

LAIVAN  
PALONSAMMUTUSJÄRJESTELMÄN  
KÄYTTÖÖNOTON AIKAISTAMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja Tuotantotekniikka / Meritekniikka

2020 | 32

Lauri Kosomaa

Tino Forsman

## LAIVAN PALONSAMMUTUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTON AIKAISTAMINEN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten laivan oma sprinklerisammutusjärjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön jo aikaisessa rakennusvaiheessa Meyer Turku Oy laivanrakennustelakalla. Sprinkleri on laivassa oleva vesisammutusjärjestelmä, jota käytetään valmiissa laivassa tulipalotilanteissa palon sammuttamiseen. Sprinklerin käyttö laivan rakennusaikana lisää paloturvallisuutta myös aluksen koonti ja varusteluvaiheessa.

Lisäksi työssä selvitetään mitä ongelmia järjestelmän käyttöönoton kanssa on nykyään, mitä ongelmia aikaistaminen mahdollisesti voi aiheuttaa ja miksi käyttöönottoa halutaan aikaistaa. Työssä käydään myös läpi korkeapainesprinklerin ominaisuuksia, sen asennukseen liittyviä asioita sekä pääkomponentteja. Tekstissä esitetään myös Turun telakan toimintatapoja tulipalotilanteessa ja kerrotaan muista sammutusvälineistä, joita laivassa käytetään rakennusaikana.

Yksi suurimmista ongelmista sprinklerin käyttöönoton aikaistamisen kannalta on sammutusnesteen mahdollinen jäätyminen kylmien sääolosuhteden vuoksi. Ongelma on kuitenkin ratkaistavissa jäätymisenestoaineiden avulla tai lämmitettyjen komponenttien avulla.

ASIASANAT:

Korkeapainesprinkleri, palonsammutusjärjestelmä, käyttöönotto, jäätymisongelma

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering / Naval Architecture

2020 | 32

Lauri Kosomaa

Tino Forsman

## ADVANCING THE COMMISSIONING OF SHIP'S FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

The aim of this study is to consider how the ship's water mist fire extinguishing system commissioning could be accomplished earlier at the construction phase at Meyer Turku Oy shipyard. Water mist system is fire extinguishing system which is used to extinguish a fire in a finished ship. By using water mist system at early ship construction phase, it will increase fire safety during ship assembly and outfitting phase.

The text also states what problem's there are nowadays with system commissioning, what problems it can bring by advancing the commissioning and why the commissioning need to be advanced. The text also goes through water mist system features, installation and main components. Also Turku shipyard's way of acting in the event of fire and other fire extinguishing equipment which are used on construction phase are presented.

One of the biggest problems in advancing the commissioning of a sprinkler is that there is a possibility that the extinguishing fluid will freeze due to cold weather conditions. However, the problem can be solved with antifreeze liquids or with heated components.

### KEYWORDS:

High pressure water mist system, fire extinguishing system, Commissioning, freezing problem

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2. KORKEAPAINESAMMUTUSJÄRJESTELMÄ</b>	<b>9</b>
2.1 Järjestelmän toimintaperiaate	9
2.2 Järjestelmän hyvät ja huonot puolet	11
2.3 Järjestelmän asentaminen laivaan	11
2.3.1 Pumppuyksiköt ja vesitankit	12
2.3.2 Putkisto, venttiilit ja anturit	13
<b>3 PALONSAMMUTUSKAPASITEETTI LAIVAN RAKENNUSVAIHEESSA</b>	<b>15</b>
3.1 Palonsammutus laivan rakennusvaiheessa nykyään	15
3.2 Systeemin käyttöönottoon vaikuttavat tekijät	17
<b>4 SYSTEEMIN KÄYTTÖÖNOTON AIKAISTAMINEN</b>	<b>19</b>
4.1 Järjestelmän sammutusvalmiuden kehittäminen	19
4.2 Järjestelmän käyttöönoton aikaistaminen voi luoda uusia ongelmia	21
4.3 Sammutusvalmiuden aikaistaminen erillisen pumppuyksikön avulla	21
4.3.1 Hyvät puolet	22
4.3.2 Huonot puolet	23
4.4 Sammutusvalmiuden aikaistaminen jäätymisenestoaineen avulla	23
4.4.1 Hyvät puolet	24
4.4.2 Huonot puolet	24
4.5 Sammutusvalmiuden aikaistaminen lämpövastusten avulla	25
4.5.1 Hyvät puolet	26
4.5.2 Huonot puolet	26
4.6 Paloturvallisuuden kehittäminen riskialueilla	27
4.6.1 Sprinklerin valmiuden keskittäminen	27
4.6.2 Joustavampi liitostapa hytteihin	28
4.6.3 Väliaikainen järjestely ilmastointihuoneisiin	29
<b>5 LOPPUPÄÄTELMÄT</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

