

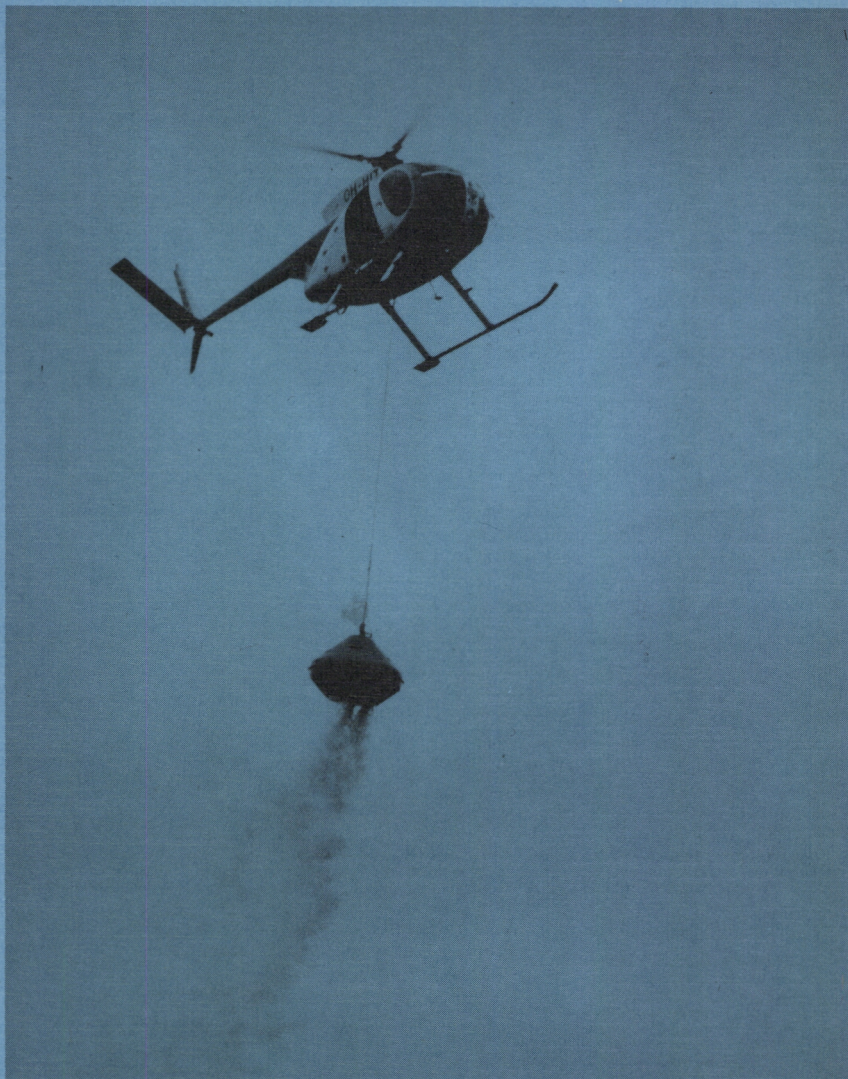
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

78



JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
JALOSTUSASEMA
01590 MAISALA



HELIKOPTERI METSÄPALONTORJUNNASSA

JAAKKO VIRTANEN

JOENSUU 1982

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 78

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

Jaakko Virtanen

HELIKOPTERI METSÄPALONTORJUNNASSA

Joensuu 1982

VIRTANEN, J. 1982. Helikopteri metsäpalontorjunnassa. Helicopter in prevention of forest fires. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 78:1-20.

Varsinaisessa palontorjunnassa lentokoneita on käytetty erityisesti Kanadassa. Suomessa kuitenkin tähän sopivaa kalustoa ei juuri ole ollut. Lisäksi palontorjuntaan muutetun kaluston käyttö muuhun ilmailuun olisi vaikeaa, joka osaltaan on myös ehkäissyt alan kehittymistä meillä. Viime vuosina riittävän nostokyvyn omaavien keveiden ja keskiraskaiden helikoptereiden määrä on niin meillä kuin muuallakin nopeasti lisääntynyt. Näiden käyttöä palontorjunnassa on pyritty edistämään, sillä varsinaiseen lentolaitteeseen ei tällöin ole tarpeellista tehdä muutoksia kuten lentokoneisiin, vaan tarvitsee ainoastaan kehittää koneen ulkopuolisessa ripustuksessa kuljetettavaa erityyppistä palontorjuntasäiliötä.

Tässä tutkimuksessa testattiin palontorjuntasäiliötä, jonka maksimivesimäärä oli 800 l ja sammutuskemikaalisäiliö 30 l. Toiminnaltaan tämä vapaasti vedenpinnasta täydettävä säiliö oli mekaaninen, ainoan yhteyden helikopteriin ollessa kannatin- ketju sekä laukaisulaite. Tavoitteena olikin kehittää palontorjuntaan säiliö, joka sopi mahdollisimman monelle helikopteri- tyyppille ilman mitään muutoksia itse helikopterissa.

Kokeissa todettiin säiliön täytön vievän 3 - 5 s ja tyhjentyvän maksimiluukkuavautumalla 2 - 3 sekunnissa. Lentokorkeuden ollessa 30 m pudotuskuvio oli n. 20 m pitkä ja 8 m leveä. Vesimäärä pudotuskuviolla oli keskiosissa 6 - 8 mm ja reunaosissa 3 - 4 mm. Pudotuskokeissa lentonopeus oli 50 mph.

Muuttamalla lentokorkeutta ja -nopeutta kasteltavan alueen muotoa voidaan säädellä. Pistemäisen tulipesäkkeen tukehduuttamisessa matala lentokorkeus ja pieni lentonopeus ovat eduksi pudotus- tarkkuuden kannalta. Lisäämällä lentokorkeutta ja -nopeutta kasteltava alue kapenee, mutta samalla se saadaan 3 - 4 kertaa pitemmäksi.

