

Sami Kinnunen

Perävaunuun sijoitetun sammutusmoduulin koekäyttö ja kehittäminen



Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Syksy 2023



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Kinnunen Sami

Työn nimi: Perävaunuun sijoitetun sammutusmoduulin koekäyttö ja kehittäminen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Maastopalo, Sammutusmoduuli, Sammutustyö, Ilmastonmuutos, Mönkijä, Perävaunu

Tämä opinnäytetyö käsittelee OY Veljekset Kulmala AB:n valmistaman mönkijän perävaunuun sijoitetun maastosammutusmoduuli prototyypin koekäyttöä sekä kehittämisehdotuksia.

Työssä on esitelty tilaava yritys, käsitelty maastopalojen syntymiseen vaadittavia olosuhteita, erilaisia maastopalon sammutustekniikoita sekä ilmastonmuutoksen mahdollista vaikutusta maastopalojen tulevaisuuden odotuksiin. Pääpaino opinnäytetyössä koskee OY Veljekset Kulmala AB:n rakentaman sammutusmoduulin prototyypin teknisiä ominaisuuksia sekä kenttäkoekäytössä saatujen havaintojen ja kehitysehdotusten raportoimista tilaajalle jatkokehitystyön tueksi.

Työssä on käytetty lähdeaineistona teoriaosuudessa Suomen pelastusalan keskusjärjestön julkaisua Metsäpalot sekä internetissä julkaistua ilmastonmuutostutkimusta Climate change and forest management affect forest fire risk in Fennoscandia, Tieliikennelaki sekä muita julkaisuja internetin tarjonnasta.

Koekäytön perusteella sammutusmoduuli todettiin erittäin toimivaksi kokonaisuudeksi erityisesti maastopalojen sammutustyössä mahdollistaen sammutustyön nopean aloittamisen kohteella. Järjestelmän etuihin kuuluu nopea maastoliikuntakyky, pitkä toiminta-aika mukana olevalla vesimäärällä sekä kyky operoida vähäisellä henkilöstömäärällä. Tuote vastaa tehokkaasti palontorjunnan haasteisiin etenkin syrjäisillä alueilla, jolloin palontorjunnan henkilöstöresurssit ovat alkutilanteessa vähäiset.

Sammutusmoduuli soveltuu kokonsa ja helpon käytettävyytensä ansiosta erinomaisesti myös yksityiselle sektorille tukemaan alkusammutus toimintaa, kuten esimerkiksi koneyrityksille, jotka operoivat syrjäisillä metsäalueilla ja palon sattuessa avun saapuminen voi kestää pitkään. Nopealla alkusammutuksella tilanteessa pelastetaan kalustoa sekä estetään palon leviäminen laajemmalle alueelle maastoon.

Opinnäytetyössä on esitetty kuvin sekä selityksin useita parannusehdotuksia prototyypin kehitystyön tueksi, esimerkiksi vedenkulutuksen minimointi toiminta-ajan pidentämiseksi, säiliöiden muotoilun ja tilavuuden muutos ja mahdollisuus veden täydentämiseen luonnon vesistöistä säiliöihin järjestelmän omilla putkistoilla.

Esitetyt kehityskohteet parantavat sammutusmoduulin käytettävyyttä sammutustehtäviin sekä parantavat pelastustoimen valmiutta torjua metsäpaloja tehokkaammin myös tulevaisuudessa.

Abstract

Author: Kinnunen Sami

Title of the Publication: Test Run and Development of a fire Extinguishing Module Placed on a Trailer

Degree Title: Bachelor of Engineering (UAS), Mechanical Engineering

Keywords: wildfire, extinguishing module, extinguishing, climate change, ATV, trailer

The aim of the thesis was the trial use and development proposals of a prototype of an ATV equipped with an ATV trailer manufactured by the commissioning party of the thesis OY Veljekset Kulmala AB.

The thesis investigated the conditions causing wildfires, different classes of wildfire extinguishing techniques, and the potential impact of climate change on future expectations of wildfires. The focus of the thesis was on the technical characteristics of the prototype fire extinguishing module built by OY Veljekset Kulmala AB including reporting the observations and development suggestions obtained during field testing to the client to support further development.

The theoretical material used in the thesis is the publication Forest fires, the climate change study Climate change and forest management affect forest fire risk in Fennoscandia, the Road Traffic Act and other publications on the Internet.

Based on the test run results, the extinguishing module was found to be a highly functional entity, especially in wildfire extinguishing work, enabling the rapid start of extinguishing work at the site. The advantages of the system include fast off-road mobility, long operating time with the amount of water involved and the ability to operate with a small number of personnel. Product respond effectively to the challenges of fire protection, especially in remote areas, when the human resources for fire protection are limited in the initial situation.

Due to the size and ease of use, the fire extinguishing module is ideally suited for the private sector supporting first-aid extinguishing operations, such as machine entrepreneurs operating in remote forest areas and in the event of a fire, it may take a long time for help to arrive. Rapid initial extinguishing saves equipment and prevents the fire from spreading to a wider area of the terrain.

The thesis results show several improvement proposals with pictures and explanations to support the development of the prototype. Firstly, minimizing water consumption to extend the operating time. Secondly, changing the design and volume of tanks, and thirdly, the possibility of supplementing water from natural water bodies to tanks with the own piping of the system.

The proposed development targets will improve the usability of the fire extinguishing module for extinguishing tasks and improve the preparedness of rescue services to prevent forest fires more efficiently also in the future.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	OY Veljekset Kulmala AB	2
3	Metsäpalot.....	3
3.1	Metsäpalon synty	3
3.2	Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutuksen metsäpaloihin tulevaisuudessa	4
3.3	Metsäpalojen sammuttaminen.....	6
4	Sammutusmoduulin prototyypin tekniset tiedot.....	8
4.1	Sammutusmoduulin prototyypin alusta	8
4.2	Prototyypin pumppuyksikkö	10
4.3	Prototyypin vesisäiliöt ja letkulinjat	11
4.4	Prototyypin kokonaisuus ja suoritettut kenttäkokeet.....	16
4.4.1	Käytettyjen ajoneuvojen tekniset tiedot.....	16
4.4.2	Prototyypin todennetut mitat ja ominaisuudet	17
4.4.3	Havainnot kenttäkokeista	18
5	Sammutusmoduulin prototyypin kehitysehdotukset.....	20
5.1	Sammutusmoduulin alusta.	20
5.2	Sammutusmoduuli.....	24
5.3	Vesisäiliöt ja letkulinjat	27
5.4	Kokonaisuus.....	34
6	Yhteenveto ja johtopäätös.....	36
	Lähteet.....	37

Liitteet

1 Johdanto

Suomi on Euroopan metsäisin maa pinta-alaan suhteutettuna, ja metsiämme voidaankin pitää kansallisaarteena. Metsiä kuuluu hoitaa metsien hyvinvoinnin parantamiseksi, ja palontorjunta sekä siihen varautuminen kuuluu oleellisesti metsän hoitoon. Ilmaston muutoksen tuomat haasteet, kuten sään ääri-ilmiöt lisääntyvät ennusteiden mukaan tulevaisuudessa, jolloin metsäpalojen riskit kasvavat. Tässä opinnäytetyössä esitellään uudenlaista kalustoa vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin.

Opinnäytetyön aiheena oli OY Veljekset Kulmala AB:n suunnitteleman ja toteuttaman mönkijän perävaunuun sijoitetun sammutusmoduulin prototyypin käyttö- ja kehittämis ehdotukset kenttäkokeiden pohjalta.

Aihe valikoitui tutkimuskohteeksi toukokuun 2023 aikana järjestetyssä Puolustusvoimien ampu-maharjoituksessa Rovajärvellä, jossa kyseinen sammutusmoduuli oli lainassa puolustusvoimilla, sekä OY Veljekset Kulmala AB toivoi havaintoja moduulin käytöstä maastossa. Kyseinen yritys on suomen suurimpia palokaluston maahantuojia- sekä kehittäjiä ja suorittaa jatkuvaa tuotekehitystä vastatakseen tulevaisuuden haasteisiin sekä tarjotakseen asiakkaille uusia käyttökelpoisia palontorjuntavariaatioita.

Työssä ei varsinaisesti käsitellä uutta tietoa, kaikki moduuliin kuuluvat tuotteet ovat olleet aiem-minkin markkinoilla. Työssä otetaan kantaa kärryn käyttöön liittyvään havaintoihin ja kehityseh-dotuksiin erityisesti maastosammutuksen osalta, joissa kohteelle pääseminen sekä sammutustoi-minnan suorittaminen on hankalaa muilla suuremmilla ajoneuvoilla. Työn suorittamisessa hyödyn-netään omaa kokemusta palokuntatoiminnassa noin 5 vuoden ajalta sekä ymmärrystä mönkijän käytettävyydestä maastossa noin 10 vuoden kokemuksen ajalta.

Työn keskeinen ajatus on tarjota OY Veljekset Kulmala AB:lle käytettävyydeltään laadukasta tie-toa sekä koostaa ajatuksia sekä ehdotuksia kyseisen moduulin eduista ja käytettävyydestä tuote-suunnittelun tueksi sekä tuottaa ehdotuksia prototyypin kehittämiseksi mahdollista kaupallista tuotantoa varten.

2 OY Veljekset Kulmala AB

OY Veljekset Kulmalan AB on suomen vanhin palokalustoalan yritys, jonka historia alkoi varsinaisesti 1920-luvun alussa, jolloin Petteri Kulmala ryhtyi palokunnan työn ohessa suunnittelemaan ja valmistamaan palokalustoa. Myös Petterin pojat Otto ja Valdemar työskentelivät Helsingin palokunnassa ja ryhtyivät isänsä ohella kehittämään ja valmistamaan palokalustoa. Yritys merkittiin kaupparekisteriin nimellä OY Veljekset Kulmala AB 27.9.1927. [1.]

Yhtiö on valmistanut vuosikymmenien saatossa erilaisia turvallisuus- ja pelastusalan tuotteita, kuten paloautot, sairaankuljetusajoneuvot, erilaiset sammutusriskut sekä evakuointivälineet, esimerkiksi paarit. Yhtiön perusajatuksena oli tarjota kotimaista osaamista ja tuotteita ulkomaisen tarjonnan tilalle, ja tätä perusajatusta yhtiö pyrkii noudattamaan edelleenkin, vaikka ala onkin kansainvälistynyt vuosien saatossa. [1.]

1950-luvulla yhtiön omistussuhteissa tapahtui muutos, kun Kulmalan suvussa ei löytynyt enää jatkajaa yritystoiminnalle, jolloin toiminta myytiin toiselle palokalusto alan toimijalle, MAKO Oy:lle. Toiminta jatkui omistajan muutoksesta huolimatta ennallaan sekä aloitti myös palokaluston maahantuonnin tunnetuilta eurooppalaisilta valmistajilta. Vuosikymmenien aikana yhtiö on kehittänyt esimerkiksi moottoriruiskuista useita malleja, ja 1980-luvulla yhteistyökumppaniksi vaikiintui itävaltalainen Rosenbauer, jonka kanssa yhteistyö jatkuu edelleen. [1.]

Nykyään OY Veljekset Kulmala AB tuo maahan useiden palokalustoalan valmistajien tuotteita. Maahantuonnin lisäksi OY Veljekset Kulmala AB valmistaa vedensiirrosta tarvittavia komponentteja, kuten pumppuja, liittimiä ja venttileitä. Lisäksi yritys tekee huolto- sekä muutostöitä erilaisiin sammutusjärjestelmiin. [1;2.]