## KUVAT

Kuva 1. Korkeapainesprinklerin toimintaperiaate	10
Kuva 2. Kuvaaja palavan materiaalin ja tulitöiden määrästä	20
Kuva 3. Laskelma jäätymisenestoaineen määrästä	25

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

SRtP = Safe Return to Port

ECR = Engine Control Unit

FERU = Floating Engine Room Unit

Bar = Baari eli paineen yksikkö

ton = Tonni eli 1000 kilogrammaa

cm = Senttimetri

Paloalue = Laiva on jaettu pitkittäissuunnassa usein 5-7 koko laivan korkuisiin alueisiin, jotka on mahdollista eristää toisistaan vesitiiviiden ovien avulla.

Yleinen alue = Laivassa oleva tila, jossa matkustajat saavat kulkea ja oleskella.

# 1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten laivan oma sprinkleri palonsammutusjärjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön jo aikaisemmin rakennusvaiheessa. Päätaavoite on löytää ratkaisuja joiden avulla sammutusjärjestelmä olisi mahdollista saada sammutusvalmiuteen jossain laivan osassa niin aikaisin kuin mahdollista. Palonsammutusjärjestelmän toiminnan aikaistaminen lisäksi palonsammutus tehokkuutta huomattavasti ja sitä kautta paloturvallisuutta laivan rakennusvaiheessa.

Työ tehdään toimeksiantona Meyer Turun telakalle, joten työn sisältö kohdistuu suurimmaksi osaksi juuri siellä valmistettaviin aluksiin ja toimintatapoihin. Työtä voidaan kuitenkin hyödyntää muillakin risteilyaluksia valmistavilla telakoilla ja varustamoilla. Opinnäytetyön aihe on hyvin ajankohtainen, sillä laivojen tuotantovolyymi on kasvanut huomattavasti muutaman vuoden sisällä Meyer Turun telakalla. Tämä tarkoittaa myös sitä, että työntekijöiden määrää on lisätty huomattavasti, mikä lisää tulipalon riskiä laivan rakennusvaiheessa. Laivanrakennuksessa käytetään paljon tulityövälineitä ja palavaa materiaalia on paljon, joten tulipalon riski on koko ajan suuri.

Opinnäytetyön alussa selitetään sprinklerijärjestelmän toimintaperiaate ja pääkomponentit. Pääkomponenteista käsitellään vain komponentit, jotka vaikuttavat järjestelmän päätoimintaan. Tekstissä keskitytään vain korkeapainesammutusjärjestelmään, koska se on yleisin sammutusjärjestelmä moderneissa matkustaja-aluksissa. Alussa esitetään myös systeemin hyvät ja huonot puolet verrattuna muihin yleisiin sammutusjärjestelmiin, joka selittää miksi kyseinen systeemi on niin suosittu laivateollisuudessa.

Tavoitteena työssä on löytää tapoja, joilla haluttu tavoite voitaisiin toteuttaa. Yksi suurimmista ongelmista sprinklerin käyttöönoton kannalta aikaisessa vaiheessa on kylmät sääolosuhteet Suomessa. Systeemi käyttää sammuttamiseen normaalia vettä, joten talvipakkasilla sitä ei voida järjestelmään laittaa jäätymisvaaran vuoksi. Yksi tämän työn tehtävistä on löytää ratkaisu jäätymisongelmaan. Järjestelmän käyttöönoton aikaistaminen voi luoda myös uusia ongelmia laivan rakennusvaiheessa, joten myös ne on otettu huomioon tässä työssä.