Käytännön kannalta on kuitenkin muistettava, että helikoptereiden käyttö valtoimenaan etenevään metsäpaloön ei ole järkevää. Kytevien palopesäkkeiden ja alkavien palojen nopeaan sammutukseen kaikki mahdollisuudet ovat jo olemassa, kun sopivaa lentokalusta ja sammutuslaitteistoa on saatavilla ja veden sammutustehon kannalta oleellisia lisäkemikaaleja osataan käyttää tarvittaessa.

The use of fire-fighting aircrafts has not been developed in Finland for lack of suitable equipment. Moreover, the planes would have to undergo large modifications which would impair their use for ordinary transport. Helicopters require no new installations, and as helicopters capable of carrying heavy enough loads are available here, a new fire extinguishing tank is being developed for them.

This projekt involves experimetens with a fibreglass tank designed for lightweight helicopters. This tank has two compartments. The volume of the actual water tank is 800 l and that of chemicals 30 l. The tank functions mechanically, the only connection to the plane in addition to the supporting chain being the discharge device, which is easily attached to any helicopter with an adequate load carrying capacity and a load hook for external loads. As the load capacity of different helicopter types varies, the water tank is provided with adjustable openings to regulate the amount of water.

The filling of the tank took about 3 - 5 s. and discharge a. 2 - 5 s. When the flying altitude was 30 m, the speed 50 mph and the hatch fully opened, the water spread on a 20-metre-long and 8-metre-wide strip, the amount of water being 6 - 8 mm in the centre and 3 - 4 mm in the fringe areas.

By altering the flying speed and altitude and by adjusting the opening of the hatch, the watered area can be modified to suit different uses. In "the bombing" of spot-like fires the best accuracy is achieved by a rather low altitude and speed and a wide opening of the hatch. The altitude can be raised a little and the opening of the hatch decreased when watering the fringe areas for a coverage of narrower but a. 3 - 4 times longer watering strip.

Yet, it is no use employing helicopters when the fire has spread uncontrolled. The relatively small amount of water carried by the planes should be primarily used for extinguishing smouldering fire centres or a starting fire, and even then fire suppressing chemicals ought to be used to increase the water capacity.

Sisällysluettelo	Sivu
1. JOHDANTO	5
2. KOELAITTEISTO JA KOEJÄRJESTELYT	7
21. Palontorjuntasäiliön rakenne ja toiminta	7
22. Koeaineisto ja mittausmenetelmä	8
3. TULOKSET	11
31. Palontorjuntasäiliön toiminta torjuntalennolla	11
32. Palontorjuntasäiliön torjuntakuvio	12
4. TULOSTEN TARKASTELU	15
5. KIRJALLISUUSLUETTELO	18
6. SUMMARY	19

1. JOHDANTO

Lentokoneita ja helikoptereita on jo pitkään käytetty kulontorjuntalennoilla alueilla, joilla asutus on vähäistä ja tieverkko harva (IRVING 1969, AREFJEW 1970). Samoin laskuvarjolla hyppäävien palontorjuntaryhmien kuljetus palopaikalle lentokoneella tai sammutusväen siirrot helikoptereilla ovat yleisiä monissa maissa (ANON. 1973 s. 100 ja MAYSON 1973). Runsaasti lentokoneita ja helikoptereita on myös käytetty palontorjunnan johtotehtävissä, sillä ilmasta laajojen palorintamien paikallistaminen ja sammutusväen johto on ollut huomattavasti helpompaa kuin maasta käsin (GAGNON 1974).

Varsinaiseen metsäpalontorjuntaan lentokoneita on käytetty erityisesti Kanadassa jo parin vuosikymmenen ajan (FOSTER 1971 s. 583). Yleisimmin käytössä on ollut vanhoista kuljetus- ja pommikoneista muunnettuja 3.000 - 10.000 litran vesilastin ottavia konetyyppejä, jotka kunkin sammutuslennon jälkeen on täytynyt käydä tankkaamassa lentokentällä (PIERCE 1971 s. 575). Jonkin verran on myös kokeiltu kellukekoneita ja lentoveneitä, jotka ovat voineet tankata itse itsensä palopaikalla lähinnä olevalla sopivalla järvellä (RADCLIFFE 1966, FOSTER 1971). Oma mielenkiintonsa on ollut myös ns. keinollisella sateenotolla, jossa palonaran alueen sademäärä on pyritty lisäämään kylvämällä lentokoneista sopiviin pilvimuodostelmiin kemikaa-leja (HIGGS 1966).

Helikoptereiden käyttö varsinaisessa palontorjunnassa on alkanut kehittyä vasta viime vuosikymmenellä, kun koneteholtaan ja kuormanottokyvyltään tehokkaat turbiinikäyttöiset helikopterit ovat yleistyneet (ANON. 1968). Helikoptereiden käytön yleistymistä on myös jouduttanut se, ettei niihin ole tarvinnut tehdä palontorjuntatehtäviä ajatellen rakenteellisia muutoksia, jotka olisivat rajoittaneet niiden soveltuvuutta muuhun lentotoimintaan, kuten kiinteäsiipisten lentokoneiden kohdalla on useimmiten ollut pakko tehdä (FOSTER 1971 s. 584). Helikoptereissa ulkopuolisena kuormana kuljetettava

palontorjuntasäiliö on helposti irrotettavissa ja toisaalta säiliö voidaan suunnitella myös siten, että vesikuorman määrää pystytään säännöstelemään. Tällöin sama säiliö soveltuu kuormanottokyvyltään toisistaan eroavillekin konetyypeille.

Suomessa lentokoneiden käyttöä varsinaiseen palontorjuntaan ei ole lähdetty kehittämään, vaikka sopivia järviä koneiden täyttöpaikoiksi kyllä löytyy runsaasti. Syynä tähän on ollut sopivan lentokaluston puuttuminen. Sen sijaan kulonvalvontalennot pienkoneilla on kehittynyt maan tärkeimmät harvaan-asutut seudut kattavaksi säännölliseksi toiminnaksi.