3 Metsäpalot

Suomen maapinta-alasta on yli 75 prosenttia metsän peitossa, mikä tekee Suomesta Euroopan metsäisimmän maan. Metsän kasvu vuosittain on 103,5 miljoonaa kuutiota ja poistuma noin 89 miljoonaa kuutiometriä. Metsiä tulee hoitaa aktiivisesti ja metsien huolehtimiseen kuuluu myös varautuminen metsäpaloihin, metsäpalojen ennaltaehkäisy sekä mahdollinen sammuttaminen. [4;5.]

Suomessa suuret metsäpalot ovat harvinaisia ja tähän vaikuttaa ilmasto, jossa pitkiä sateettomia kausia on muita maita harvemmin, metsän hoitotoimenpiteet, jolloin palokuormaa vähennetään maastosta sekä tehokas valvonta ja varautuminen. Valvonnan ja nopean reagoinnin ansiosta syntyneet palot saadaan nopeasti rajattua, ennen palon laajentumista hallitsemattomaksi. Palon kiinnisaamista helpottaa myös suomen maantieteellinen rakenne, kuten runsaat vesistöt sekä tiheä metsäautoverkosto sammutuskaluston paikalle saamiseksi. [5.]

Metsäpalojen sammutukseen on käytettävissä useita sammutustekniikoita, joista perusvaihtoehtoina käytetään rajaamista ja tukahduttamista, vesisammutusta eli palon jäähdyttämistä, palavan aineen poistamista, vastatulen ja suojapolton käyttöä. Käytettävään taktiikkaan vaikuttavat palon sijainti maastossa, käytettävissä olevat vesivarat, tiestö ja kalusto, palon etenemissuunta ja sen etenemismahdollisuudet ja riskit etenemisalueella, esimerkiksi asutusalueet. Mikäli kyseessä on suurpalo, kuten Kalajoki 2021, alueelle pyydetään apua valtakunnallisesti. Kalajoella sammutustyössä oli puolustusvoimien sekä rajavartiolaitoksen helikoptereita lentosammutukseen, puolustusvoimien varusmies virka-apuosastoja, pelastuslaitoksia ympäri Suomen, paikallisia maanviljelijöitä traktoreineen, koneurakoitsijoita sekä puolustusvoimien erikoiskalustoa. Palon sammuttamisessa käytettiin lähes kaikkia edellä mainittuja menetelmiä sekä käsin että koneellisesti. [5;6.]

3.1 Metsäpalon synty

Metsäpalo vaatii samat lainalaisuudet kuin muutkin palot syttyäkseen: Näitä elementtejä ovat lämpö, happi, palava aines sekä mainittujen elementtien katkeamaton ketjureaktio. Mikäli joku edellä mainituista elementeistä poistetaan, tuli sammuu. [5.]

Puun syttymislämpötila on 220–250 celsiusastetta, joten jos palonalku kykenee sytyttämään läheisen aineksen, palo lähtee laajenemaan kiihtyvällä vauhdilla lämpösäteilyn seurauksena.

Lämpö ja palosta syntyvät savukaasut pyrkivät nousemaan tyynellä säällä kohtisuoraan ylös, jolloin palon leviäminen on maltillista. Tuulisen sään vallitessa kuumat virtaukset voivat kulkea pitkiäkin matkoja maantasossa ja näin nopeuttaa palon leviämistä tuulen suuntaan. Tuuli myös kuljettaa lämpövirtauksen mukana paloalueelta nousevia palavia kappaleita ilmapirran mukana ja sytyttää uusia pesäkkeitä paloalueen ulkopuolelle. Nyrkkisääntönä palon leviämisenopeuteen tuulen vaikutuksesta käytetään, että tuulen lisääntyessä 4 m/s, palon etenemisnopeus kaksinkertaistuu. Palon laajeneminen ja eteneminen estetään jäädyttämällä, jolloin paloa jäädytetään vedellä, jolloin lämpötila pakotetaan laskuun. Suurin todennäköinen syy syttymislämpötilan saavuttamiseksi on kuitenkin ihmisen aiheuttama, kuten tupakointi, nuotiopaikat tai koneellinen työskentely. [3;5;10.]

Palo tarvitsee happea palaakseen, ja ulkoilmassa happipitoisuus on keskimäärin 21 %. Kiinteistö/suljetun tilan paloissa hapensaannin estäminen on tehokas sammutusmuoto, mutta metsäpaloissa hapen saannin rajoittaminen onnistuu ainoastaan tukahduttamalla, jolloin palava aines peitetään esimerkiksi palamattomalla maa-aineksella tai vaahdottamalla, jolloin vaahto estää hapen pääsyn palotapahtumaan. Tuulen nopeus vaikuttaa myös paloalueen hapen riittävässä saannissa. [5;7;8.]

Palavan aineksen määrä sekä laatu vaikuttaa oleellisesti palon leviämismahdollisuuksiin. Yleisesti lehtimetsät ovat jo kasvupaikoiltaan kosteampia maastoja sekä lehtipuun runko ja lehtimassa sisältää runsaasti kosteutta. Havupuut ovat rungoltaan ja kasvustoltaan huomattavasti kuivempia, ja varsinkin neulasmassa on herkkää palamaan. Nuori, tiheä havupuumetsä kuivalla jäkälävaltaisella kankaalla kuivaa nopeasti vesisateen jälkeen ja on altis palolle. Leviävää paloa voidaan rajoittaa poistamalla palava aines käsin tai koneellisesti tarvittavalta matkalta, jolloin palon eteneminen saadaan pysäytettyä. Palavan aineksen raivaaminen kuuluu oleellisesti palojen sammutukseen, jolloin varmistutaan, ettei paloalueita jää piiloon ja sammuttamatta esimerkiksi kantojen alle. [5;9.]

3.2 Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutuksen metsäpaloihin tulevaisuudessa

Metsän paloherkkyteen vaikuttavia tekijöitä ovat metsien ja maaperän tyyppi sekä säähän liittyvät tekijät. Ilmaston muutos kykenee vaikuttamaan lyhyellä aikavälillä metsien paloherkkyteen

esimerkiksi sateettomien kausien aiheuttamalla kuivuudella, ja pidemmällä aikavälillä muuttamaan kokonaan metsien rakennetta ilmastonmuutoksen edetessä ja kasvuolosuhteiden muuttuessa. [9.]

Ilmastonmuutoksen tuomia haasteita ovat esimerkiksi lämpötilan nousu, pitkien sateettomien kausien aiheuttama kuivuus, kovat tuulet ja muut sään ääri-ilmiöt. Kaikki edellä mainitut vaikuttavat oleellisesti metsäpalon syttymis- sekä leviämismahdollisuuksiin. Metsäpalovaroituspäivien vuosittaiseen määrään on ennustettu nousua vuosisadan loppuun mennessä Etelä-Suomessa nykyisestä 60–100 päivästä jopa 160 päivään ja Pohjois-Suomen alueella 30->36 päivään. [10.]

Suomen maantieteellisen sijainnin ei odoteta kohtaavan pahimpia sään ääri-ilmiöitä, kuten äärimmäistä kuivuutta, mutta kevään aikaistuessa ja syksyn pidentyessä metsäpalokausi jatkuu huomattavasti. Keväällä aikainen lumien lähtö sekä roudan sulaminen ja maaperän kuivuminen aiheuttavat nopeasti metsäpalovaaran jo aikaisessa vaiheessa kevätkuukausien aikana. Etenkin kannervikko, heinikko ja muu maan pinnalla oleva kasvusto, joka on edellisen kasvukauden kuollutta massaa, kuivuu nopeasti ennen uuden kasvuston syntymistä. Syksyllä myöhäinen lumen tulo mahdollistaa metsäpalojen synnyn sulan maan aikana, mutta tuolloin vuodenajan keskilämpötilat sekä kosteus hillitsevät metsäpalojen laajaa leviämistä. [3;5;9;10.]

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös monelta muilta osin metsäpaloriskin kasvuun. Pidemmät kasvukaudet tuottavat lisää puustoa, ja näin ollen kasvattavat maastossa olevaa palokuormaa, lisääntyvät talvisateet roudan puuttuessa heikentävät puiden juurtumista maaperään, jolloin pienempikin myrsky kykenee kaatamaan puustoa ja kasvattamaan kuollutta, kuivaa palokuormaa. Mahdollisten puuntuhoaja hyönteisten leviämiskasvuun ilmaston lämpenemisen myötä lisääntyy, ja Etelä-Suomen alueella onkin jo laajoja alueita tuholaisten jäljiltä, joille jää runsaasti kuivaa kuollutta palavaa ainesta. Suomessa jo tavattavat lajikkeet, kuten kirjanpainajatoukka sekä runkomäntypistiäinen, hyötyvät ilmaston lämpenemisestä. Suomen kesän pituus on normaalisti rajannut kirjanpainajatoukan vain yhteen sukupolveen vuodessa, kuitenkin jo vuonna 2010 havaittiin ensimmäisen kerran kaksi sukupolvea saman kasvukauden aikana. Lämpimämpi kevät tarkoittaa nopeampaa sukukypsyyden ja lentokyvyn saavuttamista ja mahdollisuutta levitä tehokkaammin uusille alueille. Runkomäntypistiäisen toukan munat taas eivät kestä yli 36 celsiusasteen pakkasta, joten talvien lämpeneminen mahdollistaa myös lajien säilymisen uudelle kasvukaudelle. [9;11.]

3.3 Metsäpalojen sammuttaminen

Sammutustyön tavoite on saada palo sammumaan mahdollisimman nopeasti pyrkien mahdollisimman pieneen paloalueeseen sekä palosta aiheutuviin vahinkoihin. Sammutustyö koostuu kahdesta pääosasta, sammutustaktiikasta ja sammutustekniikasta. Sammutustaktiikalla tarkoitetaan tilannearvion mukaista haluttua lopputulosta ja sammutustekniikalla keinoja, joilla haluttu lopputulos saavutetaan [5.]

Sammutustaktiikan valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten käytettävä tiestö, käytössä olevat vesivarat ja käytävissä olevat resurssit. Tilannearviossa tilannepaikan johtaja arvioi palon todennäköisintä etenemissuuntaa, palon voimakkuutta ja sääolosuhteiden vaikutusta siihen, onko paloalueella luonnollisia esteitä, kuten vesistöjä rajaamassa paloalueen leviämistä. Taktiikan valinnassa tärkeysjärjestys on ihmisiin kohdistuvan uhan minimoiminen paloalueella ja sen läheisyydessä sekä sammutushenkilöstön työturvallisuus. Henkilöturvallisuuden jälkeen pyritään pelastamaan rakennukset ja muu kiinteä omaisuus. Onnistuneen taktiikan valinnan seurauksena palonsammutus voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. 1) palon pysäyttäminen ja laajenemisen estäminen. 2) Paloalueen selkeä rajaaminen ja eristäminen muusta ympäristöstä. 3) palon jälkisammutus täysin sammuneeksi sekä alueen jälkivartiointi. Sammutustaktiikka ja -tekniikka kulkevat käsi kädessä koko sammutustyön ajan, ja molempia pitää kyetä muuttamaan tilanteen kehittyessä. Esimerkiksi tuulen suunnan muutos voi aiheuttaa täysin uudenlaisen uhan sammutustyön aikana. [5.]

Sammutustekniikan valinnassa yhdistyvät kokemus ja tietämys palojen sammutusmenetelmistä, sekä taito valita oikeat työvälineet ja hallita niiden käyttö. Metsäpalo sammuttamisessa on kolme päämenetelmää. 1) Jäähdyttäminen, eli palon lämpötilan laskeminen alle syttymislämpötilan, esimerkiksi vedellä. 2) Tukahduttaminen, eli palon hapensaanti estetään kasaamalla palamatonta ainesta, kuten hiekkaa palopesäkkeen päälle tai vaahdottaminen, jolloin vaahto estää hapen pääsyn palopesäkkeeseen. 3) Raivaaminen, jolloin palava aines siirretään pois palorintaman ulottuvilta. Metsäpalo sammuttamisessa käytetään yleisesti kaikkia kolmea menetelmää toistensa täydentämiseksi. [5.]

