R. & Teräsmaa, I. *Vaarallisten aineiden torjunta : Suomen oloihin*. 3. korjattu painos. Helsinki: Suomen pelastusalan keskusjärjestö SPEK, 2006. 212 s. ISBN 951-797-234-2.
- [11] Hyttinen, V., Tolonen, P. & Väisänen, T. *Palofysiikka*. 3. uusittu painos. Helsinki: Suomen pelastusalan keskusjärjestö SPEK, 2008. 290 s. ISBN 978-951-797-312-0.



- [12] Vaari, J. *Sammutustekniikan luonnontieteelliset perusteet*. Helsinki: VTT, 2004. 215 s. ISBN 951-37-4077-3.
- [13] Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 451 p. ISBN 0-471-97291-6.
- [14] Rosander, M. & Giselsson, K. suom. Halmemies, S. *Vahtokirja*. Kuopio: Pelastusopisto, 1994. 129 s.
- [15] Toxicological Profile for Jet Fuels JP-5 and JP-8 [verkkojulkaisu]. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. 1998, [viitattu 14.5.2013]. Saatavissa: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=773&tid=150>
- [16] Karlsson, B. & Quintiere, J G. *Enclosure Fire Dynamics*. New York: CRC Press, 2000. 315 p. ISBN 0-8493-1300-7.
- [17] Gottuk, D. Liquid Fuel Fire Hazard Characterization [verkkojulkaisu]. Hughes Associates Inc. Chicago, 21.9.2004, [viitattu 9.7.2013]. Saatavissa: [http://www.haifire.com/resources/presentations/Flam\\_and\\_Comb\\_Liquids\\_Symp\\_9-04\\_Gottuk.pdf](http://www.haifire.com/resources/presentations/Flam_and_Comb_Liquids_Symp_9-04_Gottuk.pdf).
- [18] Alho, R. *Sammutustekniikka*. Helsinki: Suomen Palontorjuntaliitto, 1980. 199 s. ISBN 951-9167-20-X.
- [19] Pääesikunta. *Sotilasjohtajan sammutus- ja pelastuskäsikirja : (Sotjoht samm- ja pelkäsik) : luonnos*. Helsinki: Pääesikunta, 2004. 156 s. ISBN 951-25-1531-8.
- [20] Veriö, T. *Sammutus- ja pelastustaktiikan perusteet VII : (vaarallisten aineiden kuljetukset ja kulkuneuvo-onnettomuudet II)*. Helsinki: Suomen Palontorjuntaliitto, 1987. 568 s. ISBN 951-9219-09-9.
- [21] Sammutteet. Kuopio 18.11.2009, Pelastusopisto. Luentomateriaali.
- [22] L 22.12.2009/1194 Ilmailulaki.
- [23] A 26.5.2011/557 Valtioneuvoston asetus sotilasilmailusta.

[24] A 7.6.1996/387 Sotilasilmailuasetus.

[25] Ilmailumääräys 3.6.2013/AGA M3-11 Lentoaseman pelastustoiminnan järjestäminen

[26] Tukikohtien pelastustoiminnan järjestäminen (MIL AGA M3-11), SIM-To-Tu-011. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, 28.11.2012.

[27] Sotilaslentopaikkojen ylläpito, palvelut ja varustus (MIL AGA M1-2), SIM-To-Tu-005. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, 23.11.2012.

[28] Sotilasilmailuun tarkoitettujen sotilaslentopaikkojen käyttöönotto ja ylläpito (MIL AGA M1-1), SIM-To-Tu-004. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, 23.11.2012.

[29] SIM-To-Tu-011 (MIL AGA M3-11) Liite 1. Ilma-alusten pelastustoimintaluokkien määrittelyn perusteet, CJ4128. Tikkakoski: Ilmavoimien Esikunta, Sotilasilmailun viranomaisyksikkö, 7.3.2013.

[30] Airport Service Manual Part 1 Rescue and Fire Fighting, Third Edition. International Civil Aviation Organization. 1990. [viitattu 1.8.2013] Saatavissa:

[http://www.emfa.pt/infoaero/conteudos/galeria/ICAO/Digitalizados/RESCUE\\_FIRE\\_FIGHTING.pdf](http://www.emfa.pt/infoaero/conteudos/galeria/ICAO/Digitalizados/RESCUE_FIRE_FIGHTING.pdf).