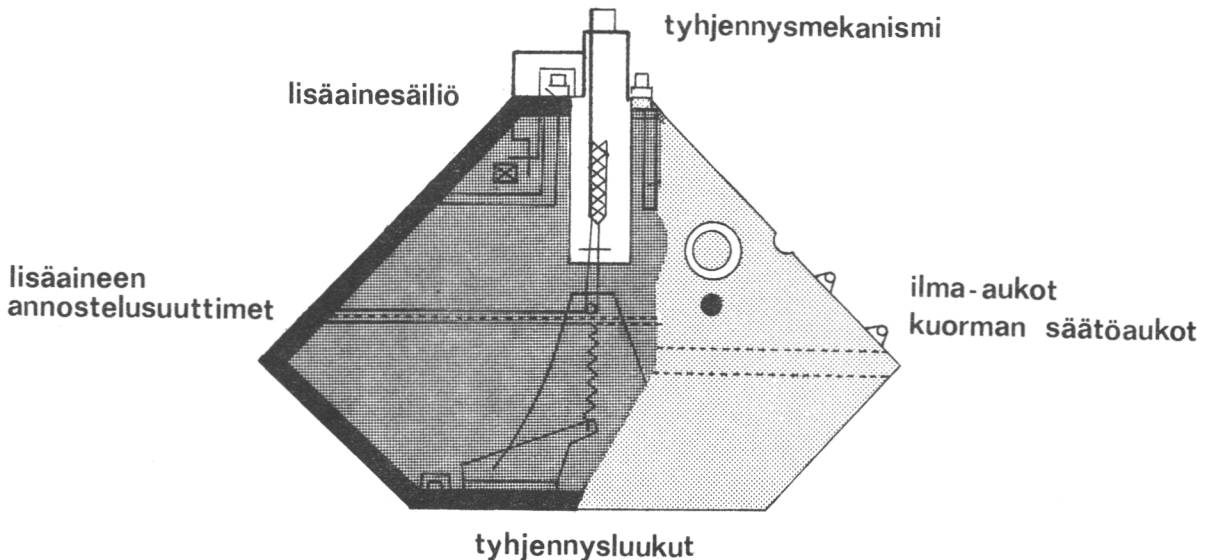
Kun palontorjuntaan soveltuva helikopterikalustoa alkoi 1970-luvulla olla maassamme saatavilla, kohdistettiin tutkimustoiminta niiden käyttömahdollisuuksien selvittämiseen meille tyypillisissä olosuhteissa. Heti alkuun todettiin kuitenkin, että vapaasti järvestä tai muusta sopivasta vesialtaasta täytettävien palontorjuntasäiliöiden kehittäminen oli tarpeellista, sillä useimmat käytössä olleista palontorjuntasäiliötyypeistä oli tarkoitettu maassa nopeilla pumpuilla täytettäväksi, jolloin myös tarvittavat lisäaineet lisättiin säiliöön.

Tässä tutkimuksessa kokeiltu palontorjuntasäiliö on lentokonemekaanikko EERO HOKKASEN suunnittelema ja rakentama. Tässä keveille helikoptereille tarkoitettussa palontorjuntasäiliössä kaikki toiminnot on pyritty suunnittelemaan siten, että työyksikkö pystyy työskentelemään itsenäisesti ilman maaorganisaattorin apua, polttoaineen tankkausta lukuunottamatta. Palontorjuntasäiliön koelennot ja testaus on suoritettu yhteistyönä Kemira Oy:n, Scan-Auto Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen kesken.

2. KOELAITTEISTO JA KOEJÄRJESTELYT

21. Palontorjuntasäiliön rakenne ja toiminta

Palontorjuntasäiliön suunnittelussa on lähdetty siitä, että säiliö on toiminnaltaan helikopterin varustelusta ja laitejärjestelmistä riippumaton. Säiliö on lasikuiturakenteinen, tyhjäpainoltaan 65 kg. Säiliön yläosassa sijaitsee lisäaineen säiliö tilavuudeltaan 30 l sekä ruostumattomasta teräksestä valmistettu annostelusylinteri (kuva 1). Säiliön alaosa on varsinainen vesisäiliö, jonka vesimäärää voidaan purkausaukkojen avulla säädellä 400 - 800 l helikopterin nostotehon mukaan. Säiliön yläosassa aivan lisäainesäiliön pohjan alapuolella sijaitsevat hengitysaukot, joista säiliön täytön aikana ilma pääsee virtaamaan ulos säiliöstä, veden virratessa pohjaluu- kusta sisään. Palontorjuntasäiliö kapenee keskilinjastaan sekä ylös- että alaspäin. Näin saavutetaan aerodynaamisesti vakaa muoto. Ilmanvastuksen vähentämiseksi säiliössä ei ole teräviä kulmia tai ulokkeita, jotka saattaisivat vaikuttaa sen liikkeisiin lennon aikana.



Kuva 1. Palontorjuntasäiliön rakenne

Figure 1. Construction of fire-fighting bucket

Palontorjuntasäiliön toimintaperiaate on pääpiirteittäin seuraava: Kun säiliö lasketaan veteen, ovat pohjaluukut auki ja vesi pääsee vapaasti virtaamaan säiliöön. Säiliön täytyttyä helikopteri nostaa sen vedestä, jolloin säiliössä olevan veden paine puristaa pohjaluukut tiivisteitään vasten estäen veden ulosvalumisen. Täyttövaiheen aikana lisäaineen annostelusyylinteriin ilmeytyy lisäainetta, jonka lisäaineen syöttöputken sulkuventtiili sekä imuputken takaiskuventtiili sulkevat sylinteriin ja tällöin koko palontorjuntasäiliö jää annostelusyylinterissä olevan nestetyynyn kannatukselle. Kun säiliö halutaan tyhjentää, avataan hydraulisesti lisäaineen syöttöputken sulkuventtiili, jolloin lisäaine alkaa virrata annostelusyylinteristä vesisäiliössä olevan syöttöputken reikien kautta säiliöön päästään samalla sylinterin nestetyynyn kannatuksessa olevan säiliön vajoamaan. Tämä liike välittyy vaijereiden kautta (kuva 1) säiliön pohjaluukkuihin, jotka avautuvat päästään veden ja siihen sekoittuneen lisäaineen ulos säiliöstä.