Sammutustekniikassa käytettävä kalusto jaetaan kolmeen luokkaan kaluston järeyden mukaan. 1) Miestyövoimalla käytettävä kalusto, kuten lapiot, kuokka, kirves, reppu- ja sankoruiskut. 2) Puoliraskaat välineet, kuten moottoriruiskut, moottori- ja raivaussahat ja kevyet maastoajoneuvot esimerkiksi mönkijät sekä 3) Raskas kalusto, kuten sammutusautot, ilma-alukset, traktorit sekä muut raskaat koneet. [5.]

Edellä mainitun kaluston käyttöä ohjaa vahvasti tilannearviossa ja maaston tiedustelussa saadut havainnot paloalueesta sekä käytettävissä olevat resurssit. Esimerkiksi ilma-alusten saaminen palontorjuntaan edellyttää moniviranomaisyhteistyötä eri toimijoiden kanssa, kuten puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen kanssa, tarvittavan kaluston saamiseksi alueelle. [5;6.]

Tässä työssä keskitytään puoliraskaiden välineiden osalta mönkijäkaluston tarjoamiin mahdollisuuksiin metsäpalojen sammutustyössä ja pääasiallisena sammutusmenetelmänä käytetään vedellä jäähdyttämistä palon lämpötilan laskemiseksi, jolloin sammutustyötä voidaan täydentää lisäksi raivaamalla.

Jäähdyttäminen, eli vesisammutus, on erittäin tehokas sammutusmuoto, kohdennettuna oikeaan paikkaan sekä aikaan. Vesisammutuksen haasteena on veden saatavuus paloalueelle sammutuskäyttöön. Suomen maantieteellinen asema ja runsaat vesistöt helpottavat tätä haastetta, jolloin vettä on yleisesti saatavilla kohtuullisen etäisyyden sisällä paloalueesta. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että vesisammutusta käytetään aina, kun vettä on vain saatavilla. Vesisammutuksen vaikutukset henkilöstöressurssien käyttöön ovat myös kannustavia, koska on arvioitu, että 1 suihkuputkimies vastaa tehokkuudeltaan 4–8 sammutustyömiestä työskennellen käsityökaluilla. [5.]

Työssä esitelty mönkijän perävaunuun sijoitettu sammutusmoduuli pyrkii vastaamaan seuraaviin haasteisiin sammutustyössä: vesisammutuksen kohdentaminen oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan nopeasti, huolimatta maaston aiheuttamista haasteista, kuten tiestön puuttumisesta. Koska sammutusmoduuli kykenee toimimaan 1–2 sammutusmiehellä, voidaan rajalliset henkilöresurssit kohdentaa muihin tehtäviin.

4 Sammutusmoduulin prototyypin tekniset tiedot

Tässä osiossa on lueteltu sammutusmoduulin prototyypissä (Kuva1) käytettyjen komponenttien tiedot sekä tekniset ominaisuudet. Tiedot on saatu OY Veljekset Kulmala AB:lta ja ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavia komponentteja kuin mahdolliseen tuotannolliseen versioon asennettavat. Prototyyppi on useita vuosia vanha, esimerkiksi pumppuyksikkö on vuosimallia 2013, joten tuotteet voivat poiketa visuaaliselta ilmeeltään prototyypissä käytetyistä, mutta ovat toiminnaltaan ja ominaisuuksiltaan täysin vastaavia.



Kuva 1. Sammutusmoduulin prototyyppi (Kinnunen 2023)

4.1 Sammutusmoduulin prototyypin alusta

Sammutusmoduulin alustana on käytetty valmista mönkijän tukkikärryn runkoa (Kuva 2), josta on poistettu tukkipankot ja lisätty suoja- sekä tukirakenteita kärryn runkoon. Prototyyppiin on lisätty myös nokkapyörällä varustettu tukijalka aisaan siirtelyyn helpottamiseksi. [12.]



Kuva 2. Sammutusmoduulissa käytetty alusta (www.ikh.fi)

Kärryn tekniset tiedot:

- Maksimikokonaispaino 1000 kg
- Säädettävä aisan pituus
- Pyörivä vetopää, 50 mm:n kuulalle
- Renkaat 22x11-10, 4PR
- Keinuteli
- Mitat, Pituus max. 3800, min. 2600 x Leveys 1300 x Korkeus 1200
- Paino 170 kg [12.]

4.2 Prototyypin pumppuyksikkö

Sammutusmoduulin pumppuyksikkönä (Kuva 3) toimii Rosenbauer UHPS (Ultra High Pressure System), vuosimallia 2013. Kyseessä on modulaarinen korkeapainesammutusjärjestelmä, jonka su-
mujakauma- ja tuotto-/painesuhde on optimoitu saavuttamaan parhaan sammutustehon mah-
dollisimman vähällä vesimäärällä ja joka voidaan sijoittaa erilaisille alustoille, kuten sammutusau-
tot, perävaunut tai maastoajoneuvot. Pumppuyksikkö pitää sisällään kaiken käyttöön vaadittavan
kaluston, polttomoottorin, pumppuosan, korkeapaineletkun, vaahdonsekoitusventtiilin ja -vaah-
tonestesäiliön sekä sumupistoolin. Lisättävinä elementteinä tarvitaan käytettävä vesi sekä kulje-
tusjärjestelmä. Tässä työssä yksikkö on sijoitettu mönkijän maastoperävaunun rungolle. (Kuva3)
[13.]



Kuva 3. Prototyypin pumppuyksikkö (Kinnunen 2023)

Tekniset tiedot:

Moottori: Briggs&Stratton Vanguard, nelitahtinen kaksi sylinterinen käsikäynnisteinen ilmajääh-
dytteinen nelitahtimoottori, teho 11,3 kW (18 HP) 3600 1/min

Pumppuosa: 6-sylinterinen korkeapainemäntäpumppu, tuotto 38 lpm/100bar

Letkukela: Ohjaimella varustettu letkukela, jossa 60 metriä 10 mm:n pakkasen- ja öljynkestävää paineletkua.

Sumupistooli: Pienikokoinen korkeapainepistooli, jossa helposti säädettävä sumu/suorasuihku. Sumupistooliin voidaan pikakiinnittää vaahto- tai pistosuihkuputket.

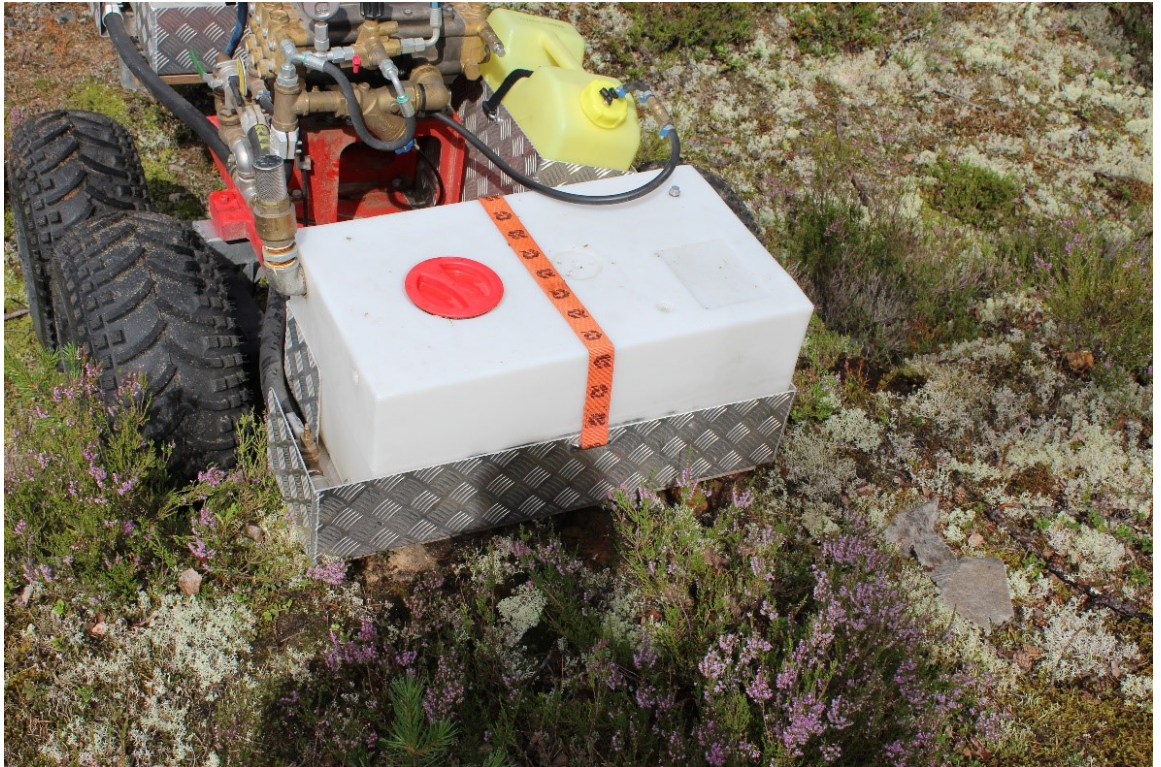
Vaahdonsekoitin: Portaattomasti säädettävä 0–6 % vaahdonsekoitusyksikkö, sisältäen 20 litran vaahtonesteastian.

Pumppuyksikön mitat: P742 x K481 x L643mm, letkukelan mitat P463 x L464 x K487mm (Uusin malli)

Kokonaispaino, sisältää letkukelan: 120 kg (Uusin malli) [13.]

4.3 Prototyypin vesisäiliöt ja letkulinjat

Prototyyppiin on asennettu 2 kpl 80 litran tilavuudella varustettuja vesisäiliöitä. Vesisäiliöt ovat valmissäiliöitä tuontitukku.fi -verkkokaupan valikoimasta ja ovat asennettuna kärrylle vanerilevyn päälle sekä suojattu alumiinisella turkkilevy kauluksella. Säiliöt on yhdistetty 1":n kokoajaletkulla, josta T-haaran kautta korkeapainepumppu imee tarvitsemansa veden. Molempien säiliöiden lähtöyhteessä on sulkuhana, mikä mahdollistaa myös yhdellä säiliöllä toimimisen. Säiliön yläreunassa on 1":n huohotin mahdollistaen paineenvaihtelut pinnan muutoksen seurauksena. Säiliön kiinnitys vaneriin on toteutettu liinalla, jolloin säiliö on helppo irrottaa esimerkiksi puhdistusta varten. Kyseinen koko on poistunut verkkokaupan valikoimasta, minkä takia materiaalitiedot katsottu vastaavasta 105 litran säiliöstä. [14.]