[31] Sammutusaineiden vähimmäismäärät ja purkaustehot Puolustusvoimien ilma-aluksille, Teoksessa: Sotilasilmailun pelastusmääräys; lentotukikohtien pelastustoimi, PVHSMK – ILMAVE, HJ383. Tikkakoski 2013, Ilmavoimien Esikunnan operatiivinen osasto. s. 65.

## LIITELUETTELO

Liite 1 Ilma-alusten pelastustoimintaluokkien määrittelyn perusteet [29]

Liite 2 Minimipäivystysvahvuudet eri tilanteissa [7, s. 19]

Liite 3 Sammutusaineiden vähimmäismäärät ja purkaustehot Ilmavoimien ilma-aluksille [31]

## ILMA-ALUSTEN PELASTUSTOIMINTALUOKKIEN MÄÄRITTELYN PERUSTEET

Ilma-aluksen		Tukikohdan pelastustoimintaluokka (3)	Pelastusjoneuvojen määrä (4)	Pelastusajoneuvojen vähimmäisvesimäärät vaahdon muodostamista varten, kun käytetään vaahtoa (ICAO taso B -vaatimukset)		Lisäsammutusaineet
Pituus a m (1)	Rungon suurin leveys m (2)			Vesi l (5)	Purkaus l/min (6)	Määrä kg (7)
a < 9	2	1	1	230	230	45
9 < a < 12	2	2	1	670	550	90
12 < a < 18	3	3	1	1200	900	135
18 < a < 24	4	4	1	2400	1800	135
24 < a < 28	4	5	1	5400	3000	180
28 < a < 39	5	6	2	7900	4000	225
39 < a < 49	5	7	2	12 100	5300	225
49 < a < 61	7	8	3	18 200	7200	450
61 < a < 76	7	9	3	24 300	9000	450
76 < a < 91	8	10	3	32 300	11 200	450

**Huom 1.** Helikopteri, jonka kokonaispituus on roottorit mukaan lukien alle 15 m, katsotaan vastaavan lentokonetta, jonka pituus on alle 12 metriä.

**Huom 2.** Helikopteri, jonka kokonaispituus on vähintään 15 metriä mutta alle 24 m katsotaan vastaavan lentokonetta, jonka pituus on vähintään 12 metriä mutta alle 18 metriä.

**Huom 3.** Tätä suuremman helikopterin katsotaan vastaavan lentokonetta, jonka pituus on vähintään 18 metriä mutta alle 24 metriä.

**Huom 4.** Puolustusvoimissa käytettävien ilma-alustyyppien pelastustoimintaluokat löytyvät sotilasilmailun pelastusmääräyksestä.

**Huom 5.** Hävittäjiin (heittoistuiimiin, polttoaineiseen, aseistukseen, komposiitteihin) liittyvien vaaratekijöiden vuoksi hävittäjät luokitellaan 5 luokkaan kuuluviksi.

**Huom 6.** Pilatus- yhteyskoneen pelastustoimintaluokan (3) asettamista pelastusvaatimuksista voidaan poiketa yksittäistapauksissa toimittaessa valvomattomilla lentopaikoilla.

Minimipäivystysvahvuudet eri tilanteissa.

Taulukossa on määritetty minimivahvuudet eri tukikohtaluokkien mukaisesti.

