



**PELASTUSOPISTO**



# **SAMMUTUSSÄILIÖN KÄYTTÖ METSÄPALOISSA**

Heli Hyttinen

5.10.2020

## TIIVISTELMÄ

Tekijä Heli Hyttinen	Tutkinto Pelastusalan päällystö (AMK)
Julkaisun nimi Sammutussäiliön käyttö metsäpaloissa	Julkisuus Julkinen
Sivumäärä 36+18	Päiväys 5.10.2020
Opinnäytetyön ohjaaja(t) Marko Hassinen, erikoistutkija	Toimeksiantaja Etelä-Savon pelastuslaitos
<p>Tiivistelmä</p> <p>Metsäpalojen sammuttaminen on vaikeakulkuisen maaston ja pitkäkestoisuuden vuoksi hyvin kuormittavaa, ja tämän vuoksi sammutukseen on kehitetty sammutussäiliö, jonka avulla voitaisiin helpottaa sammuttajan kuormitusta ja tehostaa myös itse sammutustyötä. Metsäkoneen ja sammutussäiliön yhdistelmällä saadaan kuljetettua sammutusvesi ja -kalusto hyvinkin vaativaan maastoon ja näin ollen voidaan säästyä myös pitkiltä selvitysmatkoilta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli testata sammutussäiliön toimintoja, jolloin sammutussäiliöstä saataisiin metsäkoneeseen yhdistettynä tehokas työkalu metsäpalojen sammutukseen. Tutkimus toteutettiin testaamalla sammutussäiliön ominaisuuksia sekä ennalta sovituilla testipaikoilla että hälytystehtävillä.</p> <p>Tutkimustulokset osoittivat, että sammutussäiliön käyttö metsäpalojen sammutuksessa antoi toimivan vaihtoehdon perinteiselle sammutustekniikalle. Metsäkoneen kyky kulkea maastossa ja sammutusveden vieminen säiliöllä kohteeseen ilman pitkiä selvitysmatkoja helpotti sammuttajan kuormitusta. Säiliössä olevan kaluston avulla pystytään kohteessa toimimaan hyvinkin itsenäisesti, jos lähistöllä on käytettävissä luonnonvesilähde. Metsäkoneen ja sammutussäiliön tehokkaassa käytössä on oleellista pelastustyön johtajan, sammuttajan ja metsäkoneen kuljettajan onnistunut yhteistyö.</p> <p>Sammutusominaisuuksien ohella nousi esille myös metsäkoneen ja sammutussäiliön käyttö apuna kaluston viemiseen ja letkujen selvittämiseen kohteessa. Käyttökokemusten myötä saadaan varmasti lisää tietoa ja ajatuksia sammutussäiliön toimintojen kehittämiseen.</p>	
Avainsanat metsäpalot, sammutus, sammutustekniikka, metsäkone, kuormittavuus	

## ABSTRACT

Author Heli Hyttinen	Degree Programme Fire Officer's Degree (UAS)
Title Use of Specialized Water Tank System for Extinguishing Forest Fires	Confidentiality public
Pages 36+18	Date 5 October 2020
Academic supervisor Mr Marko Hassinen, Senior Researcher	Client Organisation/Partner the Rescue Department of Etelä-Savo
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to test a new prototype using to extinguish forest fires. Extinguishing of forest fires is physically demanding because of rough roads and long lasting rescue measures. For that reason, a water tank with fire pumps and a water cannon has been developed to make rescue measures more effective. The water tank can be taken to the fire site by a forest machine. In that case, there is no need to deploy hoses and therefore the physical stress of the firefighters can be reduced. The objective of testing the prototype was to find out about the qualities of the water tank with firefighting equipment and the forest machine, if this combination is workable and appropriate for effective rescue measures.</p> <p>The data for the research was collected by using the water tank in real forest fires and under predefined circumstances. If there was a function, which did not work in practise feedback was given by the test group and the function was improved to be appropriate.</p> <p>The research indicated that using the water tank and forest machine combination is a functional alternative to extinguish a fire in the forest. The water tank with a suction pump and fire pump gives an opportunity to extinguish forest fires without the use of long hose lines, if there is a pond or a lake nearby. It is also essential for a good result that the collaboration between the firefighter, the operator of forest machine and the executive fire officer is working. In the future, there will be more user experience and ideas to develop other functions of the water tank and forest machine combination.</p>	
<p>Keywords forest fires, extinguishing of fires, extinguishing technique, physical stress, forest machine</p>	

	4
SISÄLLYS	
1 JOHDANTO	5
2 METSÄPALOT	7
2.1 Metsäpalojen piirteitä	7
2.2 Metsäpalojen yleisyys	8
3 METSÄPALOJEN SAMMUTUSTAKTIikka	10
4 SAMMUTUSSÄILIÖ	12
4.1 Rakenne ja toiminnot	12
4.2 Käyttöönotto metsäpalon aikana	19
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	20
5.1 Olosuhteet	20
5.2 Testaus	20
5.3 Tulosten analysointi	27
6 TUTKIMUSTULOKSET	28
7 POHDINTA	32
7.1 Tavoitteen saavuttaminen	32
7.2 Keskeiset tulokset ja käytettävyys sekä jatkohankkeet	32
7.3 Oma oppiminen	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	36

## 1 JOHDANTO

Suomessa on taisteltu metsäpaloja vastaan kautta aikojen, ja tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen edetessä riittää töitä tällä saralla. Metsäpalot ovat aina laajuuteensa ja maaston vaikeakulkuisuuden vuoksi erittäin vaativia sammuttajan näkökulmasta katsottuna. Jo pelkästään kaluston siirtäminen sekä selvitysten tekeminen kohteeseen vie voimia, ja näin sammuttajien fyysinen kuormitus on suurta. Tehtävien pitkäkestoisuus vielä lisää altistusta uupumiselle.

Opinnäytetyön aiheena on prototyyppi, jota voidaan käyttää metsä- ja maastopalojen sammuttamiseen. Metsäkoneen sekä pumpuilla ja vesitykillä varustetun säiliön yhdistelmällä vesi saadaan kuljetettua kohteeseen hankalissakin maasto-olosuhteissa, ja lisäksi säiliön mukana kulkeva imupumppu mahdollistaa säiliön täytön luonnonvesilähteestä. Tällöin sammutussäiliötä voidaan käyttää sammuttamiseen hyvinkin itsenäisesti ilman kohteeseen säiliöautoilla tuotua sammutusvettä. Myös kaluston vienti ja letkuseelvitykset metsäkoneeseen liitetyn säiliön avulla helpottaisivat fyysistä kuormitusta.

Työn tavoitteena on selvittää sammutussäiliön käytettävyyttä metsäpalojen sammuttamisessa. Keskeisiä kysymyksiä ovat sammutussäiliön toiminnot ja kalusto ja niiden käytettävyys palopaikalla, metsäkoneen kuljettajan, sammuttajan ja pelastustyön johtajan onnistunut yhteistyö, sammuttajan fyysisen rasituksen vähentyminen sammutussäiliön käytön myötä sekä se, mitä uutta sammutussäiliö voisi tuoda metsäpalojen sammutukseen. Sammutussäiliön rakenteeseen ja toimintoihin liittyen laadin myös käyttöohjeen, jossa käydään läpi kaikki säiliön käytössä huomioitavat asiat.

Yhteistyökumppaneina prototyypin kehittämisessä ja testauksessa ovat Miksei Oy, Metsä Group, veljekset Hokkanen Oy, Rst-Lapit Oy ja Ekin muovi Oy, Mäki-Reini, Ponsse Oyj, Etelä-Savon ammattiopisto (ESEDU), Pohjois-Savon pelastuslaitos, Etelä-Savon pelastuslaitos, Keski-Pohjanmaan pelastuslaitos ja Pietarsaaren alueen pelastuslaitos. Tutkimuksessa testaan myös XPyro Oy:n kehittämää palonestoaineen levittämistä maastoon sammutussäiliötä ja vesitykkiä käyttäen.

Toiminnallisessa opinnäytetyössä laadullinen tutkimusasenne esiintyy sellaisessa tilanteessa, jossa tavoitteena on toteuttaa kohderyhmän näkemysten pohjalta jokin tietty idea (Vilkkä ym. 2004, 63). Opinnäytetyön aiheen ollessa prototyypin rakenteen ja toimintojen

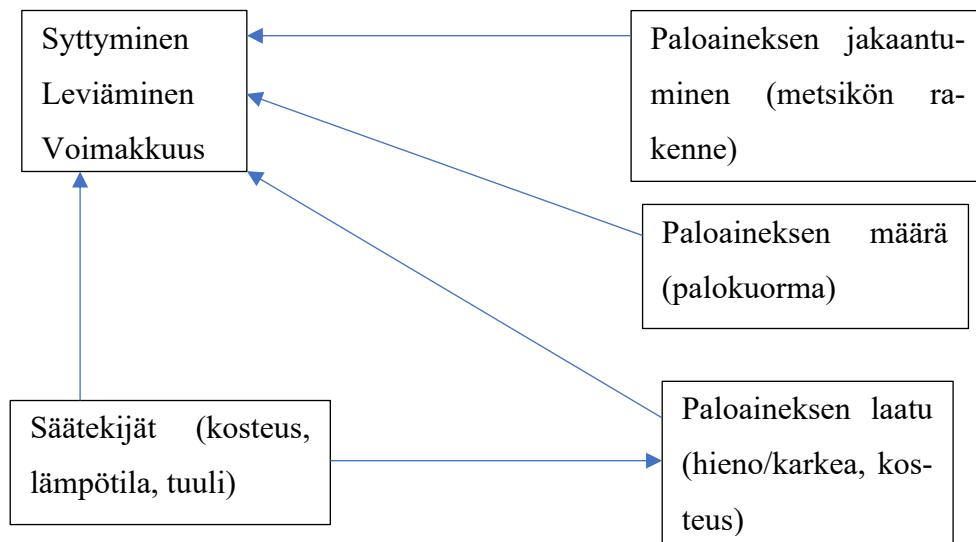
sekä niiden käytettävyyden metsäpalojen sammutuksessa käytän tutkimusmenetelmänä laadullista eli kvalitatiivista näkökulmaa. Toiminnallinen näkökulma näkyy säiliön käyttöönoton ohjeistamisessa.

Opinnäytetyössä käyn läpi metsäpalojen piirteitä ja metsäpalojen sammutuksessa huomioitavia asioita taktiikan suhteen, sammutussäiliön rakenne ja toiminnot sekä sen käyttöönotto hälytystehtäviin. Tutkimuksen toteutus -osio kertoo tarkemmin, kuinka tutkimus toteutetaan, mitä ongelmia kohdataan ja mitä tuloksia kulloinkin saadaan sekä miten saatua tietoa analysoidaan. Tutkimustuloksissa annetaan vastaukset kysymyksiin, jotka ohjaavat tutkimuksen teossa. Pohdinnassa käyn läpi tavoitteen saavuttamisen ja keskeiset tulokset sammutussäiliön käytettävyydestä sekä mahdolliset jatkohankkeet. Oma oppiminen -osiossa käyn läpi, mikä vaikutti työn tekemiseen ja mikä auttoi työn eteenpäin viemisessä.