Kuva 4. Protyypin vesisäiliö (Kinnunen 2023)

Tekniset tiedot:

Suorakulmainen

Materiaali: valkoinen polyeteeni

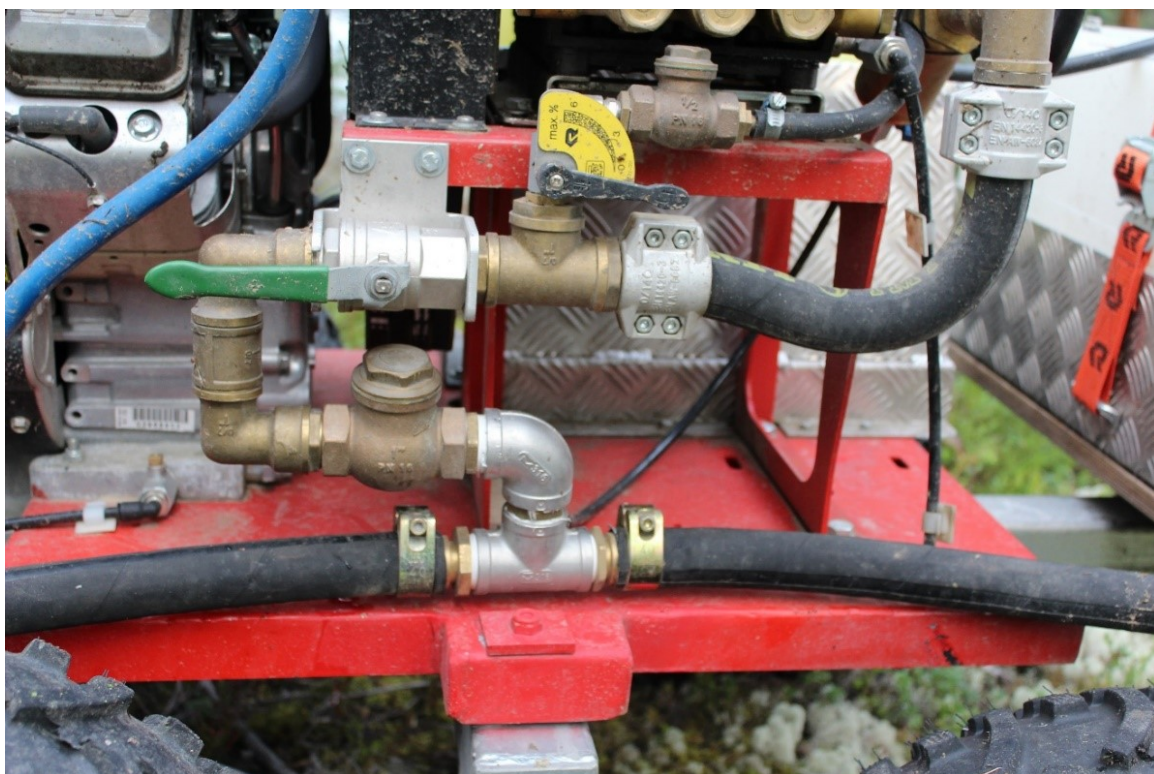
Korkin kierre n. 120 mm

Mitat: P700 x L400 x K 300

Tilavuus 80 Litraa

Moduulin imuputkisto

Moduulin imuputkisto (Kuva 5) on toteutettu 1":n letkulla molemmista säiliöistä T-liittimelle, josta seuraavana on takaiskuventtiili, sulkuhana ja vaahdonsekoitinventtiili, jolla voidaan sekoittaa imuveteen portaattomasti 0–6 % vaahtonestettä. Sekoittajan jälkeen imuputki jatkaa suodattimelle (Kuvat 6 ja 7.)



Kuva 5. Moduulin imuputkisto (Kinnunen 2023)



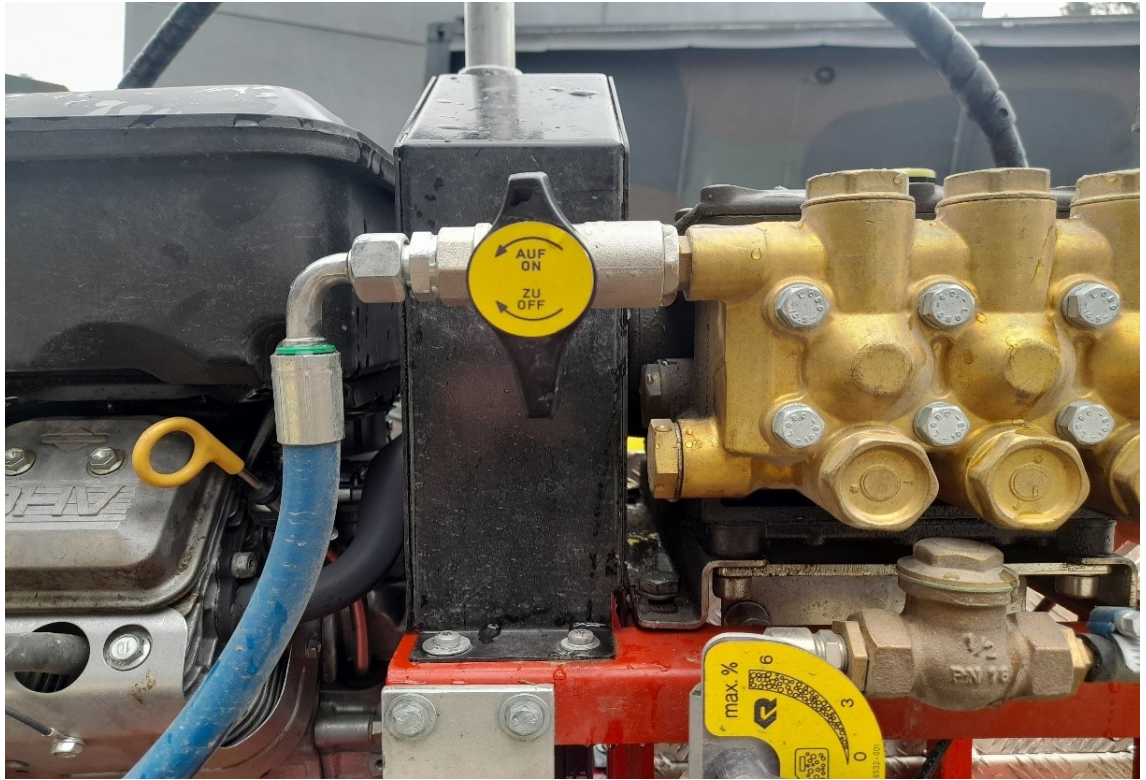
Kuva 6. Suodatinkotelo (Kinnunen2023)



Kuva 7. Suodatinelementti (Kinnunen2023)

Imusuodatin sijaitsee suodatinkotelossa imuputkessa ja on pestävä metallinen verkkosuodatin. Suodattimen erottelukyky oli mitattuna 0,25 mm.

Pumpun yhteydessä on tyhjennyshana (Kuva 8.), josta pumpun pesän saa tyhjennettyä. Hanaa voi myös käyttää pumpun ilmaamisen apuna, mikäli säiliöt on ajettu täysin tyhjiksi.



Kuva 8. Pumpun tyhjennyshana (Kinnunen2023)

Moduulin paineletkukela 60-metriä, sekä sumupistooli telineessä. (Kuva 9.)



Kuva 9. Paineletkukela ja sumupistooli (Kinnunen 2023)

4.4 Prototyypin kokonaisuus ja suoritettut kenttäkokeet

Sammutusmoduulin prototyyppiä (Kuva 10.) testattiin touko-heinäkuussa 2023 aikana puolustusvoimien ampumarjoituksissa osana pelastusryhmien valmistautumista maastopalon sammutustehtäviin sekä mittauksia ja testiajoja Kajaanin alueella. Havainnot kirjattiin ylös, ja niiden pohjalta raporttiin on sisällytetty osio parannusehdotuksista prototyypin saattamiseksi mahdolliseen tuotantoon.



Kuva 10. Prototyypin maastoajo (Kinnunen 2023)

Kokeissa vetäjänä oli 2 kpl eri kokoluokan traktorimönkijää, HONDA TRX 500 ja CAN-AM OUTLANDER 650. Ajoneuvojen tekniset tiedot alla:

4.4.1 Käytettyjen ajoneuvojen tekniset tiedot

HONDA TRX 500

Paino: 405 kg

Vetotapa: 4x4

Teho: 20,10 kW

Perävaunun maksimimassa jarruitta: 288 kg

Suurin sallittu nopeus: 60 km/h
Vuosimalli: 2019

CAN-AM OUTLANDER 650

Paino: 630 kg
Vetotapa: 6x6
Teho: 44kW
Perävaunun maksimimassa jarruitta: 674 kg
Suurin sallittu nopeus: 60 km/h
Vuosimalli: 2020
[15.]

4.4.2 Prototyypin todennetut mitat ja ominaisuudet

Pituus: 280 cm
Leveys: 130 cm
Korkeus: 150 cm
Paino tyhjänä: 440 kg
Paino kuormattuna: 590 kg
Aisan pituus: 60 cm
Aisapaino tyhjänä: 60 kg
Aisapaino kuormattuna: 69 kg
Kärryn oikaisu: 60 cm

Pumpun käyttöä kokeiltiin eri kierrosalueilla, ja vedenkulutukseksi mitattiin tyhjäkäynnillä 23.2 litraa minuutissa. Tämä tarkoitti nykyisellä 160 litran vesitilavuudella 6 min 15 sekunnin jatkuvaa työskentelyaikaa. Säiliön muodon takia, säiliöihin jäi vettä yhteensä n. 15 litraa pumpun jo kavitoidessa. Vesisuihkun ulottuvuudeksi tyhjäkäynnillä tuli 3 metriä, joka on riittävä turvaetäisyys normaalissa maastopalossa, mikäli palo ei leviä hallitsemattomasti. Täydellä teholla käytettäessä vedenkulutus oli 43 litraa minuutissa, työskentelyajan ollessa 3 min 20 sekuntia ja tehokas sammutusetäisyys oli 8 metriä, joka on riittävä myös pienten latvapalojen ja esimerkiksi ajoneuvopalon sammuttamiseen. [16.]

Vaahdonsekoittimen toimintaa kokeiltiin 3–6 % seoksilla sekä eri kierrosalueilla. Vaahdon muodostuminen oli riittävää, jos liipaisin pidettiin täysin pohjassa ja mikäli vettä pyrittiin säästämään virtausta kuristamalla, vaahtoa ei muodostunut. Vaahdonsekoitinta voi hyödyntää myös kemikaalien, kuten mäntysuovan lisäämiseksi sammutusveteen veden pintajännityksen vähentämiseksi ja paremman tunkeuman saavuttamiseksi esimerkiksi turvepalon sammuttamisessa. [16.]

Prototyyppiä vedettiin kenttäkokeiden aikana n. 60 kilometriä tiellä sekä maastossa tarpeen mukaan. Prototyypillä ajettiin Honda-mönkijän vetämänä 3 kertaa sama maastoreitti läpi eri kuormilla, jotta voitiin verrata kuormauksen vaikutusta maastoajo-ominaisuuksiin. Kierrokset ajettiin tyhjänä, kuormattuna sekä kuormauksen lisäksi 100 kilon lisäkuormauksella varustettuna, kärryn maksimipainon ollessa kokeen aikana 690 kg. Honda-mönkijän omapaino, sekä laillinen veto-massa on riittämätön tieliikenne kuljetuksiin, mutta teho riitti maastossa liikuttamaan täysin sammutusmoduulia täydellä kuormalla. [16.]

Pumpun tiedoista ei selvinnyt pumpulle maksimi-imukorkeutta, kokeissa testattiin pumpun imu-mahdollisuutta 1":n letkulla muusta astiasta. Imuletkun pituus oli 300 cm ja imukorkeus 160 cm. Koekäytössä pumppu nosti veden 160 cm matkan alle 10 sekunnissa, minkä jälkeen sammutus-toiminta jatkui täydellä teholla. [16.]