PELASTUSTOIMILUOKKA							Pelastus- henkilös- tön minimäärä	Pelastus- ajoneuvo- jen minimäärä c)	Lääkintä- henkilöstön minimäärä	HUOM!	
1 VN/RG	2	3 PI/ LJ	4 FF/H W	5 HN/CC	6	7					
<b>SUORITETTAESSA LENTOTOIMINTAA</b>											
<b>K Tukikohta</b> (Lennoston, Hallin ja ILMASK:n tukikohta)											
<b>S Tukikohta</b> (Lentoasema, jossa on Finavian organisaatio, mm. EFOU, EFTU)											
f)		1-2 koneita	1-2 koneita	1-2 koneita			1 + 1	1	kohta d)	a) sekä koelento- toiminta	
			3+ koneita	3+ koneita			1 + 2	1	kohta d)	a) sekä taitolento- osaston harjoittelu	
<b>K Tukikohta</b> (Kauhava ja Utti)											
		e)	<b>SUORITETTAESSA LENTOTOIMINTAA</b>				1 + 2	2 g)	kohta d)	taitolento- osaston harjoittelu	
<b>S Tukikohta</b> (Pelastustoimen järjestäminen Ilmavoimien vastuulla)											
		e)	<b>SUORITETTAESSA LENTOTOIMINTAA</b>				1 + 3	2	kohta d)	b)	

Huomautukset:

- Ilmavoimat huolehtivat yhteistoimintakentillä oman sotilaslentotoimintansa edellyttämästä pelastusvalmiudesta, Finavia tukee yhteistoimintasopimuksen mukaisesti huomioiden paikalliset tarkennukset sopimuksissa koskien CASA C295M, Fokker F.27, Learjet 35 A/S ja Pilatus PC-12:n lentotoimintaa virka-ajan ulkopuolella.
- Pelastusmiehiä on oltava kaksinkertainen määrä 24 tuntia kestäväää toimintaa varten.
- Vaatimuksena ovat sammutusaineen vähimmäismääräinen käyttö ja minimituottoteho.
- Lääkintähenkilöstön määrittää yhteistyössä lentoyksikön kanssa sotilaslääketieteenlaitos huomioiden normi lääkinällisen pelastustoimen järjestelyt sotilaslentotoiminnassa.
- Huom! Liite 3, minimivahvuus 1+1.
- Minimivahvuus 1+1 operointitukikohdassa koulutuslentotoimintaan liittyen.
- NH-toiminnassa pelastusajoneuvojen minimimäärä 1.

Sammutusaineiden vähimmäismäärät ja purkaustehot Ilmavoimien ilma-aluksille.

Sotilaskoneet:

LENTOKONE	Pelastus-toiminta-luokka kone-tyypeittäin	Pelastusajoneuvojen minimi-määrä	Toimintavalmiudessa oleva pelastus-henkilöstö	Pelastusajoneuvojen vähimmäisvesimäärät vaahdon muodostamista varten, kun käytetään vaahtoa, joka täyttää tason B vaatimukset		Lisä-sammu-tus-aine kg
				Lähdön minimi-vahvuus (esimies + miehistö)	Vesi l	
Boeing F-18 Hornet	5	1	1 + 1	5 400	3 000	180
BAe Hawk Mk.51	4	1	1 + 1	2 700	1 800	135

Kuljetus- ja yleisilmailukoneet:

LENTOKONE	Pelastus-toiminta-luokka kone-tyypeittäin	Pelastusajoneuvojen minimi-määrä	Toimintavalmiudessa oleva pelastus-henkilöstö	Pelastusajoneuvojen vähimmäisvesimäärät vaahdon muodostamista varten, kun käytetään vaahtoa, joka täyttää tason B vaatimukset		Lisä-sammu-tus-aine kg
				Lähdön minimi-vahvuus (esimies + miehistö)	Vesi l	
CASA-C295M	5	1 <sup>(a)</sup>	1 + 1	5 400	3 000	180
Fokker F.27	4	1 <sup>(a)</sup>	1 + 1	2 700	1 800	135
Learjet 35A/S	3	1	1 + 1	1 200	900	135
Pilatus PC-12 NG	3	1	1 + 1	1 200	900	135
Valmet L-90 TP	1	1 <sup>(b)</sup>	-( <sup>c</sup> )	230	230	45
Redigo	1	1 <sup>(b)</sup>	-( <sup>c</sup> )	230	230	45
Valmet Vinka						

Huomautukset:

<sup>(a)</sup> Hallin, Kauhavan ja Utin tukikohdissa on pelastusajoneuvojen minimimäärä 2.

<sup>(b)</sup> Koululentotoiminnan aikana 1 operointitukikohdassa.

<sup>(c)</sup> Koululentotoiminnan aikana 1+1 operointitukikohdassa.