## 2 METSÄPALOT

### 2.1 Metsäpalojen piirteitä

Metsän palamisherkkyteen vaikuttavat kasvuston ja puiden kuivuus. Nämä ovat riippuvaisia lämpötilasta, sademäärästä, ilman kosteudesta ja tuulen voimakkuudesta. (Heikkilä ym. 2000, 23.) Metsäpalon syttymis- ja palamistapahtumaa säätelevät tekijät on esitetty kuvassa 1. Syttyäkseen metsäpalo vaatii ulkoisen syttymislähteen, joka voi olla luonnonilmiö (salamo, tuulen kaatama puu sähkölinjalle) tai ihmisen toiminnan aiheuttama (avotuli). Jos paloaines syttyy ilman ulkoista lämmönlähdettä, on kyse itsesyttymisestä. Itsesyttymistä voi tapahtua turveaumoissa. (Lindberg ym. 2011, 17.)



KUVA 1. Metsäpalon syttymis- ja palamistapahtumaa säätelevät tekijät (Lindberg ym. 2011, 17)

Palon etenemistä säätelevät lisäksi luonnonesteet (järvet, suot). Maaston muodolla ja tuuliolosuhteilla on huomattava vaikutus palon käyttäytymiseen: palo leviää kaksi kertaa nopeammin aina tuulen nopeuden lisääntyessä 4 m/s, ja maaston kaltevuuden lisääntyessä 10 astetta palon eteneminen kaksinkertaistuu. (Heikkilä ym. 2000, 50.)

Palon voimakkuutta (palointensiteetti) kuvaa parhaiten liekin korkeus. Sen avulla palot voidaan karkeasti jakaa matala-, keski- ja korkeaintensiteettiin. Taulukossa 1 on esitetty tulen hallittavuus liekkien pituuden mukaan. Palon voimakkuuteen vaikuttavat paloaineksen laadun (lämpöarvo ja kosteus) ja määrän (palokuorma) jakautumisen ja vallitsevan sään yhteisvaikutus. Palointensiteetin arviointi on tärkeää metsäpalontorjunnassa, koska sen vaikutus

palon etenemiseen, vaarallisuuteen ja torjunnassa käytettävään strategiaan on keskeisellä sijalla. (Lindberg ym. 2011, 27.)

TAULUKKO 1. Tulen hallittavuus liekkien pituuden mukaan (Lindberg ym. 2011, 27)

Liekin korkeus, m	Tulen hallittavuus
< 1,2	Tuli voidaan sammuttaa suoralla sammutushyökkäyksellä kärjestä tai sivulta käsityövälineiden avulla. Käsintehtyn palokujan tulisi pysäyttää tulen eteneminen.
1,2-2,4	Palo on liian voimakas käsityövälineillä tehtävään sammutushyökkäykseen. Käsintehty palokuja ei ole luotettava. Suihkukalustolla ja ilma-aluksilla sammutus voi olla tehokasta.
2,4-3,3	Palon hallinta vaikeaa; soihtupaloja, latvapalo ja palosta leviävät eriliset heitepalot mahdollisia. Suora sammutushyökkäys palon kärkeen luultavasti tehoton.
> 3,3	Latvapalo, heitepalot etumaastossa ja nopea leviäminen todennäköistä. Suora sammutushyökkäys palon kärkeen tehoton.

## 2.2 Metsäpalojen yleisyys

Suomessa metsää palaa noin 300-800 hehtaaria vuodessa ja suurimmat palot ovat noin 50-100 hehtaarin suuruisia aloja. Suurin osa paloista on kuitenkin pienellä alalla. (Metsakeskus.fi.) Taulukossa 2 on esitetty maasto- ja metsäpaloissa tapahtuneiden vahinkojen suuruus vuosien 2016 -2019 aikana.

TAULUKKO 2. Vahingot maasto- ja metsäpaloissa 2016-2019 koko maassa (pronto.fi)

Vuosi	Maastopalojen lkm	Joista metsäpaloja	Palanut maastoala (ha)	Joista palanut metsäala (ha)	Palanut metsäala keskimäärin (ha)
2016	1491	916	514,61	308,68	0,34
2017	1575	868	729,6	459,43	0,53
2018	3244	2377	1597,42	1226,01	0,52
2019	2096	1433	820,76	564,35	0,39
<b>Yhteensä</b>	<b>8406</b>	<b>5594</b>	<b>3662,38</b>	<b>25558,46</b>	<b>0,46</b>

Maastopalojen lukumäärä koko maassa vuosien 2016 - 2019 ajanjaksolla maastotyyppien mukaan olivat 4306 kpl (varsinainen metsä, talousmetsä, aluskasvillisuus), 1036 kpl



(hakkuualue,raivio,metsäaukea) ja 247 kpl (tuotantokäytössä oleva turvesuo) (pronto.fi).  
Ajanjaksolla nousee esille vuosi 2018, jolloin palojen määrä oli huomattavan suuri.

### 3 METSÄPALOJEN SAMMUTUSTAKTIikka

Tavoitteena metsäpalojen sammutuksessa on saada palo sammumaan mahdollisemman nopeasti. Sammutustyössä määrävänä asiana on sammutustaktiikka. Oikean sammutustaktiikan valinnan jälkeen mietitään tarkoituksenmukaisen ja tehokkaan sammutustekniikan käyttämistä. (Heikkilä ym. 2000, 55.) Sammutuksen edetessä käytetyn taktiikan tehoa palon sammuttamiseen täytyy kuitenkin jatkuvasti seurata ja sitä pitää muuttaa, jos käytetty taktiikka ei toimi.

Sammutuksen eri vaiheet ovat

- palon pysäyttäminen
- paloalueen rajaaminen
- jälkisammutus

(Heikkilä ym. 2000, 55).

Sammutustaktiikan valinta perustuu pelastustyönjohtajan tiedusteluun ja arvioon palon laajuudesta ja etenemisnopeudesta. Sammutusvoimat on keskitettävä kriittisempään kohtaan ja tilanteen seurannasta on huolehdittava. Tärkeitä huomioita ovat torjua ensin suurin uhka, katkaista palon eteneminen siellä missä leviämishuhta on suurin ja todennäköisin, rajoituslinjan teko sekä sammuttajien työturvallisuus. Tilannearviota on tehtävä koko ajan palon edetessä. (Heikkilä ym. 2000, 56). Viime vuosina yleistyneet RPAS-laitteet ovat tuoneet hyvän ja tehokkaan työkalun metsäpalojen tiedusteluun.

Sammutustaktiikkaa valittaessa on huomioitava myös resurssit, käytettävissä oleva kalusto ja määrä, kulkuyhteydet palopaikalle (teiden kunto, kantavuus), vuorokaudenaika, luonnolliset esteet ja vedenottoaikat, viestiyhteydet, metsätyyppi ja sen paloherkkyys ja maaston muoto, sää ja tuulen nopeus (Heikkilä ym. 2000, 58).

Metsäpalojen torjuntasuunnitelman avulla pystytään ennakolta varautumaan metsä- ja turvesuopalojen operatiiviseen toimintaan. Vasteet määräytyvät sekä maasto- ja metsäpaloissa että turvetuotantoalueilla tapahtuviin paloihin riskinarvion mukaan. Jos samanaikaisesti alueella on useita maastopaloja tai iso metsäpalo, hälytetään johtokeskus valmiuteen. Ajoneuvoissa olevan peruskaluston lisäksi käytettävissä on erikoiskalustoa kuten metsäpaloperäkärrit, kontit ja mönkijät. (Etelä-Savon pelastuslaitos, 18 - 22.)

Sammutustaktiikan valinnassa voidaan ottaa huomioon myös rajoittavat tai hidastavat toimenpiteet. Rajoituslinjat voivat olla palokujia tai palokäytäviä palon suuruuden mukaan. Palokujan ja palokäytävän rakentaminen tapahtuu joko käsityökaluilla tai koneellisesti. (Heikkilä ym. 2000, 66 – 67.) Vaihtoehtoa voi olla myös palonestoaineen levittäminen maastoon. Palonestoaineella saadaan tehtyä maastoon kemiallinen palokatko. Maan sisällä kyteviin paloihin voidaan käyttää palonestoainetta, josta on poistettu pintajännitys. (biotalous.fi.) Pintajännitystä saadaan vähennettyä myös veteen sekoitettavilla saippuatuotteilla (Heikkilä ym. 2000, 68).

## 4 SAMMUTUSSÄILIÖ

### 4.1 Rakenne ja toiminnot

Säiliö on valmistettu alumiinista ja sen tilavuus on 11000 litraa. Säiliö on mitoitettu sopimaan metsäkoneen kuormatilaan. Säiliön paino on noin 1000 kg. Säiliö nostetaan kuormatilaan metsäkoneen puomin avulla. Kuvissa 2-4 sammutussäiliö on nostettuna ja kiinnitettynä kuormatilaan.

- materiaali alumiinia
- avoin säiliön päällä
- tilavuus: 11000 l
- mitat: korkeus 1,90 m, leveys 2,20 m, pituus 5,10 m



KUVA 2. - 4. Sammutussäiliö kiinnitettynä kuormatilaan

## Painepumppu

Painepumppuna sammutussäiliössä toimii Teho-ESA HRD -pumppu. Käyttövoiman pumppu saa hydraulisesti metsäkoneesta. Kuvissa 5 ja 6 näkyy painepumpun sijainti sammutussäiliön takaosassa. Paine- ja imupumpun toimintoja ohjataan kauko-ohjaimella (kuva 7).

Tekniset tiedot:

- tuotto 1000 l/min/10 bar

(Veli-Matti Jussila, sähköpostiviesti 10.6.2020)



KUVA 5. - 6. Painepumppu



KUVA 7. Pumpun kauko-ohjain

## Imupumppu

Säiliö täytetään vesilähteestä imupumpun avulla. Pumppu viedään luonnonvesilähteeseen (lampi, järvi, oja) metsäkoneen puomilla. Kuvissa 8 ja 9 on nähtävillä imupumpun vienti vesilähteeseen. Pumppu toimii hydraulisesti, jolloin käyttövoima saadaan käytettävästä koneesta. Koska pumppu toimii uppopumppuperiaatteella, käytössä on huomioitava, että pumppun pesä on pinnan alapuolella. Pumppu ei kuitenkaan ole arka tyhjäkäynnille eikä tyhjäkäynti vaurioita pumppua. Pumpun tuottoa vähentää, jos purkuletkussa on teräviä taitoksia. Pumppu on varustettu myös pohjasihdillä. (Tapio Mäki-Reini, sähköpostiviesti 10.6.2020) Kuvassa 10 näkyvä imupumpun hydrauliiikan pikaliitin helpottaa ja nopeuttaa imupumpun käyttöönottoa.