4.4.3 Havainnot kenttäkokeista

Sammutusmoduuli todettiin käytettävyydeltään hyväksi ja toimivaksi työkaluksi maastopalojen sammuttamisessa. Suurimmiksi ongelmiksi todettiin veden määrän vähäisyys ja prototyypin kykenemättömyys täydentämään vesivarantoja ulkoisesta syötöstä, kuten luonnonvedestä. Kärryn nykyiset mitat ja painojakauma todettiin sopivaksi maastoajossa, jolloin aisapaino mahdollisti vetäjälle riittävän pidon vaativassakin maastossa. Kärryn pituuden ollessa minimipituudessaan 280 cm mitassa kärry tuli vetäjän perässä ojan ylitykset sekä maastoissa puiden välissä samasta tilasta kuin vetäjäkin, jolloin reitin valinta helpottui huomattavasti. Kärryn korkeus ja matala painopiste antoivat mahdollisuuden ajaa myös sivuttain kallistellen esteiden yli, pelkäämättä sammutusmoduulin kaatumisriskiä. Sammutusmoduulin käytössä henkilömäärä olisi hyvä olla 2 henkilöä, toisen käyttäessä pumppua ja toisen toimiessa sammuttajana, mutta kokeiden aikana käyttö onnistui myös 1 henkilön voimin, mikäli palo oli kohtuullisen helposti saavutettavissa. Sammutustoiminta oli mahdollista 1 henkilön toimesta aloittaa n. 1 minuutin kuluessa kohteelle saapumisesta kohteelle, joka on todella nopea suoritus työskentelyn aloittamiseen. 2 henkilön työskentelyssä nopeus vielä kasvaa tehtävän jaon myötä. [16.]

Seuraavassa osiossa on kirjattu havaintoja kenttäkokeista tarkemmin ja esitelty parannusehdotuksia prototyypin kehittämiseksi. Kehitysehdotukset edustavat kirjoittajan omaa sekä Kainuun Prikaatin sotilaspalokunnan havaintoja sammutusmoduulin käytettävyydestä sammutustyössä. Työn tilaaja määrittää kehitysehdotusten pohjalta kannattavuuden prototyypin parantamiseen

liittyen, ovatko parannukset taloudellisesti kannattavia sammutusmoduulin oletettavien myyntivo-
lyymien kannalta, valmiin tuotteen loppuhintaan peilaten.

5 Sammutusmoduulin prototyypin kehitysehdotukset

Tässä osiossa on listattu kenttäkokeiden aikana havaittuja kehitysehdotuksia sammutusmoduulin kehittämiseksi valmiiksi tuotteeksi. Osakokonaisuudet on eritelty omiksi alaryhmiksi ja kehitysehdotuksia on havainnollistettu kuvin sekä piirroksin.

5.1 Sammutusmoduulin alusta

Sammutusmoduulissa käytössä oleva alusta (Kuva 11) osoittautui perusrakenteeltaan hyväksi ratkaisuksi käytettäväksi kuljetusalustaksi. Kärryn säädöt mahdollistavat kärryn painojakauman keskittämisen telirakenteen päälle, jolloin kärryn kuljettaminen oli helppoa ja käyttäytyminen ennakoitavaa. Maastokäytössä telirakenne on ehdoton vaatimus maaston epätasaisuuksien vuoksi. Vastaavaa kärrymallia on useilla eri valmistajilla, jolloin kärryn varaosa saatavuus on hyvä, kaikki osat ovat yleismallisia varaosia.



Kuva 11. Sammutusmoduulin alusta (Kinnunen 2023)

Alla kärryn kehitysehdotuksia:



Kuva 12. Kärryn alusta yhtenäinen suojaus (Kinnunen 2023)

Käytön aikana todettiin nykyisen suojauksen olevan riittämätön maastossa toimimiseen. Tämänhetkisessä tilanteessa ainoat suojat ovat keulassa sijaitseva suojaverkko sekä säiliöiden alla/sivuilla olevat suojalevyt. Ongelmaksi muodostui kuraisella tiellä ajettaessa kaiken lian päätyminen moduulin päälle sekä maastossa ajettaessa alustan haavoittuvuus maasta ajonaikana nouseviin oksiin ja hakoihin.

Parannusehdotus:

Alustan suojaus toteutetaan kuvaan 12 merkityn punaisen viivan korkeudelle yhtenäisinä koskien kärryn alustaa sekä sivuja. Eturitulä korvataan kokonaisuudessaan umpinaisella rakenteella kuitenkin nykyinen muoto säilyttäen. Materiaaliksi sopisi esimerkiksi 3.5 mm alumiininen five barlevy (turkkilevy). Levyn vahvuus on riittävän tukeva ottamaan vastaan maasta nousevat oksat/vast. ja suojaamaan pohjan rakennetta lialta. Alumiininen rakenne ei myöskään kasvata kärryn painoa merkittävästi kyseisen levyn painon ollessa n. 9.5 kg/m². Alustan yläosan suojaus voidaan toteuttaa muotoon ommellulla suojapeitteellä, jolloin letkurulla ja pistooli voidaan jättää suojan ulkopuolelle ja kiinnittää pressulenkein. [17]

Suojauksessa on otettava huomioon sammutusmoduulin moottorin pakoputken läpivienti, sekä moottorin jäähdytysilman riittävyys. Peitteen irrottaminen ennen käyttöä on pakollinen, joten kärryn etuosaan tarvitaan kuljetustila ja kiinnikkeet peiterullalle.

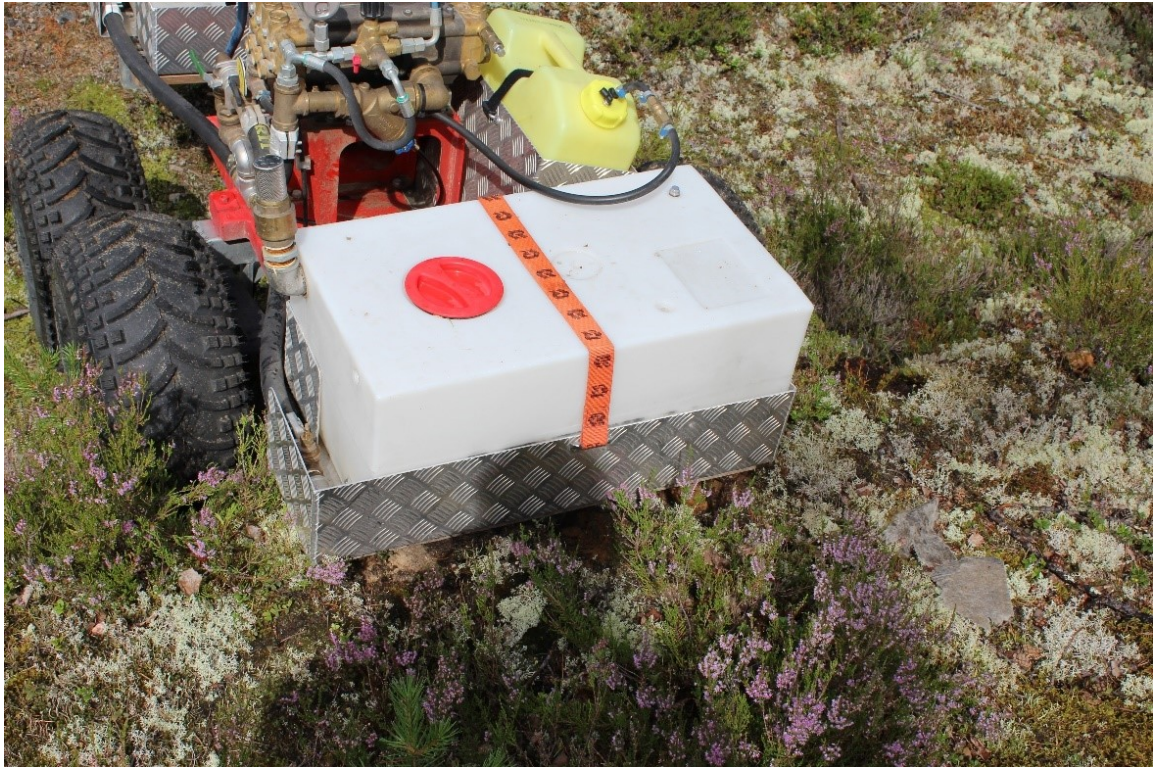


Kuva 13. Aisan tukijalan ja letkurullan rullan sijoitus (Kinnunen 2023)

Aisan tukijalan sijoitus havaittiin huonosti sopivaksi maastoajossa. Tukijalan rakenne varustettuna renkaalla, renkaan mitan ollessa kokonaan aisan alapuolella, aiheutti tukijalan kiinniottamisen ja vääntymisen maahan ajon aikana ja eritoten ylittäessä ojia/vast. Samoin letkurullan sijoituksen todettiin olevan liian edessä, rakenteen ottaessa herkästi kiinni mönkijässä olleen kuljetuslaukun rakenteeseen.

Parannusehdotus:

- 1) Tukijalan kiinnitys pisteen nostaminen siten, että rakenne on kokonaisuudessaan aisan yläpuolella
- 2) Tukijalan irrottaminen maastoajoon siirtyessä pikakiinnityksellä ja sijoituspaikka irtonaiselle tukijalalle
- 3) Tukijalan mallin muuttaminen käännettäväksi aisan suuntaisesti kytkettäessä
- 4) Letkurullan kiinnityspisteen siirtäminen noin 20 cm taaksepäin, mikä mahdollistaa paremman esteen ylityskyvyn



Kuva 14. Alustan varustelu tieliikenne kelpoiseksi (Kinnunen 2023)

Uusien mönkijöiden kaupassa Suomessa myytävistä mönkijöitä on n. 85–90 % tieliikenne käyttöön tarkoitettuja, niin sanottuja traktorimönkijöitä, luokassa T. Kyseistä mallia koskee perävau- nujen osalta samat säännökset kuin muitakin maataloustraktoreita, ja varsinaista rekisteröintiä tieliikenteeseen ei edellytetä. Vaadittujen varusteiden lisääminen ajoneuvon rakenteeseen mah- dollistaa ajoneuvon kuljettamisen yleisellä tiellä, näin ollen nopeuttaa käyttöä vaihtoehdoisen trailerikuljetuksen sijasta. Huomioitavana asiana on mönkijän riittävä omamassa kärryn tieliiken- teessä kuljettamiseen. [19.]

Traktorin perävauunulle asetetut vaatimukset:

- Traktorin ja perävauunun kytkentälaitteet oltava tarkoituksenmukaiset ja tahaton irtoa- minen estetty.
- Perävauunussa, jota vedetään yli 40 km/h edellytetään roiskesuojat kaikille renkaille
- Takavalot, sisältäen seisonta, jarru- sekä suuntavalot. Sijoitettuna vähintään 60 cm:n etäisyydelle toisistaan
- Taakse punaiset heijastimet
- Etuäärivalot, mikäli vetonopeus on yli 40 km/h
- Hitaan ajoneuvon kilpi, mikäli ajoneuvon maksiminopu on 50 km/h.

Edellä mainitut varustelut ovat yksinkertaisia toteuttaa, ja esimerkiksi puolustusvoimat ajoneu- vokaluston käyttäjänä edellyttää tieliikennekelpoisuutta ja hinattavien laitteiden rekisteröintiä

puolustusvoimien omaan ajoneuvorekisteriin. 40 km/h on riittävä siirtonopeus kyseiselle alustalle, jolloin varusteiden vaatimustaso kevenee.

5.2 Sammutusmoduuli

Sammutusmoduulin ollessa valmis sijoitettava Rosenbauer UHPS yksikkö (Kuva 15), varsinaiseen sammutusmoduulin rakenteeseen ei ole mahdollista vaikuttaa. Sammutusmoduulin teho sekä ulottuvuus 60 metrin letkulla todettiin todella hyväksi maastossa liikkuesssa, jolloin saadaan kontrolloitua laajoja alueita ilman ajoneuvon siirtotarvetta. Käytössä havaittiin kehitysehdotuksia pumpun lisävarusteluksi paremman käyttäjäystävällisyyden saavuttamiseksi.