22. Koeaineisto ja mittausmenetelmä

Varsinaisia metsäpalon sammutuskokeita ei palontorjuntasäiliöllä ole suoritettu, sillä käytännössä näiden järjestäminen on varsin vaikeata ja vaatisi huomattavia turvatoimia. Palontorjuntasäiliön sammutustehon selvittämiseksi suoritettiin koelennot avoimessa maastossa Kemira Oy:n koetilalla Ojakkalassa. Maalialueelle järjestettiin mitta-astiakenttä, jolla pudotuskuvion muotoa ja vesimäärää sen eri osissa mitattiin. Palontorjuntasäiliön täyttö tapahtui koealueeseen rajoittuvalla järvellä. Täyttöpaikalle sijoitettiin valkea poiju, jonka avulla lentäjä pystyi arvioimaan koneensa etäisyyttä vedenpinnasta, mikä muuten vesialueen yläpuolella toimittaessa olisi varsin vaikeata.

Koelennolla tuulen yläraja oli 2 m/s. Lennot suoritettiin aina vastatuuleen, jotta tuuliajautuman vaikutus olisi saatu mahdollisimman pieneksi. Lentonopeudeksi kokeissa käytetyllä HUGHES 500-C -helikopterilla määrättiin 90 km/h, joka lentoturvallisuuden ja halutun pudotustarkkuuden kannalta katsottiin sopivammaksi. Koska helikopteri joutui toimimaan maksimikuormala, lentonopeutta ei haluttu määrätä kovin pieneksi, kun lento-

korkeuskin oli varsin matala. Samoin leijunnasta tapahtuva yhteen pisteeseen kohdistuva pudotus katsottiin lentoturvallisuuden kannalta liian riskialttiiksi.

Lentokorkeuksina pudotuskokeissa olivat 30 m ja 60 m, joista alempi metsäpalontorjunnassa on lähinnä minimilentokorkeus, ja ylempi hyvää pudotustarkkuutta haluttaessa jo lähes maksimilentokorkeus. 30 metriä pienempi lentokorkeus olisi pudotustarkkuuden kannalta saattanut olla hyväksi, mutta oli huomattava, että kovin matalalle sammutettavan kohteen yläpuolelle helikopterilla ei ole syytä laskeutua. Helikopterin roottorin alaspäin suuntaaman ilmapvirran nopeus on usein lähes 20 m/s, jolloin sen vaikutus tuleen on samaa luokkaa kuin voimakkaalla myrkytuulella. Mitä suuremmasta helikopterista on kyse, sitä suurempaa lentokorkeutta on syytä noudattaa (vrt. WILSON 1973). Kokeissa lentokorkeuden valvonta tapahtui koneesta korkeusmittarin avulla, maasta koneen lentokorkeutta seurattiin silmämääräisesti, samalla kun 200 m pitkällä lentolinjan osalla tarkkailtiin koneen nopeutta sekuntikelloilla. Kummaltakin lentokorkeudelta koe toistettiin 4 kertaa hyväksyttävissä olosuhteissa.

Palontorjuntasäiliö oli ripustettu helikopterin alla olevaan ulkopuolisen kuorman ripustuskoukkuun. Kannatinketju oli 4,5 m pitkä kettinki, jota tukevoitti päälle vedetty muoviputki. Näin kannatin pyrittiin saamaan tukevaksi, että se olisi vastustanut riittävästi säiliön mahdollisia pysähdysliikkeitä ja estänyt säiliötä jatkamasta pyörimistä lennon aikana, vaikka se täyttö- ja nostovaiheessa olisikin joutunut pyörivään liikkeeseen. Muita säiliötä tukevia tukivaijereita, joita useimmiten on jouduttu käyttämään, ei tässä tapauksessa käytetty. Säiliön ripustus oli siis mahdollisimman yksinkertainen ja turvallinen. Hätätilanteessa koko säiliö pystytettiin pudottamaan laukaisemalla ulkopuolisen kuorman ripustuskoukku. Kannatinketjun lisäksi palontorjuntasäiliöstä helikopteriin tuli vain säiliön toimintaa ohjaavan laukaisuventtiilin kaapeli, joka oli varustettu pakkomurtoliittimellä.

Palontorjuntasäiliön pohjaluukut oli säädetty maksimiaukeamiskulmaan. Vesimäärän säätöaukot oli säädetty siten, että täyttömäärä oli 400 l. Lisäainesäiliö oli kokeissa täytetty vedellä, sen täyttömäärä oli 30 l. Palontorjuntasäiliön kokonaispaino kannatinketju mukaan luettuna oli 500 kg, vastaten käytettävissä olleen helikopterityypin maksimikuormaa.

Koealueella pudotuskuvion muotoa ja vesimäärää sen eri osissa selvitettiin mitta-astioilla. Mitta-astiana käytettiin muovista valmistettua, katkaistun kartion muotoista astiaa, jonka suupinta-ala oli 4 dm^2 ja korkeus 25 cm. Mitta-astiat sijoitettiin koealueille riviin metrin välein. Rivit olivat kohtisuoraan lentosuuntaa vasten, rivivälin ollessa viisi metriä. Mittauskentän kokonaispituus oli 80 m ja leveys 12 m.

Mitta-astioihin kertynyt vesi kaadettiin mittalasiin ja tulos luettiin yhden millilitran tarkkuudella. Koska tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pääpiirteittäin palontorjuntasäiliön pudotuskuvion muotoa ja vesijakautumaa sen eri osissa, ei tarkempaa tutkimusta mitta-astian muodon vaikutuksesta mittaus tuloksiin tehty. Alustavissa kokeissa oli jo kuitenkin havaittu, että katkaistun kartion muotoinen astia pysyi paremmin pystyssä kuin muovinen ämpäri tai sylinterin muotoinen 50 cm korkea astia. Koska vesi pudotettaessa iskeytyi mitta-astioihin melko suurella voimalla, osa vedestä varsinkin muoviämpäreistä pyrki roiskahtamaan pois. Katkaistun kartion muoto esti tätä ilmiötä tehokkaasti, sillä astian pohja oli huomattavasti leveämpi kuin suuaukko. Lisäksi tämän mitta-astian pohjan muodosti löysä muovipussi, joka osaltaan esti veden kimpoamista.