### Tekniset tiedot:

- maksimi tuotto 8000 l /min
- paino 45 kg (ilman letkuja)
- pumpun korkeus 650 mm, suurin leveys 450 mm
- moottori Parker F 12, 030
- poistoputki 5"

(Tapio Mäki-Reini, sähköpostiviesti 10.6.2020)



KUVA 8. - 9. Imupumppu



KUVA 10. Imupumpun hydrauliikan pikaliitin

### Täyttöletku

Kuvassa 11 olevaa säiliöntäyttöletkua käytetään, kun sammutusvesi otetaan luonnonvesilähteestä imupumpun avulla. Sen läpimitta on 4” ja pituus 20 m. Täyttöletku liitetään muunnosliittimen avulla kuvassa 12 esitettyyn säiliöntäyttöventtiiliin.



KUVA 11. Säiliöntäyttöletku



KUVA 12. Säiliöntäyttöventtiili

### Vesitykki

Vesitykkinä sammutussäiliössä on TFT Tornado RC. Sähköinen nostolaite mahdollistaa matalan asennuskorkeuden, eli kuljetusasennossa tykki ei sijaitse säiliötä korkeammalla mutta nostettuna käyttökorkeuteen tykin toiminta-alue on laaja. Tykin toimintasäde on laaja (vaaka- ja pystysuora liike) ja kantomatka on pitkä. Tykkiä voidaan käyttää kauko-ohjaimella mutta ohjauspaneeli löytyy tarvittaessa myös itse tykistä. Kuljetusasentoon tykki

saadaan ajettua automaattisesti. (veljeksetkulmala.fi.) Kuvassa 13 on esitetty vesitykin asento sitä käytettäessä ja kuvassa 14 tykki on kuljetusasennossa. Vesitykin kauko-ohjain on esitetty kuvassa 15.

Tekniset tiedot:

- maksimi virtaus: 1900 l/min
  - maksimi työpaine: 14 bar
  - vaakasuora liike: 340° (170 ° oikealle ja vasemmalle)
  - pystysuoraliike: 135° (-45° - 90°)
  - sähköinen nostolaite Extend A Gun 3/4 "
  - kauko-ohjain
- (veljeksetkulmala.fi)



KUVA 13. Vesitykin käyttöasento



KUVA 14. Vesitykin kuljetusasento



KUVA 15. Vesitykin kauko-ohjain



## Paineliittimet

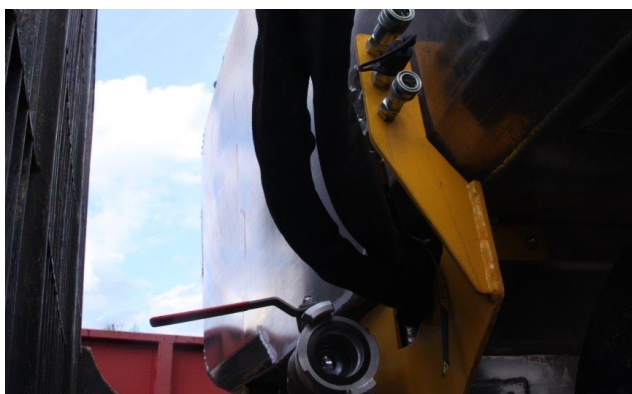
Paineliittimet sijaitsevat säiliön molemmin puolin, ja niistä voidaan selvittää 76 mm letkua tai muunnosliittimen avulla 42/39 mm letkua aina tarpeen mukaan. Kuvassa 16 näkyy paineliittimen sijainti sammutussäiliön sivulla.



KUVA 16. Paineliitin

## Säiliön tyhjennysventtiili

Säiliön on oltava täysin tyhjä vedestä, jos se joudutaan siirtämään pois kuormatilasta. Tällöin säiliön etuosassa oleva venttiili avataan ja vesi valuu pois säiliöstä. Tyhjennysventtiilin kautta saadaan säiliö tarvittaessa myös täytettyä. Kuvassa 17 näkyy sammutussäiliön etuosassa sijaitsevan tyhjennysventtiilin sijainti.



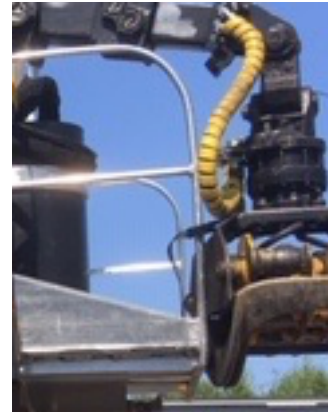
KUVA 17. Säiliön tyhjennysventtiili

## Puomin tukirauta, kiinnityspiste ja kouran kiinnitys

Tukirauta suojaa säiliön rakennetta vahingoittumiselta, kun puomi lasketaan kuljetusasentoon. Säiliön laidalla olevaan kiinnityspisteeseen voidaan kiinnittää turvavaljaat, jos niitä on tarpeen käyttää säiliön päällä työskennellessä. Kuvassa 18 näkyy tukiraudan varaan laskettu puomi ja turvavaljaiden kiinnityspiste. Kouran heiluminen ajon aikana estetään kuvan 19 mukaisesti kiinnittämällä koura nauhalla sammutussäiliöön.



KUVA 18. Puomin tukirauta ja turvavaljaiden kiinnityspiste



KUVA 19. Kouran kiinnitys säiliöön

## Sidontaketjut ja vantit

Säiliö kiinnitetään kuormatilaan kuvassa 20 näkyvällä sidontaketjulla ja vantilla.

- ketjun pituus 5 m, murtolujuus 9000 kg, vanttien murtolujuus 8600 kg  
(Henry Räisänen, sähköpostiviesti 9.7.2019)



KUVA 20. Vantti ja ketju

## 4.2 Käyttöönotto metsäpalon aikana

Sammutussäiliön käyttöönotto tapahtuu ennalta tehdyn sopimuksen perusteella. Kirjoitushetkellä (kesä 2020) ESEDUn eli Etelä-Savon ammattiopiston metsäkoneetta ja sammutussäiliötä säilytetään Ponsse Oy:n huoltopalvelun piha-alueella. Säiliö on valmiina metsäkoneeseen kytketyn kuormatilan päällä, ja yhdistelmä kuljetetaan kohteeseen lavetilla. Ensimmäisiksi kuljetukseen soveltuvat puoliperävaunut saadaan käyttöön yksityisiltä koneurakoitsijoilta mutta myös metsäkoulun lavettiautolla on mahdollista kuljettaa yhdistelmä palopaijalle. Etuna puoliperävaunussa on sen korkeus, joka on matalampi kuin metsäkoulun lavetti. Tämä seikka auttaa myös suunnittelemaan ajoreitin, jos matkalla on alitettavia siltoja tai sähkölinjoja. Metsäkoulun lavettiauto vaatii myös ammattiautoilijan pätevyyden. (Seppo Lokka, sähköpostiviesti 13.6.2020)

Päivystävä palomestari selvittää sammutussäiliön tarpeen palon sammuttamiseen ja pyytää hätäkeskusta hälyttämään hälytysryhmän, joka muodostuu metsäkoneenkuljettajista. Kirjoitushetkellä hälytyslistalla on 12 henkilöä, joilla on kokemusta metsäkoneen käytöstä. Metsäkoneenkuljettajat ovat saaneet myös käyttökoulutuksen koneiden kuljettamisesta ja ajamisesta. Etelä-Savon Koulutus Oy on laatinut sopimuksen kyseisten henkilöiden soveltuvuudesta käyttää ESEDUN metsäkoneita. (Seppo Lokka, sähköpostiviesti 13.6.2020)

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 5.1 Olosuhteet

Opinnäytetyön aiheen ollessa sammutussäiliön käyttö ja soveltuvuus metsäpalojen sammuttamiseen olennaisena tutkimuksen teossa ja vastausten saamisessa oli testata metsäkonetta ja sammutussäiliötä oikeassa ympäristössä. Ensimmäiset testaukset koneen toiminnan osalta tehtiin ESEDUn metsäkoulutusyksikön koulutusalueella, jossa sijaitsee laaja harjoituskenttä ja luonnonvesilähde. Tutkimuksen edetessä vastaan tuli monen tyyppistä maastoa turvesuon ja kivikkoisen hakkuualueen väliltä.

### 5.2 Testaus

Maaliskuussa 2019 säiliön suunnittelu oli jo loppusuoralla ja huhtikuussa aloitettiin säiliön valmistus Virtasalmella. Toukokuun loppupuolella säiliö kuljetettiin Iisalmelle Ponsse Oy:n tehtaalte, jossa säiliöön asennettiin painepumppu, vesitykki ja imupumppu sekä tehtiin tarvittavat hydraulikka- ja sähköasennukset. Samaan aikaan oli ajatuksena tässä vaiheessa saada pelastuslaitokselta henkilöstöä testaamaan kaluston toimivuutta. Maaliskuussa oli jo suunnitteilla myös koneen ensimmäisiä testauksia maastossa. Toukokuun puolenvälin ja juhannuksen välisenä aikana oli tarkoitus kulottaa maastoa Hirvensalmella Vänkkäänsuolla ja Viitasaarella, joissa koneella päästäisiin todelliseen käyttöympäristöön. Suunnittelussa oli mukana henkilöstöä pelastuslaitokselta, MetsäGroupilta sekä Metsähallituksesta. Myös muita mahdollisia kulotuskohteita selvitettiin.

Kulotuksen aikana oli tarkoitus testata myös Xpyro Oy:n kehittämän palonestoaineen levittämistä käyttäen sammutussäiliötä ja siinä olevaa pumppua ja vesitykkiä. Keski-Suomen pelastuslaitos kuljettaisi aineen Valkeakoskelta ja palonestoainetta levitettäisiin sammutussäiliötä käyttäen kulotusalueella Viitasaarella. Lisäksi keskusteluissa oli suunnitelmia täydennuskoulutuksen järjestämisestä metsäkoneenkuljettajille, jolloin kouluttaja toimisi ESEDUn metsäkoulutusyksikön opettaja.

Toukokuussa säiliöön oli saatu asennettua suunnitellut toiminnot eli pumppu, vesitykki ja imupumppu. Suunniteltu ensimmäinen testaus kulotuksen yhteydessä jouduttiin siirtämään sateisen kevään takia useasti, koska maaston ollessa märkä kulotusta ei pystytty järjestämään. Metsäkone ja säiliö yhdistettiin kuitenkin ensimmäistä kertaa ja projektista tiedotettiin toukokuun lopulla.