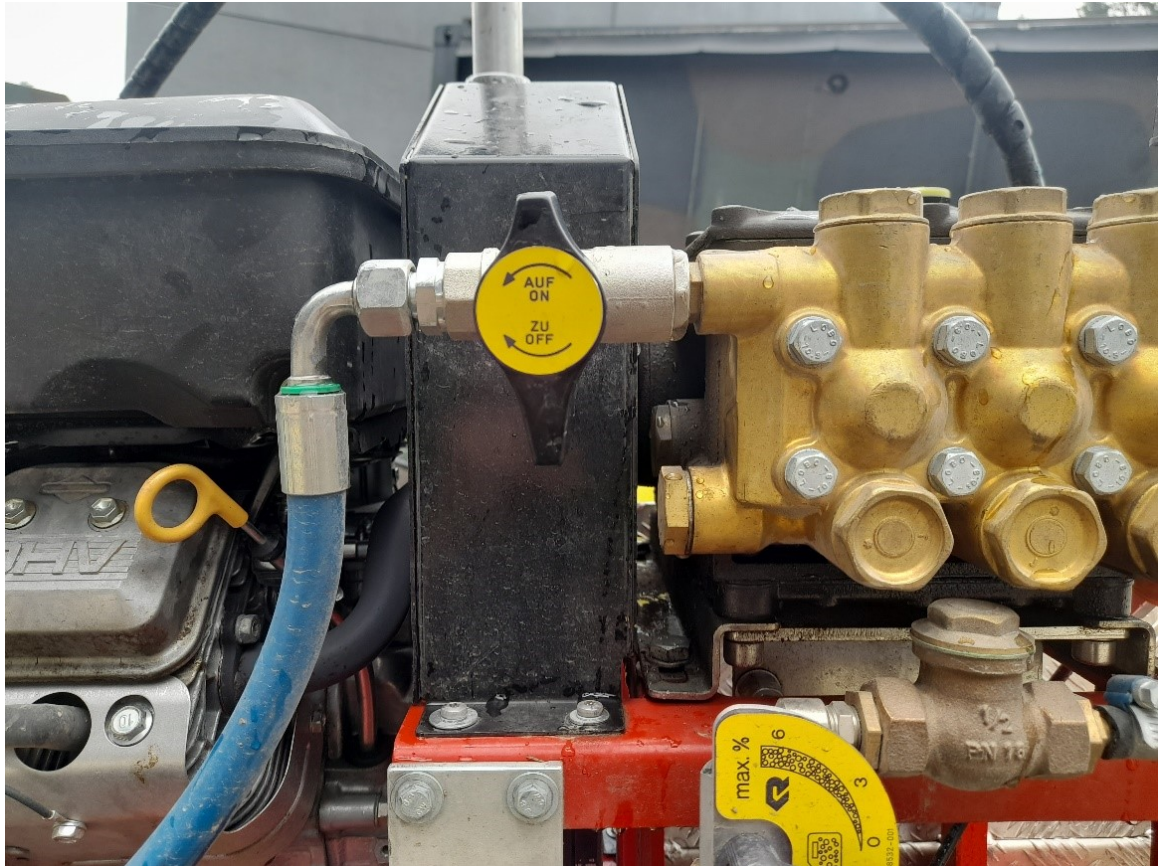


Kuva 15. Sammutusmoduuli Rosenbauer UHPS (OY Veljekset Kulmala AB)

Parannusehdotus:

Pumpun rakenne mahdollistaa veden juoksuttamisen suoraan tyhjennyshanan (Kuva 16) kautta pumpusta ulos. Kyseisessä prototyypin tyhjennyshanassa ei muodostu suurta painetta suurillaan kierroksilla, joten hanasta voi haaroittaa suoraan täyttöyhteet säiliöille käytettäessä työssä myöhemmin esitettävää säiliön omaa täyttömahdollisuutta ulkoisesta lähteestä. Prototyypissä

maksimivirtausnopeudeksi saatiin 30 l/min, joka pitäisi pyrkiä kasvattamaan vastaamaan pumpun maksimivirtausta käyttäen suurempia putkikokoja. Tyhjennyshanan kautta on myös nopea ilmata pumppu, mikäli säiliöt ovat tyhjenneet tai nostetaan vettä ulkoisesta lähteestä. Toinen vaihtoehto on suorittaa em. toimenpiteet sumupistoolin kautta, jolloin viiveaika kasvaa huomattavasti ja sumupistoolin joutuu purkamaan osittain kelalta täyttöö varten.



Kuva 16. Prototyypin pumpun tyhjennyshana (Kinnunen 2023)

Sammutettaessa yleisimpiä paloja, kuten ruohikko- ja kanervikkopalot, järjestelmän kuluttama vesimäärä on tarpeettoman suuri, ja säiliöiden rajallisen kapasiteetin takia, veden kulutus tulisi saada minimiin. Sumupistoolin liipaisinrakenne mahdollistaa virtaaman säädön sammutustyön aikana, mutta tämä on todella rasittavaa käden lihaksille pitää liipaisinta jatkuvasti jännityksessä. Sääto kuitenkin on toteutettava käyttäjän toimin, koska vettä on saatava tarvittaessa nopeastikin lisää. Käyttäjän hallinnoima kuristus voisi parhaassa tapauksessa jatkaa työskentelyaikaa täyttöjen välillä huomattavasti.

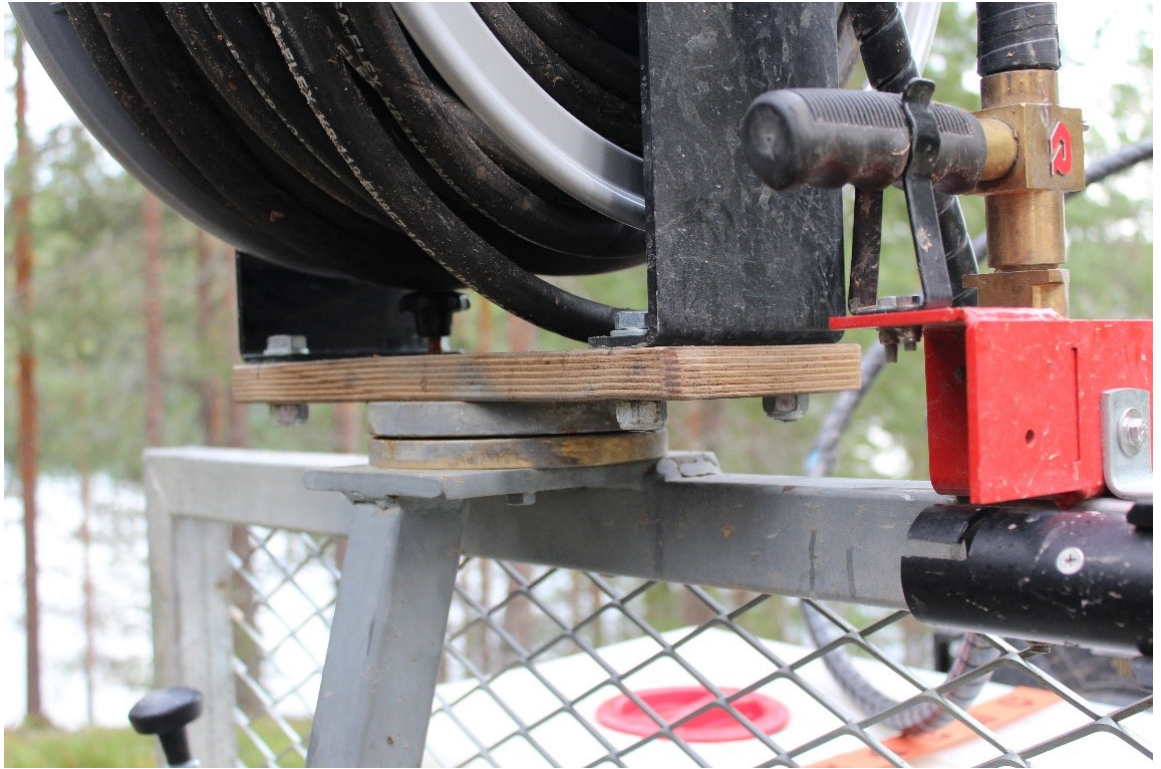
Parannusehdotuksia:

- Asentaa kahvaan säätöruuvi, kuvassa 16 näkyvään kahvaan. Ruuvin käyttö on kuitenkin hidasta säätämisen kannalta.
- Tehdä irrotettava rajoitinpala, joka kulkee kärryn varusteissa ja käyttäjä saa nopeasti paikalleen sekä pois.
- Vaihtaa pistoolin liipaisin osa toisen malliseen.



Kuva 16. Sumupistoolin kahva (Kinnunen 2023)

Letkurullan käännön lukitus (Kuva 17) oli toteutettu rullan alla olevalla kierrettävällä ruuvilla. Ruuviin oli paikoin mahdoton päästä käsiksi letkun paineiskujen löysentäessä letkukieppiä rullalla.



Kuva 17. Letkurullan käännön lukitus (Kinnunen 2023)

Parannusehdotus:

Lukituksen vaihtaminen pikalukitukseen, ja sijoittaminen siten, että käyttö tapahtuu alakautta vaapaasta suunnasta ja rullan keräystilassa ei ole mitään ylimääräistä.

5.3 Vesisäiliöt ja letkulinjat

Prototyypissä olevat säiliöt eivät olleet rakenteensa puolesta sopivat haluttuun käyttötarkoitukseen. Valmiin tuotteen asettamat rajoitukset esimerkiksi läpivientien osalta pakottaa asettamaan läpiviennit tiettyihin kohtiin, ja säiliön muotoilu ei vastannut tarpeita ajettaessa epätasaisessa maastossa. Alla lueteltu haasteita säiliörakenteessa.

Säiliön täyttökorkin rakenne (Kuvat 18 ja 19) aiheutti ongelmia, johtuen korkin upotetusta rakenteesta. Edellä mainitun suojauksen puuttumisen vuoksi, korkin ympäristöä ei pystytty saamaan täysin puhtaaksi ennen korkin avaamista. Avaamisen yhteydessä kaikki korkin syvennyksessä oleva roska valuu säiliöön ja kulkeutuu eteenpäin järjestelmässä rasittaen turhaan suodatinta. Myös korkin sijoittuminen toiseen reunaan aiheutti haasteita, mikäli alusta ei ollut vaakatasossa, jolloin säiliön tilavuutta ei kyetty hyödyntämään täydellä kapasiteetilla.



Kuva 18. Prototyypin säiliön täyttökorkki (Kinnunen 2023)



Kuva 19. Prototyypin säiliön sisäosa (Kinnunen 2023)

Myös huohottimen (Kuva 20) sijoittuminen säiliön sivuun laitaa aiheutti seuraavia ongelmia, ulkoinen rakenne tarttui maastossa oksiin, alustan kallistuessa, vesi pyrki ulos huohottimesta sekä huohottimen sijainti 5 cm kannen alapuolella vaikeutti säiliön täyttää maksimikapasiteettiin.