Palontorjuntasäiliön pudotuskuvion muotoa voitiin tarkastella myös koealueena olleen tien pinnasta, joka koesarjan alussa oli erittäin kuiva. Hieman mittauskenttää aina koelentojen välillä siirtämällä saatiin näin pudotuskuvion muoto kokonaisuudessaan varsin hyvin selville.

3. TULOKSET

31. Palontorjuntasäiliön toiminta

Palontorjuntasäiliön täyttäminen järven pinnassa kesti 3 - 5 sekuntia, helikopterin ollessa leijunnassa täytön ajan. Suurinta säiliön pohjaluukun aukeamiskulmaa käytettäessä tyhjeneminen tapahtui 2 - 3 sekunnissa, putoavan veden muodostaessa yhtenäisen selväpiirteisen "pallon".

Täytön aikana säiliö pyrki helikopterin roottorin ilmavirran voimasta kallistumaan kyljelleen, mutta täytyminen tapahtui kuitenkin niin nopeasti, ettei tämä ehtinyt aiheuttaa vaikeuksia. Ylitäytön purkausaukot havaittiin tässä mallissa liian pieniksi, sillä liiallisen vesimäärän poisvaluttaminen vei huomattavasti enemmän aikaa kuin itse säiliön täyttäminen.

Palontorjuntasäiliön pitkä kannatinketju osoittautui välttämättömäksi, sillä helikopterin leijuessa järven pinnan yläpuolella vesi piiskautui sumuksi, joka roottorivirrassa nousi 3 - 4 metrin korkeuteen. Lyhyen kannatinketjun käyttö olisi kyllä helpottanut helikopterin käsittelyä, mutta samalla vettä olisi joutunut helikopterin turbiiniin ja ikkunapinnat olisivat sumentuneet, jolloin lentoturvallisuus olisi selvästi heikentynyt. Nyt helikopterin leijuntakorkeus oli myös niin suuri, että kone toimi koko ajan maavaikutuksen ulkopuolella (ks. ANON. 1963 s. 15). Tämä vaikutti hieman kuormanottokykyä pienentävästi, mutta samalla lentoturvallisuus parani, sillä maavaikutuksessa edullisissa lento-olosuhteissa olisi syntynyt huomattava riskitekijä siirryttäessä maavaikutuksen ulkopuolelle.

Pudotuskokeissa palontorjuntasäiliö seurasi hyvin helikopterin liikkeitä. Säiliön asento pysyi vakaana sekä vaakalennossa että kaartojen aikana. Pyörimisliikettä ei esiintynyt, joten kannatinketju jäykisteineen oli riittävä vastus eikä säiliön muotoilu osoittautunut varsin onnistuneeksi, sillä tyhjänäkin säiliön liikehdintä helikopterin mukana oli vähäistä ja lentonopeutta voitiin nostaa aina n. 140 km/h ilman että tällä olisi ollut mitään vaikutusta lento-ominaisuuksiin.

Palontorjuntasäiliön hydraulisen laukaisumekanismin toiminta aiheutti laukaisuhetken ja pohjaluukkujen aukeamishetken välille alkuun viivetekijän. Helikopterin ilmanopeudesta (n. 25 m/s) ja tästä viivetekijästä johtuen pudotustarkkuus oli ensimmäisissä kokeissa heikko. Laukaisujärjestelmän säädöllä viive saatiin supistumaan pariin sekuntiin, jolloin pudotustarkkuus myös ratkaisevasti parani.

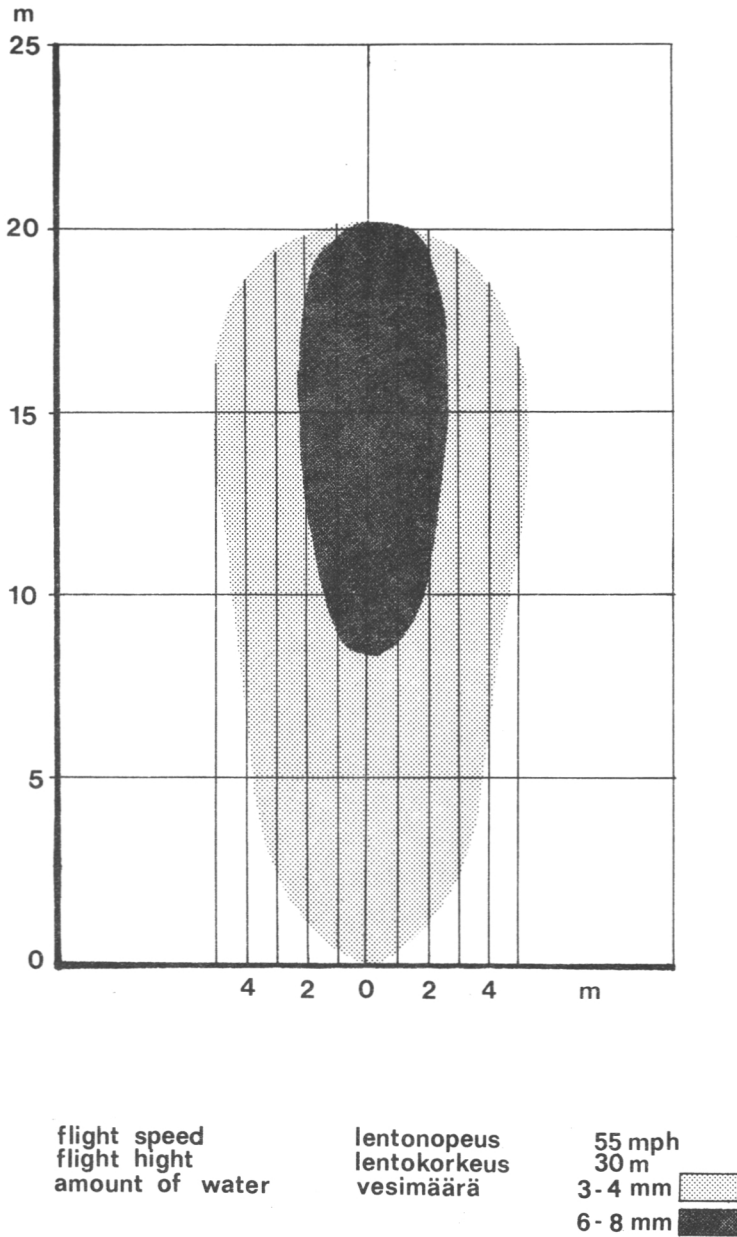
Palontorjuntasäiliön automaattinen lisäaineen annostelumekanismi toimi moitteettomasti. Kokeissa lisäaineena käytetyn veden annostus oli säädetty siten, että lisäainemäärä oli 0,7 - 0,8 %, joka veden viskositeettia vähentävien lisäaineiden osalta oli katsottu parhaaksi (suull. tieto palopääll. V. MÄKINEN, VAPO). Lisäainetta vastaavan veden kulutus oli 3 l/koe, vastaten 0,75 % annostusta. 30 litran lisäainesäiliö mahdollistaa kymmenen lentokertaa ilman keskeytystä. Pitempään toiminta-aikaan palontorjuntasäiliön osalta ei juuri kannata pyrkiäkään, sillä helikopterin polttoaineen tarve on niin suuri ja maksimikuormilla toimittaessa täyttömäärä kerralla niin pieni, että tämä muodostaa koneen toiminta-ajan minimitekijän.