Kesäkuun puolivälissä päästiinkin itse asiaan. Ensimmäinen testauspäivä järjestettiin Mikkelissä ESEDUn metsäkoulun koulutusalueella, jossa käytettävissä oli laaja harjoituskenttä ja lähistöllä oleva vesistö antoi myös mahdollisuuden testata säiliön täyttöä imupumpulla. Säiliö kuljetettiin paikalle pelastuslaitoksen lavalla. Säiliön siirto metsäkoneen kuormatilaan pankkojen väliin vaati tarkkaa suunnittelua, koska metsäkoneen puomin pituus oli rajallinen ja sekä säiliön paino että metsäkoneen nostovoima tuli ottaa huomioon. Parhaimpana keinona todettiin metsäkoneen ja lavan sijoittaminen vierekkäin, jolloin puomissa riitti tehoa nostaa säiliö paikalleen. Myös säiliön asettelu pankkojen väliin oikealle paikalle oli tarkkaa, jotta säiliön sivulla olevat paineliittimet eivät rikkoontuisi. Kuvassa 21 säiliötä ollaan siirtämässä siirtolavalta kuormatilaan. Säiliön siirto kuormatilaan onnistui 13 minuutissa. Nopea siirto vaatii kuitenkin aluksi sen, että nostossa käytettävät ketjut oli asennettu siihen pituuteen, että säiliö pysyi tasapainossa. Säiliön kiinnitettiin kuormatilaan kuormankiristäjillä eli vanteilla kuvan 22 mukaan, mutta koska yhdistelmää ei oltu aikaisemmin testattu maasto-olosuhteissa, varmistettiin säiliön paikallaan pysyminen vielä kuormaliinoilla.



KUVA 21. Säiliön nosto kuormatilaan



KUVA 22. Säiliön kiinnitys

Ensimmäinen ongelma käytön suhteen ilmeni testattaessa pumpun kauko-ohjaimen toimintaa. Lähettimen ja pumpun välille ei syntynyt yhteyttä, joten kauko-ohjaimen käyttö oli hyvin epävarmaa. Lopulta kauko-ohjain saatiin toimimaan ja testausta päästiin jatkamaan. Seuraavana oli vuorossa säiliön täyttö koneen mukana kulkevalla imupumpulla. Testaus tapahtui järvenrannalla, johon vei jyrkkä metsäautotie mutta yhdistelmällä ei ollut vaikeuksia kul-

kea tätä reittiä kuten kuvasta 23 käy ilmi. Imupumppu nostettiin järveen puomin avulla kuvan 24 mukaisesti ja ainoa hidastava tekijä oli imupumpun hydraulikkaletkujen liittäminen metsäkoneeseen, mikä koettiin hankalaksi ja aikaa vieväksi. Tähän ongelmaan ehdotettiin pikaliitintä. Kuvassa 25 näkyy pumpun täyttöletkun kiinnitys säiliön päällä olevassa täyttöputkessa, jonka vuoksi säiliön täytön yhteydessä kuvan 26 mukaisesti letku jouduttiin laskemaan alas ennen täyttöä ja täytön jälkeen nostamaan ylös säiliön päälle. Tämä koettiin raskaana ja myös työturvallisuutta heikentävänä seikkana. Korjausehdotuksena nousikin esille jäykkä täyttöputki tai lyhyempi täyttöletku sekä säiliön täyttöliittimen sijainnin muuttaminen säiliön sivulle. Itse säiliö täyttyi ensimmäisessä testissä 6,5 minuutissa. Harjoituskentällä jatkettiin testausta vesitykillä, joka toimi odotusten mukaan ja testissä säiliön vesi riitti kastelemaan noin 150 m pituudelta maastoa. Tähän kului aikaa noin 6 minuuttia. Kuvassa 27 ja 28 on nähtävillä tykin testausta harjoitusalueella.



KUVA 23. Säiliön vienti vedenottopaikalle



KUVA 24. Imupumpun siirto järveen



KUVA 25. Säiliön täyttöputki



KUVA 26. Täyttöletkun nosto säiliön päälle



KUVA 27. - 28. Ensimmäinen testi vesitykillä

Testipäivän tuloksena oli toimiva yhdistelmä. Kyseisenä päivänä Taipalsaarella Etelä-Karjalassa oli käynnissä sammutustyöt turvesuolla, ja tämän vuoksi yhdistelmä lähti avuksi sammutustöihin. Säiliö kuljetettiin pelastuslaitoksen lava-autolla ja metsäkone lavetilla kohteeseen, jossa ne taas yhdistettiin. Illan ja yön aikana sammutussäiliön toimintojen testausta jatkettiin todellisissa olosuhteissa ja näin saatiin jo runsaasti hyvää käyttökokemusta prototyypistä. Kuvassa 29 on käynnissä sammutussäiliön nosto kuormatilaan turvesuolla ja kuvassa 30 turveaunaa kastellaan vesitykin avulla.



KUVA 29. - 30. Taipalsaari

Seuraavana aamuna pikaisen lepotauon jälkeen palattiin takaisin jatkamaan sammutustöitä ja testausta. Nyt oli vuorossa XPyro Oy:n kehittämän palontorjunta-aineen levittämisen testaus sammutussäiliötä ja vesitykkiä käyttäen. Aine tuotiin paikalle IBC (tilavuus 1000 litraa) -konteissa, joita oli 11 kpl. Ensimmäisenä ajatuksena oli siirtää aine moottoriruiskulla säiliöön mutta se ei kuitenkaan onnistunut moottoriruiskun mennessä jumiin. Ainoa tapa saada aine säiliöön oli nostaa kontit yksi kerrallaan metsäkoneen puomilla säiliön päälle ja tätä kautta tyhjentää säiliöön kuvien 31 ja 32 mukaisesti. Säiliön täyttäminen kyseisellä tavalla

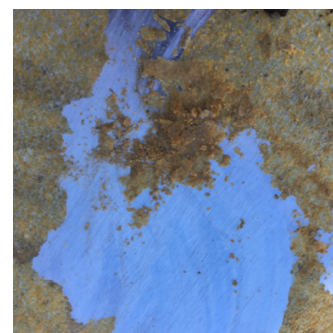
oli hidasta ja kesti 2 tuntia. Säiliön täytyttyä siirryttiin turvekentälle kokeilemaan aineen levittämistä kuten kuvasta 33 näkyy. Melko pian huomattiin vesitykin suihkun heikkenevän ja aineen tulevan läpi pumpun pesästä, joten testaus keskeytettiin. Pelkona oli, että aine kuivutessaan (kuva 34 ja 35) tukkisi tykin ja vaurioittasi pumppua.



KUVA 31. - 32. Palontorjunta-aineen siirto ja tyhjennys säiliöön



KUVA 33. Palontorjunta-aineen levittäminen vesitykillä



KUVA 34. - 35. Palontorjunta-aine pumpassa ja säiliön pinnalla



Näiden muutaman päivän testausten jälkeen todettiin yhdistelmän toimivan ja näin ollen laadittiin ohjeistus metsäkoneen ja sammutussäiliön käyttöönotosta hälytystehtäville. Samalla kansioon koottiin kuvalliset ohjeet henkilöstölle lavan siirrosta, pumppujen ja tykin käytöstä ja muita huomioitavia asioita (liite 1). Ohjeistuksena kesällä 2019 oli hälyttää ennalta tehdyn sopimuksen mukaan metsäkoneyrittäjä, joka toisi metsäkoneen kohteeseen, ja pelastuslaitos kuljettaisi säiliön paikan päälle.

Juhannuksen jälkeen suoritettiin vielä yksi testaus ja samalla annettiin koulutusta sopimuspalokuntalaisille Hirvensalmen Vänkkäänsuolla kulotuksen yhteydessä. Pumpun kauko-ohjaimen toiminnassa ilmeni taas ongelmia, ja tämän vuoksi koettiin, että sen aktivointi täytyisi saada helpommaksi. Koska kauko-ohjaus ei toiminut, pumppua ja vesitykkiä käytettiin nyt manuaalisesti tykin varressa olevasta käyttöpaneelista. Kuvan 36 mukaisesti vesitykin käyttäjän täytyi olla tästä syystä säiliön päällä, ja tämä herätti ajatuksia työturvallisuudesta. Sammutussäiliöstä oli myös mahdollisuus tehdä selvitys sivuilla olevista paineliittimistä, ja näin ollen testattiin sammuttamista käyttäen työjohtoselvitystä (kuva 37). Koska tulopainetta ei voitu säätää alemmaksi, sammuttaja koki suihkun liian raskaaksi käsitellä. Tämä otettiin huomioon palautteessa, jotta tulevaisuudessa paineensäätö olisi mahdollista. Säiliön täyttöä testattiin myös työjohton avulla, ja tähän kului aikaa 20 minuuttia.



KUVA 36. - 37. Testausta Hirvensalmen Vänkkäänsuolla

Heinäkuussa 2019 laadittiin lista muutettavista seikoista, jotka tulivat esille testausten sekä käyttökokemuksen myötä. Korjaukset ja muutostyöt tehtäisiin tulevana talvena. Suunnitelmissa oli myös säiliön käyttökoulutuksen järjestäminen pelastuslaitoksen työvuoroille sekä

sopimuspalokunnille. Testauksen painottuessa kesän aikana metsäkoneen ja sammutussäiliön käyttämisestä itse sammutustyöhön jäi suunniteltu testi selvitysten tekemisestä pois. Ajatuksena olikin sen tekeminen myöhemmin syksyllä.

Tammikuussa 2020 työsuojeluviranomainen teki työsuojelutarkastuksen säiliön käytöstä ja esiin nousi muutamia kysymyksiä. Työskentely säiliön päällä aiheutti putoamisvaaran mutta tähän löytyi ratkaisuksi turvaljaat. Ponsse Oy:n edustaja (Jukka Tossavainen, sähköpostiviesti 14.1.2020) nosti esille metsäkoneen ohjaamossa olevien henkilöiden sallitun lukumäärän sekä tarvittavan turvaetäisyyden sammuttajan ja metsäkoneen välillä. Kesällä 2019 testattiin vesitykin käyttöä ohjaamosta mutta tämä koettiin hankalaksi ohjaamon ahtauden ja huonon näkyvyyden vuoksi. Parhaana tapana koettiin sammuttajan kulkeminen koneen perässä tai sivulla, jolloin näkyvyys sammutettavaan kohteeseen oli hyvä. Turvaetäisyyttä koneeseen ei määritelty, vaan tämä tuli sammuttajan ottaa huomioon työskennellessään koneen läheisyydessä niin vesitykkiä käytettäessä kuin imupumppua siirrettäessä puomin avulla. Työturvallisuus huomioitiin myös ohjeistamalla VHF-radioiden käyttämisestä sammuttajan ja metsäkoneen kuljettajan välillä.

Talven 2020 aikana säiliöön oli tehty kouru vedenpehmenneaineen lisäämiseksi sekä uusi säiliöntäyttöventtiili, jonka sijainti oli muutettu säiliön taakse. Säiliön päälle toiselle sivulle oli asennettu turvaljaille kiinnityspiste. Kesän alussa 2020 metsäkone ja säiliö hälytettiin metsäpalojen sammutukseen Anttolaan ja Pieksämäelle (kuva 38 ja 39), joissa säiliö toimi moitteettomasti. Kesäkuussa järjestettiin vielä käyttökoulutus sopimuspalokuntalaisille, joilla on koulutus ja kokemusta metsäkoneen käsittelystä. Kyseinen ryhmä saikin hälytyksen kesäkuun lopulla turvesuon sammutukseen, jossa tuli nyt kokemusta metsäkoneen ja säiliön yhdistelmän käytöstä.