Tietoa opinnäytetyöhön on kerätty telakan henkilökunnalta, systeemitoimittajilta sekä muilta samankaltaisilta telakoilta. Referenssilainana työssä käytetään TUI Cruises

varustamon Meyer Turku Oy:lta tilaamaa New Mein Schiff 1 risteilijää. Kyseisen laivan tuotannon aloitus on ollut elokuussa 2016 ja luovutus huhtikuussa 2018. Suurin osa työssä käsiteltävistä esimerkeistä, tiedoista sekä toimintatavoista viittaavat Marioff Corporation Oy laitetoimittajan korkeapainevesisumupalonsammutusjärjestelmään, koska tämä systeemi oli käytössä referenssilavassa. Korkeapainesprinklersammutusjärjestelmät ovat kuitenkin usein hyvin samankaltaisia laitetoimittajasta riippumatta. Jokaisessa opinnäytetyön luvussa asioita käsitellään yleisellä tasolla ja pohditaan miten haluttuun tulokseen olisi mahdollista päästä ja mitä vaikeuksia se voi puolestaan aiheuttaa.



## 2. KORKEAPAINESAMMUTUSJÄRJESTELMÄ

Sprinklersammutusjärjestelmä on vain yksi laivan pääpalonsammutusjärjestelmistä. Korkeapainevesisumusammutus systeemi on kehittyneempi versio perinteisestä sprinkleri sammutusjärjestelmästä. Sprinklerin lisäksi toinen pakollinen sammutus systeemi suurissa risteilijöissä on vesipalossysteemi. Vesipalossysteemi koostuu paloposteista, joita sijoitetaan laivan tiloihin siten, että ne täyttävät tarvittavat säädökset ja niillä sammutus tapahtuu manuaalisesti vesiletkujen avulla. Näiden systeemien lisäksi pakollisiin palontorjuntavälineisiin lukeutuu käsipalossammuttimet, jotka sijoitetaan säännösten mukaisesti eri puolille laivaa palopostien tavoin. Usein risteilijöistä löytyy myös erillisiä erikoiskohteisiin asennettuja pieniä alueita kattavia sammutus systeemejä, kuten esimerkiksi kaasu-, vahto- ja pulverisammutusjärjestelmät. Korkeapainevesisumusammutusjärjestelmät ovat kuitenkin kehittyneet niin paljon, että niillä saadaan usein katettua myös erikoisvaatimuksia sisältäviä tiloja kuten laivan konehuoneet ja rasvakanavat.

### 2.1 Järjestelmän toimintaperiaate

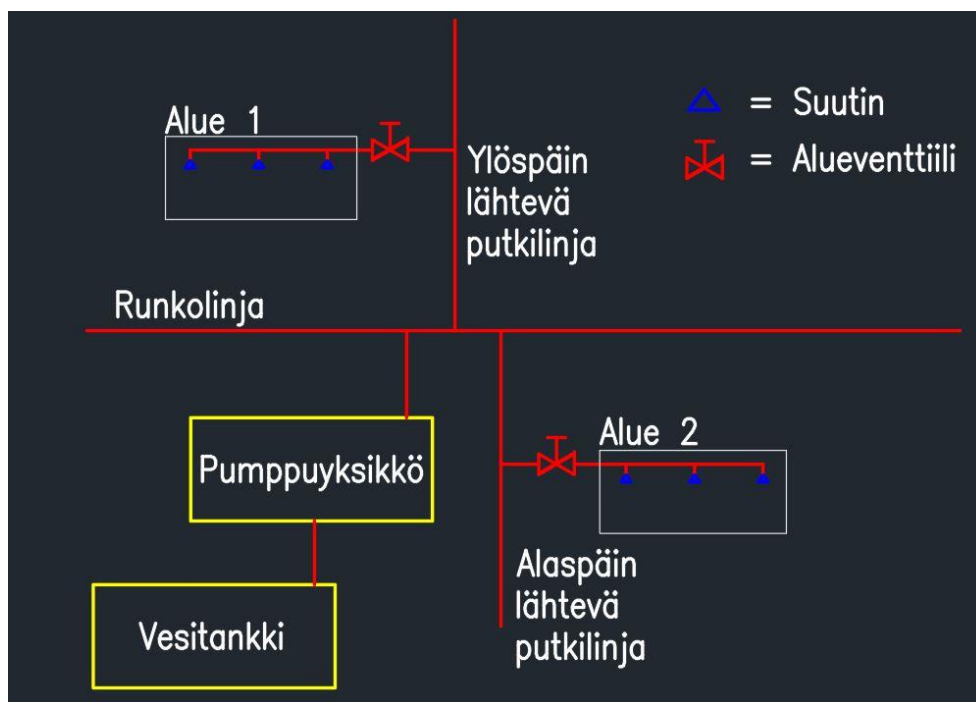
Korkeapainevesisumujärjestelmä on nopea ja täysin automaattinen palonsammutusjärjestelmä. Tällainen systeemi koostuu karkeasti lueteltuna vesitankeista, pumppuyksiköistä, putkistosta, venttiileistä, suuttimista sekä sähköisestä ohjausjärjestelmästä. Järjestelmä käyttää normaalia juomavettä tai teknistä vettä, joka paineistetaan pumppuyksikön avulla putkistoon ja sumutetaan katossa olevien suuttimien avulla palavaan kohteeseen. Tarkoin valmistetusta erikoissuuttimesta tuleva paksu vesisumu jäähdyttää paloa ja sen ympäröivää ilmaa, vähentää lämpösäteilyä sekä tukahduttaa hapen palavasta kohteesta.