32. Palontorjuntasäiliön torjuntakuvio

Koska lentokoneiden ja helikoptereiden lentorata on aina hieman aaltoileva, lentokorkeuden ja lentonopeuden pysyttäminen vakiona koko lentokokeen ajan on mahdotonta. Varsinkin helikopterilla, joka lentolaitteena ei ole aerodynaamisesti stabiili, halutun lentotilan säilyttäminen edellyttää ohjaimilla jatkuvia korjauksi ja vastakorjauksia. Niinpä kokeiden aikana lentonopeus vaihteli n. ± 5 % halutusta 90 km/h. Hiemen puuskittainen tuuli aiheutti osaltaan vaikeuksia halutun nopeuden säilyttämisessä ja varsinkin, koska lennot suoritettiin vastatuuleen, todellinen maanopeus oli useimmiten haluttua tavoitenopeutta pienempi. Kuitenkaan tuloksista ei voinut päätellä, että ± 5 % suuruusluokkaa olleet nopeuserot olisivat aiheuttaneet muutoksia pudotuskuvioon. Sen sijaan suurempi nopeusero aiheutti jo mitattavissa olevia muutoksia varsinkin pudotuskuvion kokonaispituudessa.

Lentokorkeuden vaihtelut 30 metrin lentokorkeutta käytettäessä olivat selvästi suhteellisesti suuremmat kuin 60 metrin lentokorkeutta käytettäessä. Osittain tämä johtunee siitä, että ilmanpaineen vaihteluun perustuvat korkeusmittarit ovat hieman epätarkkoja matalissa korkeuksissa vrt. ANON. 1968b s. 11 ja lentäjä määritteli lentokorkeutensa myös ympäröivän maaston mukaan, jolloin lentokorkeus oli yleensä hienokseltaan haluttua pienempi. ± 10 %:n vaihtelu lentokorkeudessa katsottiin vielä hyväksyttäväksi, mikäli vaihtelu ylitti tämän, koe uusittiin. Koska lentokorkeuden vaihtelusta aiheutuvan virhetekijän lisäksi myös lentonopeuden vaihtelu sekä tuulen nopeuden ja suunnan vaihtelu poikkesivat monasti koelennon aikana halutuista normeista, vain 2/3 tuloksista voitiin ottaa huomioon, kuitenkin neljän toiston vähimmäisvaatimus saavutettiin. Pienestä koemateriaalista johtuen pudotuskuvion muotoa ja vesimäärän vaihtelua sen eri osissa koskevat tulokset esitetään toistojen keskimääräistuloksina.

30 metrin lentokorkeutta, 90 km/h lentonopeutta ja 100 % pohjaluukkuaukeamaa käytettäessä vesimassa putosi palontorjuntasäiliöstä yhtenäisenä "pallona". Pääosa vesimassasta iskeytyi maahan yhtenäiselle selvärajaiselle alueelle, jonka pituus oli n. 20 metriä ja leveys 8 metriä (kuva 2). Pudotuskuvion kärki-osassa n. 12x5 m suuruiselle alueelle putosi vesimassan pääosa muodostaen sammutustehon kannalta hyvän ytimen, jossa vesimäärä saattoi ylittää 10 mm/m^2 . Keskimäärin tälle ydinalueelle vettä putosi 6 - 8 mm/m^2 . Ytimen ulkopuolella vesimäärä vaihteli kuvion eri osissa huomattavasti. Kokeiden välillä oli myös havaittavissa huomattavia eroja, mutta keskimäärin voidaan todeta vesimäärän kuvion etuosassa ydinalueen ympärillä olevan 3 - 4 mm/m^2 ja vähenevän kuvion takaosaan mentäessä. Huomattavaa on, että koko kuvio on selvärajainen. Sumumaisessa muodossa varsinaisen pudotuskuvion ulkopuolelle joutuva vesimäärä oli pienehkö, osoittaen putoavan veden pysyneen koko putoamisen ajan yhtenäisenä massana, jossa pisarakoko oli suuri, ja jota ilmanvastus sekä ilmavirrat eivät tältä pudotuskorkeudelta pystyneet hajoittamaan. Suurin sumumaista ajautumaa aiheuttava tekijä oli pyörteinen puuskittainen pintatuuli, jonka vaiku-



Kuva 2. Veden leviämiskuvio pistemäisen palopesäkkeen sammutuksessa

Figure. 2. Watering strip in bombing spot-like fire

tus myös todellisissa tulipaloissa tulee olemaan merkitsevästi pudotuskorkeutta ja sammutustehoa pienentävä.