KUVA 38. - 39. Sammutustehtävillä Anttolassa ja Pieksämäellä

Palautteen mukaan yhdistelmä toimi hyvin tilanteessa ja käyttäjät olivat tyytyväisiä käytettyyn tekniikkaan. Muutama asiaan toivottiin kuitenkin muutosta: painepumpun kauko-ohjaimen kytkin ja täyttöletkun pituus. Kauko-ohjaimen käytössä huomattiin sama ongelma kuin edellisellä kesänäkin, eli kytkintä joutui painamaan koko ajan. Täyttöletku koettiin liian pitkäksi ja sen lyhentämistä ehdotettiin. Kohteessa olleen pelastustoiminnan johtajan palautteen mukaan (Jarmo Immonen, sähköpostiviesti 29.6.2020) kone on tehokas työkalu myös turvetuotantoalueilla, mutta jotta metsäkone ei aiheuttaisi lisää palonalkuja, metsäkoneesta on poistettava telat ja ketjut.

### 5.3 Tulosten analysointi

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa, erityisesti kenttätutkimuksissa, joissa aineisto kerätään monissa vaiheissa ja usein rinnakkaisesti eri menetelmin (haastatteluin ja havainnoiden), analyysia ei tehdä vain yhdessä tutkimusprosessin vaiheessa vaan pitkin matkaa. Aineistoa siis analysoidaan ja kerätään osittain samanaikaisesti. (Hirsjärvi ym. 2007, 218.)

Tämä oli ajatuksena jo työtä aloittaessani ja kenttätutkimuksen aikana. Analyysia täytyi tehdä koko ajan ja miettiä, soveltuuko testattu ominaisuus käytäntöön tai onko siinä mahdollisesti jotain parannettavaa. Prototyyppi oli suunniteltu eri ajatusten ja ideoitten siivittämänä mutta vasta käytäntö antoi selvemmat vastaukset käytettävyydestä. Testauksien aikana ajatuksia, kommentteja ja kokemuksia kirjattiin ylös ja näistä saatiin kerättyä työlistaa, jonka pohjalta säiliöön ja sen toimintaan tehtiin muutoksia.

”Laadullisessa tutkimuksessa aineiston runsaus ja elämänläheisyys tekevät analyysivaiheen mielenkiintoiseksi ja haastavaksi” (Hirsjärvi ym. 2007, 220). Aineistona oli suuri määrä kuvamateriaalia (505 kpl) ja muistiinpanoja. Työryhmän ollessa moniammatillinen näkökulmia ja ajatuksia syntyi runsaasti. Analyysin teossa tietyn ammattiryhmän läsnäolo antoi täsmällisiä vastauksia niistä asioista, joista minulla ei ollut tietoa. Testauksissa ja myös hälytystehtävissä toimin pääsääntöisesti sammuttajan roolissa, ja näin ollen testaus sekä aineiston kerääminen oli hyvin käytännönläheistä. Näin omilla kokemuksillani oli suuri paino analyysin tekemisessä. Koska kesään 2020 mennessä säiliön toiminnallisuuden arviointia oli tullut suurimmaksi osaksi vain omasta käyttökokemuksesta, oli tarpeen saada myös muilta käyttäjiltä mielipiteitä säiliön ja siihen liittyvän materiaalin toimivuudesta. Näin ollen aineistoa kerättiin ja analyysiä tehtiin aivan kesäkuun 2020 loppuun asti.

## 6 TUTKIMUSTULOKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia sammutussäiliön prototyypin käyttöä ja hyödynnettävyyttä metsäpalojen sammutuksessa. Testauksen aikana ja työtehtävillä (hälytyksillä) saatiin vastauksia ja kokemusta myös muihin kuin kaluston käytettävyyteen. Sammuttajan, metsäkoneen kuljettajan ja pelastustyön johtajan yhteistyö korostui hälytystehtävillä. Luonnollisena osana testauksen aikana verrattiin sammuttajan fyysistä kuormitusta. Metsäkoneita ei nyt testattu runkolinjan selvityksen teossa, vaikka tästä oli ajatusta työn alussa mutta kokeilun aikana selvisi hyvinkin nopeasti koneen helpottavan sammuttajan työtä.

Metsäkoneen kyky kulkea haastavassakin maastossa antaa hyvän edun sammutustekniikan viemisestä lähemmäs kohdetta. Säiliössä olevan imupumpun takia pystytään työskentelemään hyvinkin itsenäisesti, jos kohteessa luonnonvesilähde käytettävissä kohtuullisen matkan päässä. Sammutusominaisuuksien lisäksi yhdistelmä toimisi kaluston kuljettamisessa ja letkuselvitysten tekemisessä, jolloin saataisiin vähennettyä sammuttajien fyysistä rasitusta.

Metsäkoneen kuljettajan, sammuttajan ja pelastustyön johtajan onnistuneessa yhteistyössä tärkeää on luonnollisesti pelastustyön johtajan näkemys palon etenemisestä ja sen rajaamisesta. Jos palon alkuvaiheessa reagoidaan nopeasti palon suuruuteen tai mahdolliseen leviämiseen, voidaan metsäkone ja sammutussäiliö saada paikalle hyvinkin nopeasti. Myös pelastustyön johtajan ennakkoluulottomuus sammutussäiliön hälyttämisestä ja käytöstä voi johtaa hyvään lopputulokseen. Sammutussäiliön ja metsäkoneen käyttöä ei tarvitse rajata pelkästään metsäpalojen sammutukseen. Kesällä 2020 saatiin vielä lisää kokemusta turvetuon sammutustehtävästä, josta pelastustyön johtaja antoi palautetta seuraavasti:

*”kohteessa käytettiin myös pelastuslaitoksen metsäpalojensammutusmetsäkoneita, kaikkiaan viisi koneen kuljettajaa saapui paikalle. Metsäkoneella toteutettiin jälkisammutusta kolmen säiliön verran, kahdessa säiliössä käytettiin MäntyEko vedenpehmentintä, 0,1 %:n ja 0,2 %:n seossuhteilla. Metsäpalojensammutusmetsäkone on tehokas työkalu myös turvetuotantoalueilla, metsäkoneesta on tällöin poistettava telat ja ketjut, ettei kone itse aiheuta uusia syttymiä.”*

Huolimatta siitä, että metsäkone suoriutuu vaikeastakin maastosta, on oleellista tietää, mihin yhdistelmä voidaan ajaa. Yhteydenpito kuljettajan, sammuttajan ja pelastustyön johtajan vä-

lillä on ensisijaisen tärkeää, jotta resurssit saataisiin kohdistettua oikeaan paikkaan. Metsäkoneenkuljettajalla on paras tieto ja taito hahmottaa koneen kyky suoritua haastavastakin maastosta, jotta työskentely olisi tehokasta ja turvallista. Sammutussäiliön käyttökoulutuksessa ollut metsäkoneenkuljettaja tiivistikin ajatuksen yhteen lauseeseen:

*”Vaatii kuljettajalta tietynlaista hahmottamista, että minkä kokoisen reiän esimerkiksi tuon kokoinen vehje tarvitsee männäkseen ja tietynlaista hahmottamiskykyä etenkin etäisyyksien puolesta mitä saa tuhottua milloinkin kouralla tai sitten tykillä”*

Säiliön koko oli mitoitukseltaan juuri sopiva kuormatilaan. Säiliön siirrossa tuli kuitenkin huomioida säiliön maksimi paino, jonka metsäkone pystyy puomilla siirtämään. Siirrossa oli huomioitava myös, että säiliö oli täysin tyhjä vedestä. Rakenteessa oli huomioitu veden pääsy pois säiliöstä, jos kuormatila sattuisi jostain syystä kaatumaan. Säiliö on päältä avoin, jolloin vesi pääsee valumaan pois säiliöstä. Säiliön tilavuus koettiin hyväksi. Testattaessa veden riittävyyttä vesitykillä vettä riitti noin 150 metrin matkalle. Arvioituna ala olisi noin 600 m<sup>2</sup> - 750 m<sup>2</sup> riippuen suihkukulmasta. Jos säiliöstä tehdään työjohtoselvitys, vesi riittää huomattavasti pidempään. Etuna vesitykillä sammuttamiseen tai rajaamiseen on kuitenkin se, että kerralla saadaan katettua huomattavan iso ala.

Metsäkoneen puomin paikka ajon aikana koettiin haastavaksi. Puomi täytyisi saada ajettua säiliön päälle niin, ettei säiliön rakenteeseen tule vaurioita. Puomin päässä oleva irrallaan heiluva koura aiheutti haittaa ajon aikana. Asia on korjattu rakentamalla puomille tukirauta, johon puomi saadaan ajon ajaksi ja kouran heiluminen estetään kiinnittämällä se liinalla säiliön rakenteeseen. Vaihtoehtona olisi myös rakentaa koppa tai teline kouralle.

Säiliön takaosaan rakennettiin taittavat tikkaat, jotta kulku säiliön takaosassa olevalle tasolle olisi helpompaa. Käytössä kuitenkin huomattiin niiden rikkoontuvan herkästi ja kiinteistä tikkaista luovuttiin. Niiden tilalle onkin suunnitteilla normaali irtotikas, jossa riittää pituutta kiipeämiseen niin säiliön takaosan tasolle (astinlauta) kuin myös säiliön päälle. Tikkaita voidaan säilyttää säiliön alla kuormatilassa, jolloin ne ovat tarvittaessa käytettävissä.

Painepumppu koettiin tehokkaaksi ja helppokäyttöiseksi. Ainoa käytössä ilmennyt epäkohta oli kauko-ohjaimen käyttövarmuus, koska sen päälle kytkeminen vaati monta yritystä. Myöhemmin asennetulla lisäantennilla saatiin lähettimen kantamaa pidemmäksi ja varmemmaksi. Kauko-ohjaimen akku on myös syytä vaihtaa säännöllisesti, jotta toimintavarmuus

säilyy. Tästä syystä ajokoneen ohjaamossa täytyy pitää vara-akku latautumassa ajon aikana. Myös itse käyttökytkimen pitäminen pohjassa käytön aikana koettiin vaikeaksi jo ensimmäisessä testauksessa mutta korjausta tähän asiaan ei ole vielä löydetty. Vesitykkiä käytettäessä paine on sopiva mutta työjohtoselvitystä käyttäessä paine koettiin liian korkeaksi, jotta työjohtoa olisi miellyttävää käsitellä. Toivottavasti jatkossa tämäkin asia saadaan korjattua.