Pumppuyksiköitä on risteilyaluksissa aina vähintään kaksi ja ne on sijoitettu eri paloalueille SRtP (Safe Return to Port) säännösten mukaisesti. Järjestelmän normaali paine on putkistossa systeemistä riippuen noin 25 bar, mutta sammutuspaine yleensä 110-150 bar. Tiivistetysti järjestelmä toimii siten, että sammutus alkaa joko ampullisuuttimen hajottua tai kun anturit havaitsevat tulipalon. Lukuun ottamatta erikoistiloja, kaikki yleiset alueet laivassa on katettu lasiampullisuuttimilla, jotka hajoavat automaattisesti lämmön noustessa ja alkavat tämän jälkeen sumuttaa vettä palavaan

kohteeseen. Suuttimen ampullin hajotessa sektoriventtiilien anturit havaitsevat virtauksen ja yksikössä oleva anturi paineen laskun putkistossa ja pumppuyksikkö käynnistyy. Yksikön startatessa se ahtaa putkistoon yli 100 bar sammutuspaineen, jonka jälkeen suuttimista tuleva vesisumu muuttuu entistä tiheämmäksi. Tulipalon sammuttua palanutta aluetta palveleva sektoriventtiili täytyy sulkea ja pumppuyksikkö tulee sammuttaa manuaalisesti. Tämän jälkeen yksikkö purkaa paineistetun veden pilssiin tai takaisin tankkiin ja rikkoutuneet suuttimet vaihdetaan uusiin. Joidenkin valmistajien suuttimiin saa pelkän lasiampullin vaihdettua, mutta useissa tilanteissa koko suutin joudutaan vaihtamaan uuteen. Tämänkaltaisia suuttimia on useissa eri lämpötiloissa rikkoutuvia, joten niitä voidaan käyttää myös kuumissa tiloissa kuten esimerkiksi saunassa. Suuttimen lämpötila tyyppin erottaa ampullin sisällä olevan nesteen väristä.

Laivasta löytyy usein myös monia tiloja joissa ei voida tai ei haluta käyttää edellä mainittuja ampullisuuttimia. Tällaisia ovat usein esimerkiksi korkeat tilat joissa lämpötilan nousu voisi kestää liian kauan tai tilat, joissa halutaan minimoida vahinkoloukeamiset ja vuodot. Tällaisissa tiloissa voidaan käyttää niisanottua kuivaputki menetelmää, jonka päässä on avonaiset suuttimet. Näissä tiloissa veden pääsy suuttimille on estetty venttiilin avulla, joka avautuu automaattisesti, kun tilassa olevat anturit havaitsevat tulipalon. Anturit ovat savu-, liekki- tai lämpötila antureita tai niiden yhdistelmiä.

Kuva 1. Korkeapainesprinklerin toimintaperiaate.