60 metrin lentokorkeutta käytettäessä putoava vesimassa alkoi hajaantua ennenkuin se saavutti maanpinnan. Tästä syystä pudotuskuvio menetti selvät rajalinjat, samoin kuvio ei enää ollut täysin yhtenäinen, vaan erillisten iskeytymäpisteiden muodostama. Iskeytymäalueen pituus vaihteli 40 - 50 m ja leveys oli 10 - 12 m. Vesimäärä pudotusalueella vaihteli huomattavasti, joskin 15x6 m ydinalue oli havaittavissa. Tälläkään alueella vesijakautuma ei kuitenkaan ollut mitenkään vakio, vaan vaihteli 3 - 9 mm/m². Tämän ydinalueen ulkopuolella ei varsinaisesta yhtenäisestä pudotuskuviosta voida enää puhua, sillä erillisten iskeytymäpisteiden välillä oli alueita, joille vettä ei ollut tullut lainkaan. Samoin sumumaisena hajaantuvan vesipilven osuus oli huomattava hajautuman ulottuessa n. 30 - 40 metrin päähän pudotusalueesta. Vesimäärä tällä ajautuma-alueella oli kuitenkin erittäin pieni ja sammutustehon kannalta täysin merkityksetön. Suuri lentokorkeus aiheutti sen, että halutun lentolinjan säilyttäminen ja välttävänkään pudotustarkkuuden saavuttaminen oli vaikeata, joten 60 metrin pudotuskorkeutta tuskin on syytä käyttää varsinaisessa sammutustyössä.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Nyt kokeiltu palontorjuntasäiliö osoittautui teknillisiltä ratkaisuiltaan onnistuneeksi. Säiliön muoto oli hyvin aerodynaaminen. Sen liikkeet koneen alla lennon aikana olivat tasaiset eikä taipumusta pyörimiseen ilmennyt. Mahdollinen pyörimisliike säiliön täytön yhteydessä tasaantui nopeasti kannatinjärjestelmän rakenteen johdosta.

Säiliön tyhjennysjärjestelmän laukaisumekanismissa esiintynyt viive johtui laitteiston hydraulisesta toimintaperiaatteesta ja melko pitkistä välitysyhteyksistä. Käytön kannalta kuitenkin n. kahden sekunnin viive osoittautui vielä hallittavaksi, pudotustarkkuuden siitä juurikaan kärsimättä.

Oman ongelmansa säiliön täyttöön muodosti kuitenkin vesikasvillisuus, jota matalilla paikoilla saattoi jäädä säiliön pohjaluukkujen väliin estäen säiliön täydellisen sulkeutumisen. Tässä suhteessa täyttöpaikan ennakoivalinta ja samalla sen merkitseminen poijuilla osoittautui tärkeäksi. Säiliön täytön kannalta poiju oli myös tärkeä siinä mielessä, että etäisyys koneesta veden pintaan oli helposti arvioitavissa, mikä ilman selvästi näkyvää tähtäyspistettä olisi muuten ollut ongelmallinen varsinkin suuremmilla vesialueilla, joissa rantaviiva olisi ollut kaukana.

Kokeissa palontorjuntasäiliötä kokeiltiin tilanteessa, joka lähinnä vastasi pienen palopesäkkeen sammuttamista. Varsinaisten suurten palorintamien torjuntaan ei tällä menetelmällä ole edes ollut tarkoitukseen lähteä. Pudotustarkkuuden kannalta n. 25 - 30 m lentokorkeus oli sopiva ja alkavan palon sekä kytevien palopesäkkeiden sammutuksessa tämä lentokorkeus on vielä mahdollinen. Sen sijaan yli 50 m lentokorkeuksien käyttö palontorjuntalennoilla ei enää vastaa tarkoitustaan, mikäli pyritään tukahduttamaan paloa. Kuitenkin palorintaman edessä olevaa aluetta voi näinkin kastella, joskin säiliön vesimäärä on tähän pienehkö.

Sopivilla lisäaineseoksilla sammutusveden tehoa voidaan lisätä ja tässä suhteessa helikopterisäiliöilläkin voi tulevaisuudessa olla merkitystä. Lentonopeutta lisäämällä ja pienentämällä säiliön tyhjennysluukkujen avautumisastetta saadaan torjuntakuvio muuttumaan 4 - 6 metriä leveäksi vanaksi, jonka pituus nopeudesta johtuen voisi ylittää esim. 100 - 150 metriin. Lisäämällä paloa ehkäiseviä lisäaineita (Five-Troll tai vast.) saadun kasteluliuksen teho kasvaa ja palorintaman edessä voidaan nopeasti kastella laajoja alueita. Myös metsäpalojen ennaltaehkäisyyn tätä menetelmää voidaan käyttää, sillä sopivilla lisäaineilla kasteluliuos tarttuu puuston latvuksiin ja sen kemikaalit muodostavat lehtiä, neulasia ja oksia peittävän kalvon, joka ehkäisee latvuserroksen syttyvyyttä parhaimmillaan sateista riippuen jopa 2 - 3 kuukautta.

Palontorjuntasäiliön käyttöä paloa ehkäisevässä kastelussa voidaan ajatella myös kulotusalueilla, joiden reunakastelu on nopeasti hoidettavissa helikopterilla erityisesti sellaisilla alueilla, jossa muuten kasteluveden saanti tai kuljetus on vaikeata.

Pistemäisten palopesäkkeiden sammutukseen nyt kokeiltu torjuntasäiliöratkaisu soveltuu erittäin hyvin. Lähinnä käyttö kohdistuu tällöin metsäpalojen jälkisammutukseen, sillä useimmiten on epätodennäköistä, että sammutussäiliö ja helikopteri ovat niin lähellä palonalkua, että alkusammutukseen jää aikaa. Kuitenkin esim. turvetyömailla sammutuskalustoon saattaisi kuulua kokeillun tapainen palontorjuntasäiliö, koska sitä voi tarvittaessa kuljettaa mikä tahansa nostokoukulla varustettu helikopteri, ja työhön sopiva helikopteri voi löytyä pelastuspalvelun kautta hyvinkin läheltä. Samoin näin varmoista paikoista tarvittaessa löytyvää palontorjuntakalustoa voidaan hyvin käyttää varsinaisten metsäpalojen alku- tai jälkisammutukseen. Vastaavasti palontorjuntaorganisaation puitteissa voitaisiin sijoittaa läänien alueille 4 - 5 kpl nyt kokeillun suuruisia ja siitä edelleen kehitettyjä n. 2.500 litran säiliöitä, joita puolustusvoimien ja rajavartioston keskiraskaat helikopterit voivat käyttää. Näin taattaisiin pysyvä valmius sekä metsäpalojen nopeaan torjuntaan että varmistettaisiin myös muiden vaikeapääsyisten sammutuskohteiden sammutusmahdollisuuksia.