Imupumppu todettiin hyväksi ja tehokkaaksi, kun säiliö täytetään luonnonvesilähteestä. Vettä voidaan ottaa suhteellisen pienestäkin vesilähteestä, kunhan se on ehtymätön. Pumppuun liitettävä täyttöletku oli ensimmäisessä testauksessa kiinnitetty säiliön päällä olevaan täyttöputkeen. Tämän vuoksi letku ja siinä kiinni oleva liitin jouduttiin laskemaan alas ennen täyttöä ja nostamaan takaisin säiliön päälle täytön jälkeen. Menetelmä koettiin raskaaksi ja myös työturvallisuutta heikentäväksi putoamisvaaran takia. Ratkaisuksi tähän ongelmaan säiliöntäyttöyhteys rakennettiin uudestaan säiliön takaosaan, jolloin letku ei ole kiinteästi säiliössä vaan se liitetään säiliöntäyttöyhteyteen säiliötä täytettäessä. Säiliö pystytään toki täyttämään myös säiliön etupuolella olevan tyhjennysventtiilin kautta.

Täyttöletkun koosta annettiin paljon palautetta. Se koettiin hankalaksi käsitellä kokonsa puolesta ja tämän vuoksi sen lyhentämistä ehdotettiin. Tätä ei kuitenkaan suositeltu tehdä, koska aina säiliötä ei saada ajettua ”ihanteellisesti” luonnonvesilähteen ääreen ja letkussa täytyisi olla työvaraa, jotta se varmasti riittäisi säiliölle asti. Täyttöletku tarvitsee nyt myös muunnosliittimen, jotta 4 tuuman liitin saadaan liitettyä 3 tuuman liittimeen. Huollon yhteydessä huomattiin täyttöletkun epäkäytännöllisyys: nyt sitä on vaikea pestä ja koeponnistusta ei pysty lainkaan tekemään. Tästä syntyi ajatus ottaa käyttöön 3 tuuman letku. Imupumppuun liitettävään liitinosaan pystyttäisiin mahdollisesti istuttamaan 3 tuuman kynsiliitin, johon saadaan liitettyä 76 mm letku. Näin ei oltaisi yhden täyttöletkun varassa vaan letkun rikkoutuessa saataisiin tilalle heti uusi. Myös pesu ja koeponnistus onnistuisi normaalilla tavalla.

Imupumpun hydraulikkaletkujen liittäminen tuotti hankaluuksia sijainnin ja letkuissa olevan paineen vuoksi. Asiasta annettiin palautetta, ja nyt hydraulikkaletkut saadaan liitettyä pikaliittimen ansiosta helposti myös paineisena.

Vesitykki toimii testauksen alusta alkaen hyvin, ja sen käyttäminen oli yksinkertaista. Vesitykillä on laaja toimintasäde ja suihkukulmaa voidaan säätää portaattomasti. Tämä antaa mahdollisuuden veden suihkuttamisen pitkällä kantamalla tai leveämmällä suihkulla laajemmalle alalle.

Paineliittimet säiliön molemmilla sivuilla antavat mahdollisuuden selvitysten tekoon silloin, kun vesitykkiä ei ole tarpeen käyttää. Liittimistä voidaan selvittää 76 mm runkolinja jakoliittimen kanssa ja edelleen työjohtoselvitykset tai suoraan työjohtoselvitykset aina tarpeen mukaan.

Palonestoaineen levittämistä säiliön avulla ei sen sijaan suositeltu testauksessa ilmenneiden seikkojen vuoksi. Palautteena tästä ehdotettiin mahdollista erillisen kemikaalipumpun (Keijo Mäkelä, sähköpostiviesti 16.6.2019) tai kastelulaitteen liittämistä säiliöön.

Koska kaikkia mahdollisia säiliön käyttäjiä ei ollut mahdollista kouluttaa, laadittiin kuvalliset ohjeet säiliön toiminnoista ja muista seikoista, joita tulisi eteen käytön yhteydessä. Vuoden aikana käyttöohjeet päivitettiin usean kerran aina sitä mukaan, kun toimintoja korjattiin tai jotain uutta tuli esille. Tästä tuli myöskin myönteistä palautetta eli käyttöohjeet koettiin hyväksi ja toimivaksi. (Liite 1.)

Testauksen kohdistuessa säiliön teknisiin ominaisuuksiin ja käyttöön palon sammuttamiseen tai rajaamiseen ei varsinaista testiä sammuttajan kuormituksesta ajan puutteen takia pystytty tekemään. Ideana oli selvittää runkolinja sekä käsin että ajokoneen avulla ja tätä myöten tutkia sammuttajan fyysistä rasitusta ja ajokoneen antamaa helpotusta tähän seikkaan. Ajatuksena kuitenkin on ajokoneen ja säiliön käyttäminen runkolinjan levittämiseen, jolloin sammutustyössä olevan henkilöstön fyysistä kuormitusta saataisiin vähenemään. Projektissa oli koko ajan mukana pelastusalalla jo pitkään olleita henkilöitä, joilla oli kertynyt vankka kokemus metsäpalojen sammutuksesta ja siihen kuuluvasta kovasta fyysisestä rasituksesta. Tältä osin saatiin hyvää vertailupohjaa siihen, kuinka metsäkone ja säiliö helpottivat työtä. Nopeasti tuli selväksi, että metsäkoneen perässä kulkeminen ja palon sammuttaminen tai rajaaminen kauko-ohjainta käyttäen oli huomattavasti kevyempää kuin paineistettujen työjohtojen veto epätasaisessa maastossa. Sammutussäiliön toimiessa eräänlaisena säiliöautona maastossa voidaan siitä tehdä selvitykset ilman pitkiä letkuselvityksiä. Tällöin ajokonetta liikuttamalla päästään optimaaliselle sammutusetäisyydelle ja sammuttajan raskas ”letkunveto” helpottuu. Myös pääjohtoselvitykset voitaisiin pitää lyhyempänä.

## 7 POHDINTA

### 7.1 Tavoitteen saavuttaminen

Pelastusjohtaja Seppo Lokan esitellessä aihetta ja kysellessä kiinnostusta opinnäytetyön tekemiseen en ollut heti vastaanottamassa työtä ja mietinkin asiaa pari kuukautta. Tutustuttuani aiheeseen lupauduin mukaan projektiin ja samalla sitouduin tekemään aiheesta opinnäytetyön. Aiheen kannustavana ja innostavana puolena oli nimenomaan sen käytännönläheisyys ja se, että pystyin hyödyntämään omaa ammattitaitoa ja työkokemusta. Työelämässä oli karttunut kokemusta metsäpalojen sammuttamisesta ja tiesin niiden olevan pitkäkestoisia ja raskaita olosuhteiden takia. Metsäpalojen sammuttamiseen käytettävästä kalustosta on tehty ainakin yksi opinnäytetyö mutta tämä on keskittynyt perinteisin menetelmin käytettävään kalustoon ja menetelmiin. Koska nyt kyseessä oli aivan uudenlainen prototyyppi, tiesin työn antavan uuden näkökulman sammutustyöhön.

Tavoitteena oli siis tutkia prototyypin käytettävyyttä ja hyödynnettävyyttä metsäpalojen sammuttamisessa. Hirsjärven ym. (2007, 160) mukaan laadullisen tutkimuksen toteutuksessa tyypillisiä piirteitä ovat joustavuus ja suunnitelmien muuttaminen olosuhteiden mukaisesti. Työn pääpainon kallistuessa säiliön toimintojen kehittämiseen ja testaukseen jäi osa suunnitellusta testistä henkilöstön kuormituksen osalta tekemättä. En kokenut tätä kuitenkaan haittana vaan sopeuduin siihen, että työn edetessä suunnitelmia joutuu muuttamaan. Testauksen ja myös hälytystehtävien ohessa muitakin keskeisiä kysymyksiä käytiin läpi. Metsäkoneen kuljettajan, sammuttajan ja pelastustyön johtajan yhteistyö on keskeisellä sijalla, jotta sammutussäiliöstä saadaan hyöty irti palopaikalla. Sammuttajan fyysisen rasituksen suhteen säiliön käytöstä saatiin hyviä kokemuksia.

### 7.2 Keskeiset tulokset ja käytettävyys sekä jatkohankkeet

Laadullinen tutkimus on luonteeltaan kokonaisvaltaista tiedonhankintaa ja aineisto kootaan luonnollisissa, todellisissa olosuhteissa (Hirsjärvi ym. 2007, 160). Tutkimuksen onnistumisen ja prototyypin rakenteen ja toiminnan selvittämisessä ei olisi tietenkään ollut muuta mahdollisuutta kuin testata siinä toimintaympäristössä, jossa sen on tarkoitus toimia. Koska ideana oli rakentaa metsäkoneen ja sammutusominaisuuksilla täydennetyt säiliön yhdistelmä, joka voidaan viedä hyvinkin vaikeisiin maasto-olosuhteisiin, maastojen monipuolisuus kokeilujen ja myös hälytystehtävien muodossa oli tärkeää. Projektin edetessä nousi esiin monia muita huomioon otettavia seikkoja opinnäytetyön kokonaisuutta ajatellen. Pelkkä säiliön sammutusominaisuuksien tarkastelu ei riittänyt. Tehokkaan käytön kannalta



oleellista on sammutussäiliön oikea- aikainen ja helppo hälyttäminen, mikä korostuu pelastustyön johtajan toimenkuvassa ja näkemyksessä säiliön käytöstä kohteessa. Metsäkoneenkuljettajan ja sammuttajan yhteistyö on olennaista, jotta voidaan työskennellä tehokkaasti ja turvallisesti.

Mielestäni tällä hetkellä käytössä oleva prototyyppi on toiminnaltaan hyvä. Säiliöstä saatiin karsittua testauksen yhteydessä epäkäytännölliset toiminnot ja rakenteet. Pumpun ja vesitykin käyttäminen on yksinkertaista ja mukana oleva imupumppu sallii säiliön täyttämisen kohteessa olevasta luonnonvesilähteestä, jolloin vesihuolto ei ole tuontiveden varassa. Vesitykkiä käyttämällä saadaan kerralla huomattavasti suurempi ala sammutettua tai rajattua, kuin jos käytössä olisi pelkkä työjohto. Jos luonnonvesilähdettä ei ole saatavilla, säiliöajo voi hidastaa säiliön täyttämistä. Tässä olisikin mietittävää vesihuollon järjestämisen yhteydessä. Koneella ei ole tarkoituksenmukaista lähteä hakemaan vettä tien laidalla olevasta säiliöautosta, jos matka sinne on pitkä, koska tämä vie edun jo saavutetusta hyödyistä. Säiliön täyttö voisi kuitenkin onnistua säiliöautoilta kohteeseen vedetyn runkolinjan kautta.

Metsäkoneen ja säiliön vienti lavetilla kohteeseen säästää aikaa siihen verrattuna, jos säiliö kuljetettaisiin erikseen lavalla ja kohteessa nostettaisiin kuormatilaan. Tämä vaatisi kohteessa myös tarpeeksi tilaa, jotta metsäkone ja lava saataisiin vierekkäin, jolloin säiliön siirto onnistuisi. Sammuttajan fyysistä rasitusta prototyyppi helpottaa siltä osin, ettei paineistettuja letkuja tarvitse vetää perässä.