## 2.2 Järjestelmän hyvät ja huonot puolet

Korkeapainevesisammutusjärjestelmä on huomattavasti tehokkaampi ja usealla tavalla parempi, kuin esimerkiksi ennen vanhaan käytetty matalapainesprinklerisammutusjärjestelmä. Korkeapainesysteemi on nopea ja harmiton ympäristölle sekä ihmisille. Siinä vesimäärät ovat pieniä ja se on todettu hyvin toimivaksi systeemiksi laivoissa. Järjestelmä on myös kevyt ja käytännöllinen, koska sillä voidaan kattaa lähes koko laivan sammutustarpeet sprinklerin osalta ja putkikoot ovat pieniä korkeapaineen vuoksi. Putkikoolla on suuri merkitys aluksessa, koska laivassa ei ole suuria asennustiloja järjestelmille. Pienemmän putken asentaminen ja esimerkiksi taivuttaminen on myös rakennusvaiheessa huomattavasti helpompaa ja nopeampaa. Järjestelmän putkiliitoksia ei myöskään tehdä hitsaamalla toisin kuin usein matalapainesprinklerin kohdalla tehdään. Korkeapainesprinklerin putkiliitoksissa käytetään projektista riippuen esimerkiksi laippaliitoksia, sekä esipuristettuja puserusliittimiä. Systeemin putkien asennus ei siis vaadi tilityötä muuta kuin tiettyjen läpivientien ja kiinnikkeiden asennusten kohdalla. Tämä lisää taas paloturvallisuutta aluksen rakennusvaiheessa. Korkeapainesysteemi jäähdyttää tulipaloa ja sen ympäröivää ilmaa ja tämä on yksi sen parhaista ominaisuuksista (Marioff Corporation). Tämä ehkäisee tehokkaasti palon uudelleen syttymistä, helpottaa paloa sammuttavien ihmisten työtä ja tekee evakuoinnista huomattavasti turvallisempaa.

Kaikki edellä mainitut asiat ovat hyvin tärkeitä risteilyaluksissa, joihin ulkopuolisen avunsaanti voisi tulipalotilanteessa kestää useita tunteja. Laiva on myös hyvin pieni sen sisällä olevaan ihmismäärään verrattuna ja sieltä pakeneminen tulipalotilanteessa ei ole niin helppoa kuin esimerkiksi maapuolella. Laivateollisuudessa myös säädökset ovat huomattavasti tiukempia palonsammutusjärjestelmien osalta verrattuna maapuoleen.

## 2.3 Järjestelmän asentaminen laivaan

Turun telakalla laivan valmistus prosessi on toteutettu samaan tapaan kuin lähes jokaisella telakalla jossa rakennetaan suuria risteilijöitä. Tiivistettynä tuotanto toimii siten että laiva kootaan suuria lohkoja yhdistelemällä kuivatelakan pohjalla olevien pukkien päälle. Suurlohkoja kasataan järjestelmällisesti alhaalta ylöspäin ja samanaikaisesti niiden saumoja hitsataan yhteen. Kun kaikki lohkot ovat paikallaan ja vedenalaiset komponentit on asennettu, kuivatelakka täytetään vedellä ja laiva siirretään

varustelulaituriin. Iso osa suurlohkoista kasataan katetussa, kylmässä hallissa. Esimerkiksi Meyer Werft telakalla myös kuivatelakka on katettu, joten jokaisella telakalla laivan koonti ei tapahdu niin hankalissa sääolosuhteissa kuin Turun telakalla.

Suurlohkot voivat olla jopa viisi kantta korkeita ja koko laivan levyisiä. Suurlohkot pyritään varustelemaan mahdollisimman pitkälle jo ennen kuin ne nostetaan kuivatelakalle liitettäväksi. Esimerkiksi suuri osa korkeapainesprinklerin runkolinjasta asennetaan jo lohkoihin valmiiksi ja niiden päät liitetään yhteen, kun lohkot on nostettu kuivatelakalle ja niiden saumat on hitsattu kiinni. Tämä siksi että lohko on suurien komponenttien ja pitkien putkien osalta huomattavasti helpompi varustella vielä, kun se seisoo yksinään avonaisena telakka alueella. Kun lohko on nostettu kasaantuvaan laivaan, tilat käyvät ahtaammiksi ja esimerkiksi pitkien putkien vieminen käytäviä pitkin on mahdotonta.

Useimmissa projekteissa telakan oma henkilökunta asentaa vain osan sprinklerin runkolinjasta ja loput putkistosta asentaa alueiden alihankkijat. Telakan puolelta nämä asentajat ovat olleet järjestelmän käyttöönottoihin henkilöitä. Myös koeponnistuksesta sekä putkistojen myynneistä telakan omat työntekijät hoitavat vain itse asentamansa alueet, eli hyvin pienen osan. Tämä tarkoittaa siis sitä, että kaikki sprinklerin aikaistamiseen liittyvät asiat vaikuttavat mahdollisesti suuresti myös telakan alihankkijoihin ja heidän toimintatapoihinsa, sekä heidän aikatauluksiinsa.