Kuva 20. Prototyypin vesisäiliön huohotin (Kinnunen 2023)

Tyhjennysputken (Kuva21) sijoittuminen säiliössä aiheutti käytössä seuraavia ongelmia: Putken yläreuna oli säiliön pohjasta mitattuna 6 cm korkeudella, ja yläreunan tasalla pumppu alkoi kavitoimaan, kun ilmaa pääsi imun sekaan. Säiliön korkeuden ollessa 30 cm, tämä aiheutti n. 15 % hukan, koska säiliötä ei ollut mahdollista käyttää tyhjäksi saakka. Tyhjennysputken sijainti säiliön reunassa on myös todella riippuvainen alustan asennosta, mihin tyhjennysasteeseen on mahdollista päästä ennen pumpun kavitoimista. Sulkuhanojen käyttö oli hidasta johtuen kierrettävistä suluista sekä niiden sijoittumisesta säiliön suojausten syvennykseen.



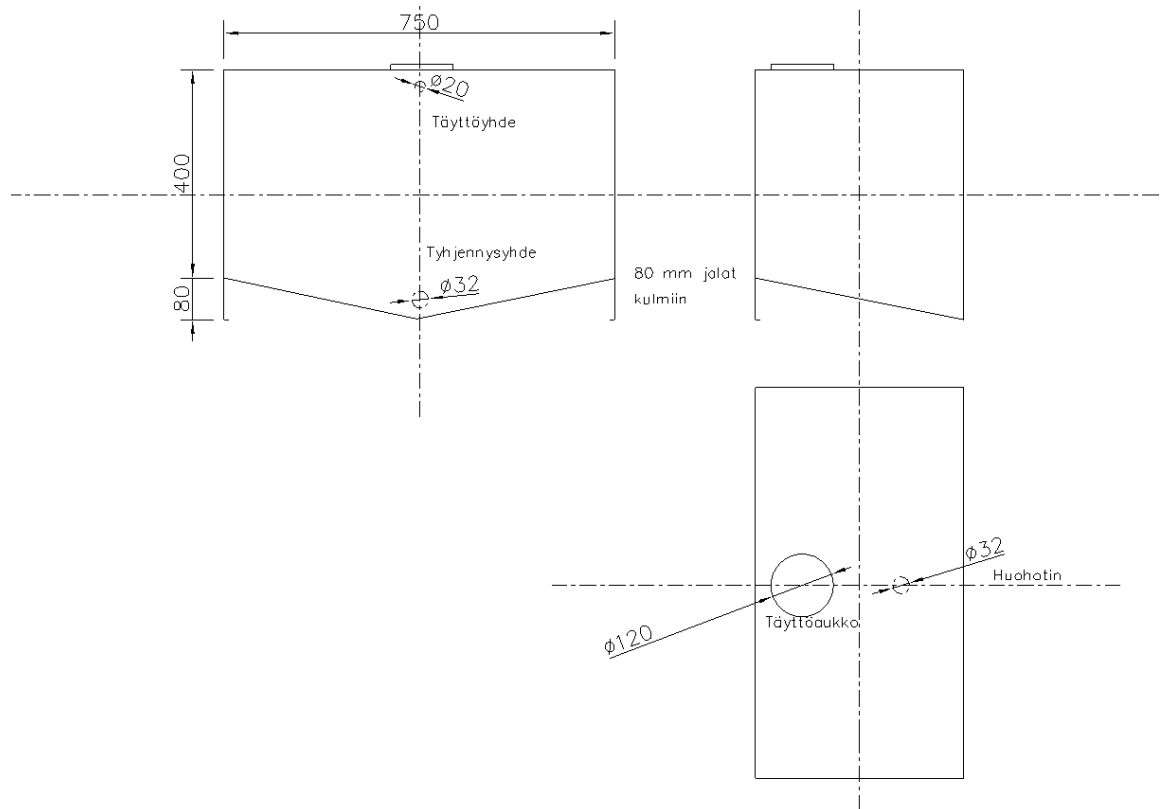
Kuva 21. Prototyypin säiliön tyhjennyshana (Kinnunen 2023)

Säiliön tyhjennysletkut (Kuva22) yhdistyivät T-haaraan, josta imu jatkuu kohti pumppua. Vasemmalta T-Haaraan tuleva letku on etusäiliö ja vasemmalta takasäiliö. Vasemmalta etusäiliöstä tuleva vesi tekee jyrkemmän käännöksen kuin oikealta takasäiliöstä saapuva, jolloin vesi virtaa sieltä mistä kevyemmin pääsee. Tämän takia takasäiliö tyhjeni nopeammin kuin etusäiliö, ja tyhjennettyään alkoi imemään takasäiliön kautta ilmaa pumppuun, vaikka etusäiliössä olisi ollut vettä jäljellä. Sulkuhanoilla pystyi hiukan kompensoimaan ominaisuutta.



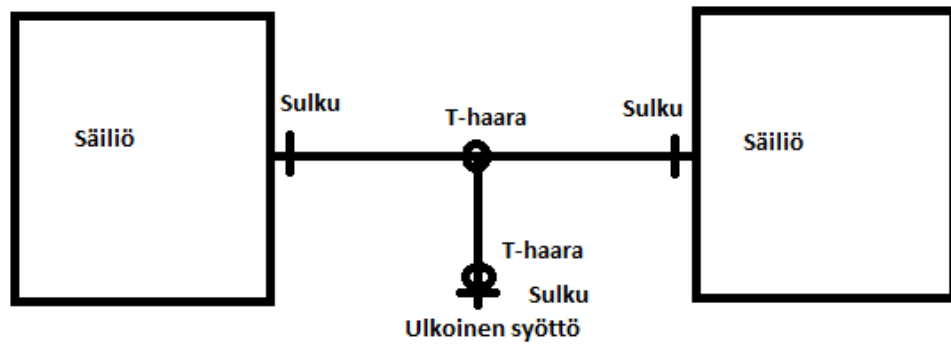
Kuva 22. Letkuston rakenne (Kinnunen 2023)

Edellä mainitut ongelmat prototyypin säiliön ja letkuston rakenteessa olisi ratkaistavissa esimerkiksi kuvan 23 mukaisella mittatilaus-säiliörakenteella. Säiliön koko piirustuksessa mainituilla mittoilla on n. 130 litraa, tämä parantaisi työskentelyaikaa huomattavasti. Säiliön valmistusmateriaali tulisi olla vaaleasta läpikuultavasta muovista, jolloin pinnanseuranta onnistuu säiliötä avaamatta. Täyttöaukko, huohotin sekä täyttöletkun paikka aiemmin mainitulta pumpun tyhjennysahalta ovat asetettuna säiliön päälle keskilinjaan, jolloin ajoneuvon kallistelu vaikuttaa niihin mahdollisimman vähän. Täyttöaukko on ulospäin nouseva, jolloin lika ei pääse siirtymään ulkokierteestä säiliön avaamisen yhteydessä. Säiliön pohja on muotoiltu kuvan mukaisesti laskemaan kaikista suunnista tyhjennysaukkoa kohti, joka on sijoitettu säiliön keskilinjaan. Tällöin alustan asennosta riippumatta, säiliössä oleva vesi valuu mahdollisimman tarkkaan pumpun käyttöön. Tyhjennysaukon sijoittaminen n. 2–3 cm pohjan yläpuolelle, jolloin säiliön pohjalle jää pieni ”sakkakuppi” irtoroskan suodattamiseksi. Huohottimeksi kanteen on saatavilla esimerkiksi hydraulikkahuohotin korkkeja, jotka ovat matalia rakenteeltaan sekä täyttöletkun sijoitus joko kanteen tai vaihtoehtoisesti keskilinjaan sivulle niin ylös kuin mahdollista.



Kuva 23. Säiliörakenteen muutosehdotus (Kinnunen 2023)

Uusien säiliöiden myötä myös letkuston muuttaminen kuvan 24 mukaiseksi. Letkulähdöt säiliöiden keskilinjalta, letkut vaativat tilan pumppuyksikön alle. Letkujen yhdistäminen T-haaralla, jolloin säiliöiden virtaus pysyy mahdollisimman tasaisena. Nykyisen imuyhteen alla nousu T-haaralla ylös, jolloin toinen haara voidaan hyödyntää ulkoisen imun yhteeksi. Ulkoisen imun yhteeseen lisätään sulku, sekä tuodaan se säiliön suojauspelistä ulkopuolelle, asennetaan esimerkiksi kamlock-liitin imuletkun kiinnittämiseksi. Tällöin säiliöiden hanat sulkemalla, sekä kamlockin viereisen hanan avaamalla pumppu imee ulkoisesta lähteestä.



Kuva 24. Letkuston muutokset (Kinnunen 2023)

Pumppumoduulista ei ollut saatavilla tietoa mahdollisesta imukorkeudesta, joten prototyypin imuyhteeseen kytkettiin kuvan 25 imuletku ja suljettiin säiliöiden hanat. Kokeessa letkun pituus oli 300 cm ja nostokorkeus 160 cm, mikä on riittävä useimpiin luonnonvesistöihin. Pumppu nosti muutamassa sekunnissa veden 160 cm korkeudesta, ja ilmaaminen onnistui pumpun tyhjennys-hanasta nopeasti. Imuletkun sisämitta oli 25 mm, sisällä teräsvahvike. Mukaan tarvitaan pieni kelluva imusiivilä, sekä siivilään/letkuun riittävän tehokas suodatin. Letkun liittäminen kamlock-liittimellä.



Kuva 25. Kokeessa käytetty imuletku (Kinnunen 2023)

5.4 Kokonaisuus

Kärryn kokonaismassa tulisi saada mahdollisimman kevyeksi, jolloin kuljettaminen tiellä on mahdollista useammilla mönkijä malleilla. Annettujen tietojen mukaan kokonaisuudelle tulisi painoa seuraavasti:

Pumppuyksikkö ja letkukela	120 kg
IKH mönkijän perävaunu	170 kg
Säiliöiden vesitilavuus	230 kg
Yhteensä:	470 kg

Painossa ei ole huomioitu säiliöiden omamassaa, alustan suojausta sekä letkustojen painoa. Kokonaisarvio edellä mainituille on n. 70 kg, jolloin kärryn kokonaismassaksi tulisi 590 kg. Painoa valmiilla tuotteella olisi saman verran kuin prototyyppillä, mutta vesimäärää saataisiin kasvatettua 100 litraa.

Prototyypin sekä valmiin tuotteen painoerot ovat selitettävissä uudella sammutusmoduulilla sekä kärryn rakenteen mahdollisilla muutoksilla, molemmat ovat useita vuosia vanhaa mallia, jolloin painossa voi esiintyä eroavaisuutta.

6 Yhteenveto ja johtopäätös

Sammutusmoduuli todettiin erittäin käyttökelpoiseksi maastopalojen sammutustehtäviin. Muita paloympäristöjä ei koejaksolle onnistuttu järjestämään, ja lähtökohtaisesti maaston salliessa edelleen sammutustyö hoidetaan järeämmällä kalustolla, mikäli se on mahdollista. Erityisen hyvää kiitosta tuote sai toimittaessa ampumakenttäalueella, jossa tiestö on usein riittämätön, ja maastopalot odotettavissa. Sammutusmoduulin siirtymisen ja käytön nopeuden ansiosta palot saatiin sammutettua heti alkuvaiheessa, jolloin suuremmalta paloalueelta vältyttiin.

Moduulin sijoittaminen myös esimerkiksi kevyisiin sammutusajoneuvoihin, joissa vesimäärä on alle tuhat litraa, sammutusmoduuli tarjoaisi kokonsa ja kapasiteettinsa puolesta hyvän käytettävyyden myös muihin paloihin, kuten ajoneuvo-, pienrakennus- ja muut palotehtävät. Yksi tehtävistä on myös tieliikenneonnettomuus paikan siivoaminen, jossa sammutusmoduuli soveltuu hyvin tiestön pesuun.

Palokohteissa perinteisinä ongelmina on lisäveden saanti sekä rakennuspalon ollessa kyseessä, liialla vedellä aiheutetaan myös mahdollisia uusia vaurioita kohteelle. Sammutusmoduuli helpottaa kyseisiä ongelmia, mikäli palo ei ole levinnyt liian suureksi.