Ajatuksia ajokoneen ja säiliön yhdistelmän käyttämisestä myös muuhun kuin sammutustoimintaan puhutteli koko projektin ajan. Mönkijöitä käytetään metsäpaloissa kaluston kuljetukseen mutta välillä tulee vastaan maastoa, joihin edes niillä ei ole mahdollista ajaa. Tällöin metsäkone ja siinä oleva kuormatila voisi toimia myös muun kohteessa tarvittavan kaluston siirtämisessä. Kuormatilan alla olevassa tyhjässä tilassa olisi mahdollista kuljettaa kalustoa palopaikalle tai ajokoneen avulla levittää letkuja maastoon. Myös palonestoaineen levittäminen säiliön avulla olisi kannattavaa, kunhan se onnistuisi ilman säiliössä olevan pumpun ja vesitykin käyttöä. Jatkohankkeena voisikin olla näiden muiden ominaisuuksien ideointi ja testaaminen.

### 7.3 Oma oppiminen

Itse opinnäytetyön tekeminen sujui aika lailla suunnitelmien mukaisesti. Aineiston kokoamisessa ei tullut ongelmia, ja kuvamateriaalia sekä muistiinpanoja kertyi runsaasti. Koska projektin edetessä keskusteluja ja suunnitelmia käytiin läpi sähköpostien kautta, oli näistä helppo tehdä myöhemmin kirjoitusvaihetta ajatellen ”aikajana”. Tämä selvensi, mitä missäkin vaiheessa tehtiin ja miten projekti eteni. Kirjallisuutta työn tueksi löytyi kuitenkin hämmästyttävän vähän. Syynä tähän todennäköisesti on se, että metsäpaloja on sammutettu samoilla menetelmillä sekä tekniikalla jo pitkän aikaa ja tämä on koettu toimivaksi. Jotta prototyypin suunnittelu, rakentaminen ja testaus onnistui, vaati se monen asiantuntijan ja tekijän panosta aiheen ympärillä. Oli mukava nähdä, kuinka eri alojen asiantuntijat ja toimijat kokosivat ideoita yhteen ja ongelmatilanteiden edessä mietittiin ratkaisua.

Ajatuksena oli saada opinnäytetyö päätökseen keväällä 2020, mutta koska talven aikana säiliön toimintaan tehtiin muutoksia, jatkui työn tekeminen ja aineiston kerääminen vielä kesäkuulle. Tämä olikin lopulta hyvä asia, koska vielä kesäkuu 2020 aikana saatiin säiliön käytöstä kokemusta hälytystehtävillä ja palautetta muilta käyttäjiltä.

## LÄHTEET

Etelä-Savon pelastuslaitos. 2018. Metsäpalojen torjuntasuunnitelma.

Heikkilä, T., Jurvelius, M., Niemi, I., Nissinen, S., Soudunsaari, M., Valtoaho, T. 2000. *Metsäpalot*. Suomen pelastusalan keskusjärjestö. Tammer Paino Oy, Tampere.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. *Tutki ja kirjoita*. 2007. Otavan kirjapaino Oy. Keuruu.

Lindberg, H., Heikkilä, T., Vanha-Majamaa, I. 2011. *Suomen metsien paloainekset – kohti parempaa tulen hallintaa*. Vammalan kirjapaino Oy. Vantaa.

Metsäpalot. www-dokumentti. <https://www.metsakeskus.fi/metsapalot>. 10.7.2020

Pronto tietokanta.

Uusia palontorjunta-aineita maasto- ja metsäpalon hallintaan. www-dokumentti. <https://www.biotalous.fi/uusia-palontorjunta-aineita-maasto-ja-metsapalojen-hallintaan/> 10.7.2020

Veljekset Kulmala. TFT RC kauko-ohjattavat tykit. www-dokumentti. <https://www.veljeksetkulmala.fi/tuotteet/tft-rc-kauko-ohjattavat-tykit/> 16.6.2020

Vilka, H., Airaksinen, T. *Toiminnallinen opinnäytetyö*. 2004. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

## LIITTEET

Liite 1: Käyttöohje

## SAMMUTUSSÄILIÖ PÄIVITYS 25.6.2020



SÄILIÖ METSÄKONEESSA KIINNI ELI SÄILIÖTÄ EI NÄIN  
TARVITSE SIIRRELLÄ ERIKSEEN.

YHDISTELMÄ KULJETETAAN LAVETILLA KOHTEESEEN.

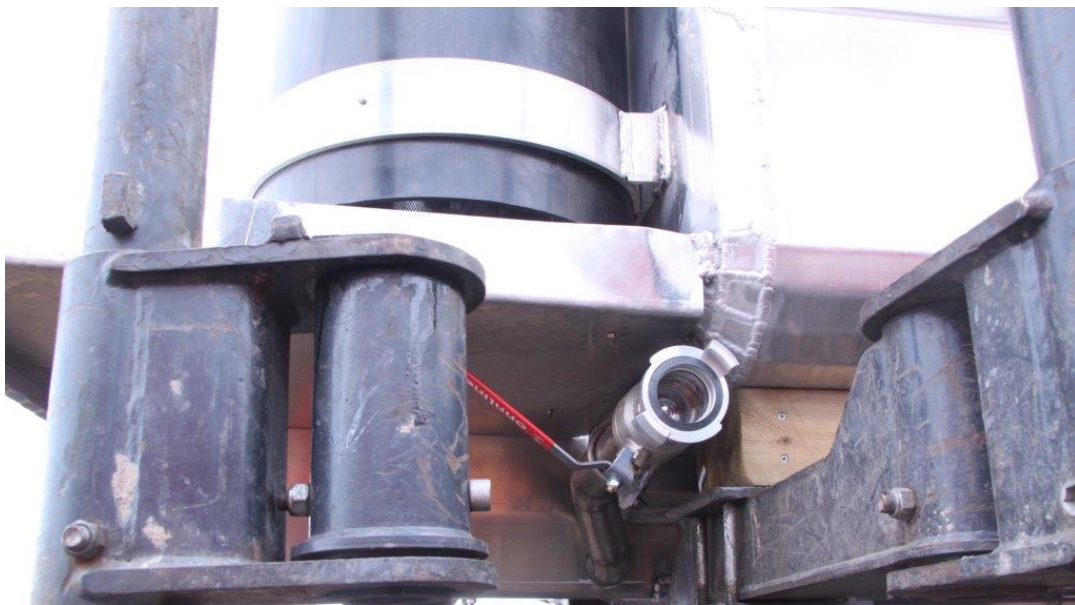
## SÄILIÖN SIIRTO LAVALTA / LAVALLE



- AJOKONE JA LAVA VIEREKKÄIN => (LAVAA EI VÄLTTÄMÄTTÄ TARVITSE LASKEA ALAS, SIIRTO ONNISTUU VAIKKA LAVA YLHÄÄLLÄ)



- POISTA KULJETUSTUET



- HUOMIOI SÄILIÖN ASETTELUSSA PAINESUOLEN LIITTI-  
MET



- SÄILIÖN KIINNITYS



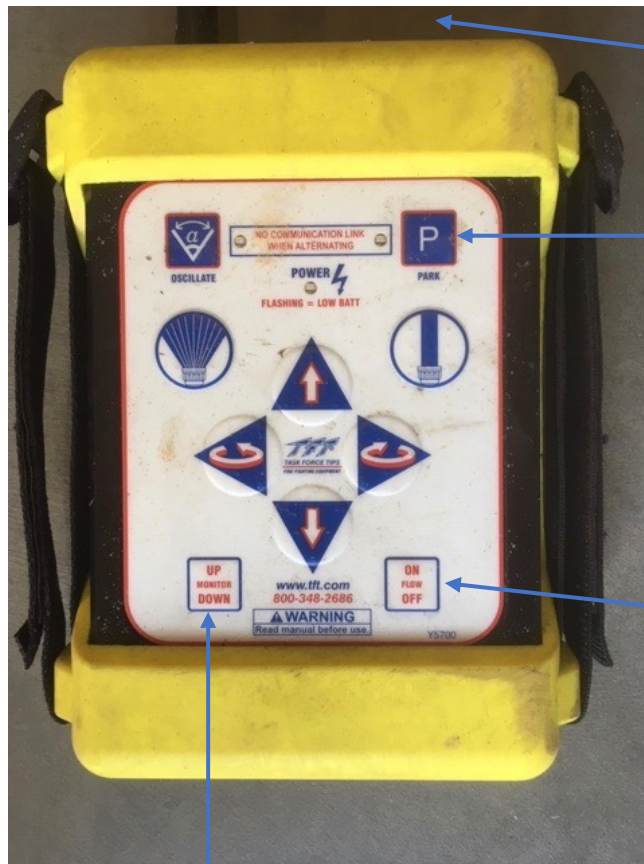
SÄILIÖN TYH-  
JENNYS

- SÄILIÖ TYHJENNETÄVÄ KOKONAAN ENNEN LAVALLE SIIRTOA!

=> AVAA VENTTIILIT SÄILIÖN MOLEMMISTA PÄISTÄ



# TYKIN KAUKO-OHJAUS



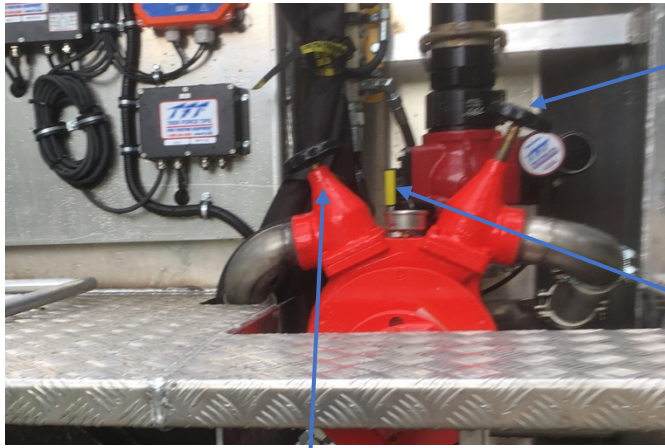
VIRTA PÄÄLLE

PAINA KERRAN => TYKKI  
"TELAKOITUU" ITSESTÄÄN  
=> KULJETUS-ASENTO

TYKIN VESIVENTTIILI  
AUKI / KIINNI

TYKKI YLÖS

JOS KAUKO-OHJAIN KÄYTTÄMÄTTÄ TIETYN AJAN, VIRTA KAT-  
KEAA => PAINA UUDESTAAN VIRTANAPPIA



VENTTIILI AUKI => VESI  
TYKKIIN

TYKILLE MENEVÄ VENT-  
TIILI AUKI => KELTAINEN  
LÄTKÄ PYSTYSSÄ

VENTTIILI AUKI => VESI PAINERUO-  
LLE => LIITTIMET 2 KPL SÄILIÖN SI-  
VULLA

JOS TYKISTÄ EI TULE VETTÄ VAIKKA PUMPPU PÄÄLLÄ => ILMA-  
LUKKO => AUKAISE PAINERUOLEN VENTTIILIÄ JA LASKE VETTÄ  
PAINERUOLEN YHTEESTÄ