Menetelmän käyttöönotto vaatii kuitenkin myös nyt toimivien helikopterilentäjien jatkokoulutusta, sillä niillekin lentäjille, joilla jo on kelpuus koneen ulkopuolisten kuormien kuljetukseen, on syytä opettaa palontorjuntalennoilla käytettävä lentotekniikka, jotta itse sammutustyökin tapahtuisi halutulla tavalla ja ilman tarpeettomia riskejä.

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANONYMOUS, 1965. Basic Helicopter Handbook. FAA Flight Standards Service. Washington.
- " 1968a. Large Helicopter Use in Fire Suppression. Fire Control Notes 29(3).
- " 1968b. Lentäjä ja sää. SIL.
- " 1973. The helicopter bucket, versatile tool. Management 34(3):5.
- AREFJEV, I.F. 1970. Aerial forest protection in the far east of the USSR. Die Sozialistische Forstwirtschaft 4, s. 115-117.
- FORSTER, W.T. 1971. Air tanker techniques in Canada. Proc. 4th Int. Agric. Aviat. Congress. IAAC. the Haque.
- GAGNON, P. 1974. Forest Fire control in Quebec. Shell Aviation News.
- HIGGS, A.J. 1966. Rainmaking in Australia. Shell Aviation News. 338.
- IRVING, H.I. 1971. Forest fire detection systems. Proc. 4th Int. Agric. Aviat. Congress. IAAC, the Haque.
- MAYSON, H.G. 1973. Copter crews fight fires. British Columbia Lumberman 57(4).
- PIERCE, M.K. 1971. Air tanker techniques in the USA. Proc. 4th Int. Agric. Aviat. Congress. IAAC. the Haque.
- RADCLIFFE, P.N. 1966. Now bod of Rain. Fire Control Notes 1.
- WILSON, K.O. 1973. The helicopter bucket, versatile tool. Management 34(3):15.

SUMMARY

Aircrafts and helicopters have long been used for fire watching in sparsely inhabited areas with poor road conditions. The transportation of fire-fighting parachuters to the fire area by planes or the removal of firefighters by helicopters are commonly used in several countries. Aircrafts and helicopters have often been employed by fire leaders, as it is much easier to locate large fire fronts and supervise firefighters from the air than from the ground.

Aeroplanes for extinguishing forest fires have been used especially in Canada for a couple of decades. The commonest type has been previous transport planes, which after modifications are able to take a 3.000 - 10.000-litre water load. The planes have to be reloaded after each flight. Amphibious planes and hydroplanes have, to some extent, been experimented with, as they can fill themselves with water on a lake nearest the fire.

The use of fire-fighting aircrafts has not been developed in Finland for lack of suitable equipment. Moreover, the planes would have to undergo large modifications which would impair their use for ordinary transport. Helicopters require no new installations, and as helicopters capable of carrying heavy enough loads are available here, a new fire extinguishing tank is being developed for them.

A joint project between the Finnish Forest Research Institute and Kemira Oy involves experimenting with a fibreglass tank designed for lightweight helicopters. This tank has two compartments. The volume of the actual water tank is 800 l and that of chemicals 30 l. The weight of the tank when empty is 65 kg and the maximum weight when full 900 kg. The tank functions mechanically, the only connection to the plane in addition to the supporting chain being the discharge device, which is easily attached to any helicopter with an adequate load carrying capacity and a load hook for external loads. As the load capacity of different helicopter types varies, the water tank is provided with adjustable openings to regulate the amount of water.

The tank is designed so that when it is landed on the water, its bottom hatches open automatically. When filled, the tank is drawn up and the hatches close automatically. A hydraulic discharge mechanism in the helicopter empties the tank by opening the hatches and simultaneously transfers through a perforated apportioning tube the desired amount of chemicals into the water tank.

The experiments employed a Hyghes 500-C-type helicopter with a load capacity of a. 500 kg. The tank was under the plane attached to an about 4 - 5-metre supporting chain. The speed of a. 50 - 55 mph proved the best, allowing the freely hanging tank to run smoothly without rotating under the helicopter. The filling of the tank on the lake took about 3 - 5 s. and discharge a. 2 - 3 s. When the flying altitude was 30 m, the speed 50 mph and the hatch fully opened, the water spread on a 20-metre-long and 8-metre-wide strip, (Fig. 2), the amount of water being 6 - 8 mm in the centre and 3 - 4 mm in the fringe areas.

By altering the flying speed and altitude and by adjusting the opening of the hatch, the watered area can be modified to suit different uses. In "the bombing" of spot-like fires the best accuracy is achieved by a rather low altitude and speed and a wide opening of the hatch. The altitude can be raised a little and the opening of the hatch decreased when watering the fringe areas for a coverage of narrower but a. 3 - 4 times longer watering strip.

Yet, it is no use employing helicopters and aeroplanes when the fire has spread uncontrolled. The relatively small amount of water carried by the planes should be primarily used for extinguishing smouldering fire centres or a starting fire, and even then fire suppressing chemicals ought to be used to increase the water capacity.

Joensuun tutkimusasemalla aikaisemmin ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 37 Kauko Salo (toim.). Metsämarja- ja sienisatotutkimuksen menetelmäongelmia. 37 s. 1982.
- Nro 43 Jari Parviainen. Metsäpuiden taimien kasvatus ja istutus. Luentosarja menetelmien biologisista perusteista ja vaikutuksista taimiin. 114 s. 1982.
- Nro 56 Matti Karjula, Simo Kaila, Jari Parviainen, Juhani Päivänen ja Pentti K. Räsänen. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. 116 s. 1982.

Joensuun tutkimusaseman osoite:

Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimusasema
Martikkalantie 7
PL 68
80101 JOENSUU 10
Puh. (973) 26211