Asiakasryhminä sammutusmoduulille pelastuslaitokset oman vastualueensa tarpeiden mukaan, ampumakenttä alueen sammutuksista vastaavat sekä erilaiset koneyritykset, kuten turve- sekä metsäkoneurakoijat. Alla lainaus Kukkonen tutkielmaan, jossa haastattelussa nimettömänä vastannut pelastuspäällikkö sanoo:

”Minimissään muokkauskoneessa tulisi olla 200 litran vesisäiliö ja hosia alkusammutusta varten.”
(Kukkonen) [10]

Kyseinen sammutusmoduuli koneurakoitsijan käytössä työkohteella, sopivalla kuljetusalustalla sekä vesimäärällä useita metsäpalon alkuja vuositasolla, saataisiin sammutettua jo koneiden työntekijöiden voimin, jolloin lisävahingoilta säästyään. Sammutusmoduulin käyttö on todella yksinkertainen, eikä vaadi perehdyttämisen lisäksi aikaisempaa käyttökokemusta.

Lähteet

- [1] OY Veljekset Kulmala AB www-sivut. Viitattu 07.08.2023 Saatavilla: <https://www.veljeksetkulmala.fi/oy-veljekset-kulmala-ab-historia/>
- [2] OY Veljekset Kulmala AB www-sivut. Viitattu 08.08.2023 Saatavilla: <https://www.veljeksetkulmala.fi/yritys/>
- [3] Aalto J, Venäläinen A. Climate change and forest management affect forest fire risk in Fennoscandia. Viitattu 08.08.2023 Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/items/962003d1-c603-4361-8e31-56dac0e09c1a>
- [4] Maa- ja metsätalوسministeriö www-sivut. Viitattu 08.08.2023 Saatavilla: <https://mmm.fi/metsat/suomen-metsavarat>
- [5] Heikkilä,T, 1999, Metsäpalot, Suomen pelastusalan keskusjärjestön julkaisu
- [6] Kirjoittajan omakohtainen kokemus osallistumisesta Kalajoen suurpalon sammuttamiseen
- [7] Turvallisuusohje, Happi Linde-Gas www-sivut Viitattu 15.8.2023 Saatavilla: [Linde Oxygen Safety Instruction FI_tcm634-120508.pdf \(linde-gas.fi\)](#)
- [8] Vaahtonesteet - Teknosafe Oy www-sivut. Viitattu 15.8.2023 Saatavilla: <https://www.teknosafe.fi/tuote-osasto/palo-ja-pelastus/vaahtosammutus/vaahtonesteet/>
- [9] Kolstela, J 2020 Metsäpalon leviämisen mallintaminen Suomessa, pro gradu tutkielma Saatavilla: <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20200874>
- [10] Kukkonen, M 2021 Metsäsektorin ja pelastusalan käsityksiä metsäpaloista, Lapin AMK tutkimus, Viitattu 28.8.2023 Saatavilla: https://issuu.com/lapinamk/docs/b_6_2021_kukkonen
- [11] Koponen, J 2021 Kirjanpainaja hyötyy ilmastonmuutoksesta, E-artikkeli, Viitattu 28.8.2023 Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-11875597>
- [12] Isojoen Konehallin www.sivut Viitattu 29.8.2023 Saatavilla: <https://www.ikh.fi/fi/monkijan-tukkikarry-max-1000kg-atv20>
- [13] OY Veljekset Kulmala AB www-sivut Viitattu 29.8.2023 Saatavilla: <https://www.veljeksetkulmala.fi/tuotteet/rosenbauer-uhps/>
- [14] Tuontitukku OY www-sivut Viitattu 01.09.2023 S<https://www.tuontitukku.fi/pienkone-vene-ja-varaosa/vesisailio-105l-osculati-puhtaan-veden-vesisailio-40x90x30cm/p/8033137157332/aatavilla>:
- [15] Traktorimönkijän rekisteriotteen tekninen osa
- [16] Havainnot kenttäkokeesta

[17] Metallien painolaskuri www-sivut Viitattu 10.9.2023 Saatavilla: <https://glocon.fi/metallien-painolaskuri/>

[18] Herrala, O 2018 . Vuoden turhakkeesta tuli lopulta hyötyhitti, mönkijöiden myynti kasvaa vahvasti, E-artikkeli. Viitattu 10.9.2023 Saatavilla: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/vuoden-turhakkeesta-tuli-lopulta-hyotyhitti-monkijoiden-myynti-kasvaa-vahvasti/681eb8fe-a103-3b8e-84cb-66d4d73735b7>

[19] TRAFICOM/75637/03.04.03.00/2020 , Määräys, Viitattu 10.9.2023 Saatavilla; <https://finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/454001/46634?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=>

Kuvalähteet

Kansikuva, Sammutusmoduulin prototyyppi. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 1, Sammutusmoduulin prototyyppi. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 2. Sammutusmoduulissa käytetty alusta (www.ikh.fi) Haettu 29.8.2023
 Kuva 3. Prototyypin pumppuyksikkö. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 4. Prototyypin vesisäiliö. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 5. Moduulin imuputkisto. Sami Kinnunen2023
 Kuva 6. Suodatinkotelo Sami Kinnunen 2023
 Kuva 7. Suodatin elementti Sami Kinnunen 2023
 Kuva 8. Pumpun tyhjennyshana. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 9. Paineletkukela ja sumupistooli. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 10. Prototyypin maastoajo. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 11. Sammutusmoduulin alusta. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 12. Kärryn alusta yhtenäinen suojaus. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 13. Aisan tukijalan ja letkurullan rullan sijoitus. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 14. Alustan varustelu tieliikenne kelpoiseksi. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 15. Sammutusmoduuli. Veljekset Kulmala » Rosenbauer UHPS Haettu 11.09.2023
 Kuva 16. Prototyypin pumpun tyhjennyshana. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 16. Sumupistoolin kahva. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 17. Letkurullan käännön lukitus. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 18. Prototyypin säiliön täyttökorkki. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 19. Prototyypin säiliön sisäosa. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 20. Prototyypin vesisäiliön huohotin. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 21. Prototyypin säiliön tyhjennyshana. Sami Kinnunen 2023
 Kuva 22. Letkuston rakenne. Sami Kinnunen 2023

Kuva 23. Säiliörakenteen muutosehdotus Sami Kinnunen 2023

Kuva 24. Letkuston muutokset Sami Kinnunen 2023

Kuva 25. Kokeessa käytetty imuletku Sami Kinnunen 2023

LIITTEET

KULMALA

ROSENBAUER UHPS Skid



ROSENBAUER UHPS

Monikäyttöinen ja tehokas helposti muunneltava modulaarinen korkeapainesammutusjärjestelmä, sammutusautoihin, maasto- ja erikoisajoneuvoihin sekä perävaunuihin

Maastopaloihin, ajoneuvopaloihin, nestepaloihin ja rajoitettuihin rakennuspaloihin, kone- ja laitepaloihin sekä teollisuus- ja talousjätteille ja vaikeasti sammutettaville komposiitti materiaaleille.

Optimaalinen paine-/tuottosuhte 38 lpm / 100 bar

Pienet asennusmitat ja alhainen paino

Kevyt ja taipuisa helposti käsiteltävä letku

Selkeät keskitetyt käyttölaitteet

Pitkä toiminta-aika ja alhainen veden kulutus

Varustettu AFFF- ja A-vaahdonsekoittimella

Edullinen hankintahinta ja yksinkertainen asennus

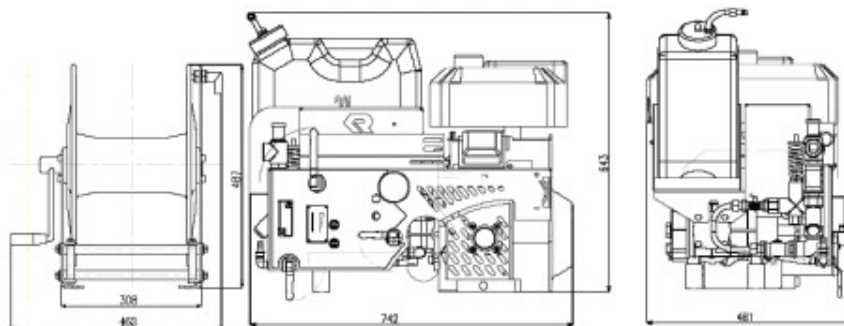
Rosenbauer UHPS on oikea ratkaisu vaativiin ja vaikeasti saavutettaviin kohteisiin, joissa vaaditaan nopeaa ja tehokasta ensi-iskua tai sammutusyksikön erittäin hyvää liikuteltavuutta



KULMALA

Rosenbauer UHPS Basis Module

Rosenbauer UHPS on erittäin tehokas korkeapaine sammutuslaitteisto, jonka sumun pisarajakauma- ja tuotto-/ painesuhde on optimoitu parhaan sammutustuloksen saavuttamiseksi hyvin alhaisilla vesimäärillä



Rosenbauer UHPS Basis Module:

Pumppuosa kuusi sylinterinen punametallirakenteinen mäntä-pumppu tuotto: 38 lpm / 100 bar paineella.

Letkukela: letkunohjaimella varustettu 10 mm 60 m letkukela, jonka letku on pakkasen- ja öljynkestävää kumia. Peruskelan lisäksi voidaan käyttää siirrettävää 60 m jatkokelaa.

Vaahdonsekoitin: Portaattomasti välillä 0-6 % säädettävä vastapaineesta ja nostokorkeudesta riippumaton A- ja AFFF-vaahdonsekoitin, jonka käyttö vaatii vain yhden kytkimen hallintaa. Pumppuyksikkö on varustettu vaahtosäiliöllä.

Sumupistooli: Pienikokoinen ja helposti käsiteltävä sumu-/ suorasiuhu korkeapainepistooli, jonka sumun säätö ei vaadi otteen vaihtamista. Sumupistooliin voidaan pikakiinnittää vaahto- tai pistosiuhkuputket.

Säiliöt ja rakennevaihtoehdot: Pumppuosa voidaan asentaa veto- tai kääntölevylle tai siirrettävään kahvoilla varustettuun kuljetuskehikkoon. Laitteiston mukana voidaan toimittaa 70–350 litran vesisäiliöt, tai se voidaan liittää ajoneuvon omaan tai ulkopuoliseen säiliöön.

Moottori Briggs&Stratton Vanguard nelitahtinen kaksi sylinterinen sähkö- ja käsikäynnisteinen ilmajäähdytteinen nelitahtimoottori, jonka teho 11,3 kW (18 HP) 3600 1/min

Mitat ja tekniset tiedot:

Pumppuyksikön mitat: 742 x 481 x 643 mm

Kelan mitat: 308 (463) x 464 x 487 mm

Paino: 120 kg (sis. letkukelan)

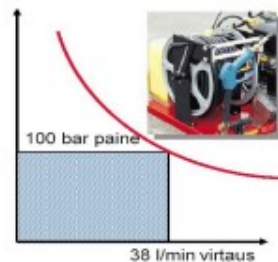
Vaahtosäiliö: 20 litraa

Toiminta-aika vaahdolla: 10 -105 min
(Voidaan liittää ulkopuoliseen säiliöön)

Polttoainesäiliö: 8,5 litraa

Toiminta-aika: 1,3–1,5 h

(Voidaan liittää ulkopuoliseen lisäsäiliöön)



Oy Veljekset KULMALA Ab

Linjatie 4 01260 VANTAA

puh: 09 8751800 www.veljeksetkulmala.fi fax: 09 871801