## SÄILIÖN TÄYTTÖ IMUPUMPULLA

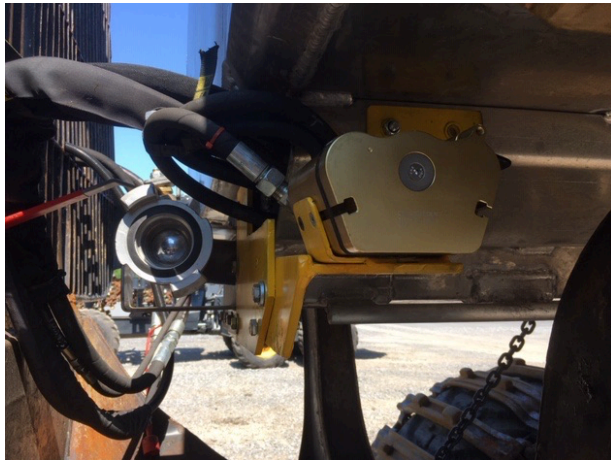


IMUPUMPUN HYDRAULIIKKA-  
LETKUN KULJETUSASENTO=>  
KIINNITYS NAUHALENKILLÄ

(HYDRAULIIKKALETKUN PI-  
TUUS 13,5 M)

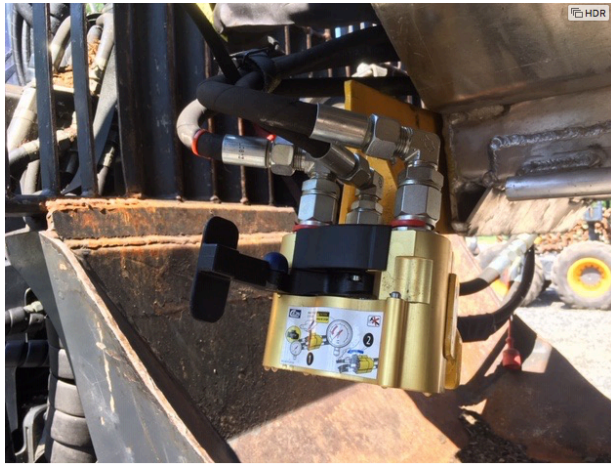


TÄYTTÖLETKU (PITUUS 20 M)  
=> VAATII MUUNNOSLIITTI-  
MEN (3"/4") LETKUN JA SÄI-  
LIÖNTÄYTTÖYHTEEN VÄ-  
LILLE



IMUPUMPUN HYD-  
RAULIIKKALETKU-  
JEN PIKAKIINNITYS

LIITTÄMINEN ONNIS-  
TUU MYÖS PAINELI-  
SENA

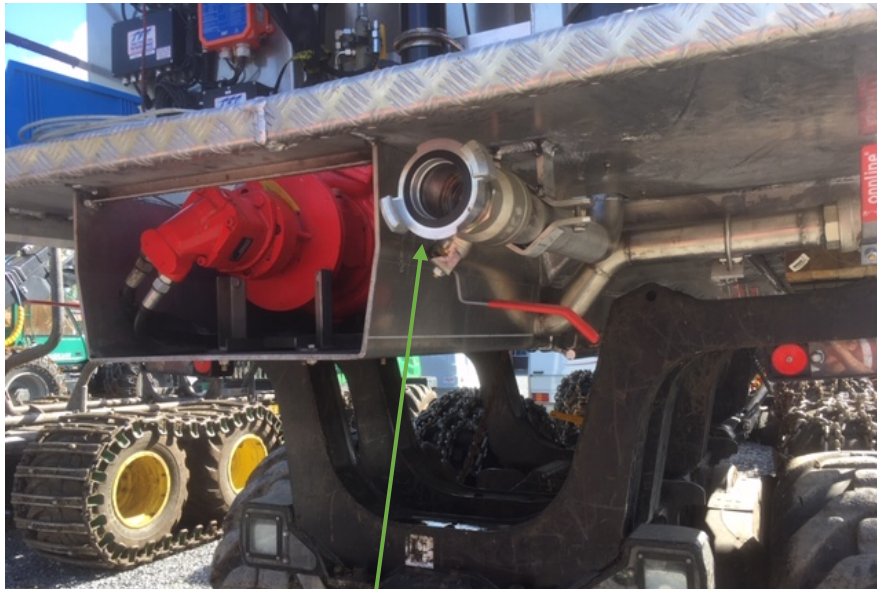




IMUPUMPPU VIEDÄÄN VE-  
SILÄHTEESEEN AJOKONEEN  
PUOMILLA

PUOMIN MAX. PITUUS 10 M

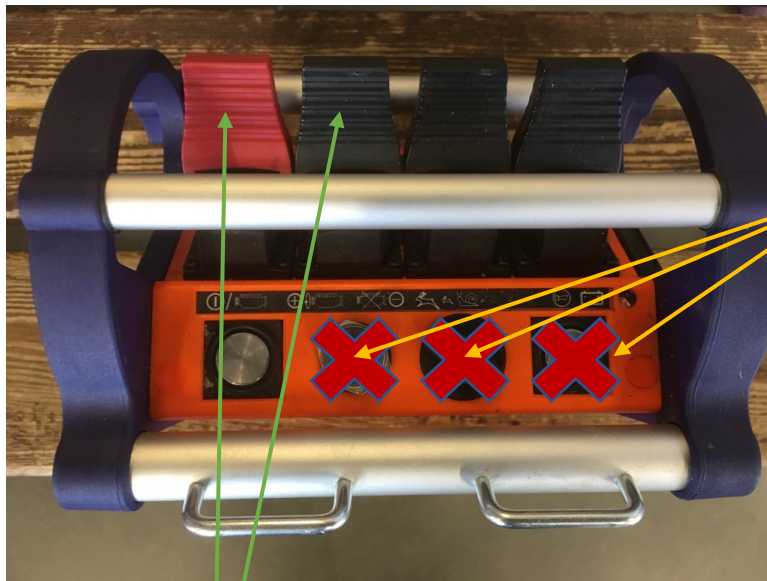




## SÄILIÖN TÄYTTÖ

SÄILIÖN TÄYTTÖ ONNISTUU TARVITTAESSA  
MYÖS SÄILIÖN TYHJENNYSVENTTIILIN  
KAUTTA (SÄILIÖN EDESSÄ)

## PUMPUN KAUKO-OHJAUS



EI KÄYTÖSSÄ !

KYTKINTÄ TÄYTYY PAINAA KÄYTÖN AIKANA KOKO AJAN => EI LUKITU KÄYTÖASENTOON

JOS PUMPUN KAUKO-OHJAIN EI KÄYNNISTY => SYYNÄ VOI OLLA HEIKKO AKKU  
=> VAIHDA LADATTU AKKU

## Lähettimen päälle kytkeminen

### Kanssa käynnistyssekvenssi

Aseta ladattu akku akkukoteloon.

Vaiheet 1 ja 3 on suoritettava **5 sekunnin** sisällä.

1. Vedä STOP-kytkimestä.
2. Paina Start-painiketta lyhyesti ja päästä se taas vapaaksi. Jos painiketta painetaan kauemmin kuin puoli sekuntia, lähetin kytkeytyy pois päältä!
3. Paina Start-painiketta vielä kerran, kunnes tila-LED vilkkuu vihreänä. Päästä painike sitten taas vapaaksi. Nyt lähetin on käyttövalmis.
4. Sovelluksen mukaan Start-painiketta on painettava vielä kerran, ennen kuin ohjaukaskäskyt voidaan suorittaa.

### Ohje:

Lähetin kytkeytyy pois päältä, jos

- Start-painiketta painetaan käynnistyssekvenssin vaiheessa 2 yli puolen sekunnin ajan.
- käynnistyssekvenssi (vaiheet 1 ja 3) kestää yli 5 sekuntia.
- käynnistyssekvenssin aikana painetaan toista painiketta.

Paina tällaisissa tapauksissa STOP-kytkintä ja toista koko käynnistyssekvenssi!

## Kauko-ohjaustoiminnot





## SYÖTTÖKOURU SÄILIÖÖN (VEDENPEHMENNYSAINE)



VEDENPEHMENNYSAINE MÄNTY-EKO:

1 KANISTERI (10 L) / SÄILIÖ

## SIDONTAKETJUT JA VANTIT



VANTIT JA KETJUT SÄILIÖN  
KIINNITTÄMISEEN (2 KPL)



VANTIN KIINNITYS KET-  
JUUN => ALOITUSASENTO  
(HUOMIOI KIERTEET)



KIRISTYS



-KETJUT JA VANTIT SÄILYTETÄÄN ES 1094 SIVULAATI-  
KOSSA



### METSÄKONEESSA LAATIKKO, JOSSA:

- KANSIO (KÄYTTÖOHJEET)
- KAUKOSÄÄTIMET
- PATERIT (AA)
- RUUVIMEISSELI
- AKUN LATAUSJOHTO (2 KPL) (VERKKOVIRTA/TUPAKANSYTYTIN)
- 3”/4” MUUNNOSLIITIN

### MUKAAN MYÖS:

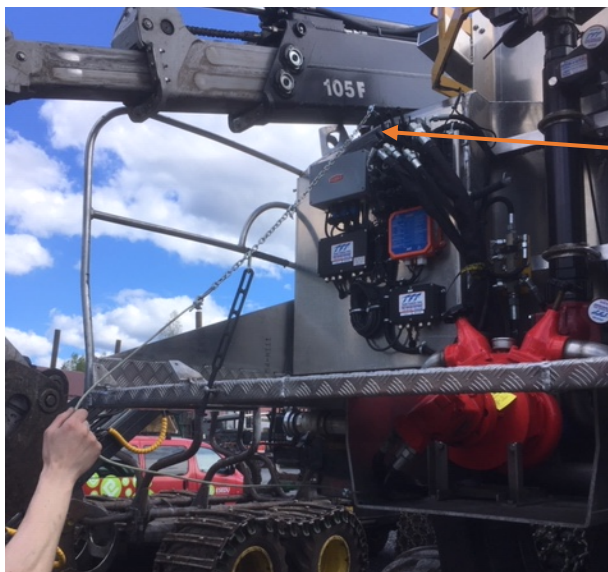
- 2-3 KPL VHF-RADIOT + AKUT

PIDÄ PUMPUN KAUKO-OHJAIMEN VARA-AKKU AINA LATURISSA AJON AIKANA OHJAAMOSSA=> AKKU TÄYNNÄ TARVITTAESSA



## SÄILIÖN KIINNITYS LAVALLA

# JOS PUMPUN KAUKO-OHJAIN EI TOIMI, KÄYTTÖ ONNISTUU MYÖS MANUAALISESTI



PANEELISSA 3 VIPUA:  
VASEMMANPUOLEINEN  
VIPU => PAINEPUMPPU  
KESKIMMÄINEN VIPU  
=> IMUPUMPPU