Kuitenkin nykyään monessa projektissa Turun telakalla käytetään FERU (Floating Engine Room Unit) menetelmää, jossa laivan konetilat sekä niitä ympäröivät tekniset tilat tilataan valmiiksi varusteltuina paketteina muualta. FERU paketit ovat kuitenkin vielä kehitysvaiheessa ja niiden valmius ei ole vielä tässä vaiheessa ollut sellaiset kuin suunniteltu. FERU lohkot ovat vaatineet huomattavasti muokkaus työtä niiden saavuttua eikä niiden varustelutaso ole ollut täysin kattava niin kuin on suunniteltu.

### 2.3.1 Pumppuyksiköt ja vesitankit

Pumppuyksiköt koostuvat useista sähkömoottoreista, jotka pyörittävät kukin korkeapaine vesipumppuja. Yksikkö on suuri ja painava, joten se on yksi niistä komponenteista, joka nostetaan laivaan jo hyvin aikaisessa vaiheessa. Yksikkö vaatii toimiakseen suuren määrän sähköä sekä vettä, jolla mahdollinen sammutus toteutetaan (Palaveri #1). Veden pumppuyksiköt ottavat usein omasta runkotakistaan, mutta jossain tapauksissa yksikkö voi ottaa veden myös laivan juomavesitankista. Valmiilla järjestelmällä on myös

mahdollisuus käyttää merivettä sammutusvetenä, jos sen omat vesitankit tyhjenevät (Janne L. 2019). Meriveden käyttö ei kuitenkaan ole suotavaa edes rakennusaikana, sillä merivesi on hyvin suolaista ja sitä kautta putkistoa syövyttävää. Pumppuyksiköitä ohjataan systeemin omilta kytkinpaneeleilta, jotka löytyvät aina ainakin kahdesta erillisestä paikasta. Usein nämä paikat ovat aluksen ohjaamo, ECR (Engine Control Room) sekä pumppuyksiköiden vierestä.

### 2.3.2 Putkisto, venttiilit ja anturit

Putkiston ja venttiilien materiaalina käytetään lähes poikkeuksetta haponkestävää terästä. Korkeapaine sprinklerin putkikoot ovat melko pieniä, sillä myös vesimäärät ovat korkeanpaineen takia saatu minimoitua. Putkien seinämävahvuudet ovat kuitenkin suuria, että putkisto kestää kovan paineen. Putkisto on suunniteltu ja toteutettu siten että pumppuyksiköiltä nousevat putket liittyvät pitkittäiseen linjaan, joka kulkee laivan paloaluiden läpi yhdellä ja samalla kannella. Putkiston pitkittäislinja eli runkolinja on yleensä sijoitettu aluksen alakansille mutta kuitenkin vesilinjan yläpuolelle. Tästä pitkittäis linjasta otetaan vähintään yksi pystylinja ylös- ja alaspäin jokaisella paloalueella, josta haarautuu pienemmät putket sen paloalueen eri tiloihin.

Jokainen alue on erikseen eristettävissä systeemistä alueventtiilin avulla. Pystylinjat ja alueventtiilit koitetaan aina sijoittaa portaikkoihin, jossa asennus ja systeemin käyttö on helppoa. Yhden alueventtiilin takana oleva alue on usein yhden kannen ja yhden paloalueen kokoinen alue. Tämä ei kuitenkaan toteudu esimerkiksi konetiloissa, portaikoissa ja muissa erikoistiloissa. Konehuoneiden alueventtiilit ovat usein myös kaukolaukaistavissa, toisin kuin yleistenalueiden alueventtiilit. Yleistenalueiden alueventtiilit sisältävät usein itse sulkuventtiilin lisäksi painemittarin, testiventtiilin sekä virtaus anturin.

Venttiilissä oleva virtausanturi indikoi tulipalotilanteessa alueen, jossa tulipalo on syttynyt. Kun esimerkiksi yleisellä alueella oleva lasiampullisuutin hajoaa, putkistoon tulee saman tien virtausta ja paine laskee, koska vettä alkaa virrata normaalipaineen kovuudella suuttimesta palavaan kohteeseen. Koko laivan mittaisen pitkittäislinjan lisäksi usein ylemmällä kannella menee toinen pitkittäislinja, jota kutsutaan kiertolinjaksi. Kiertolinjan avulla saadaan laivasta eristettyä suurempiakin alueita ilman että se sulkee veden tulon viereisiin alueisiin. SRtP säännöt vaativat, että vaikka laivasta menetettäisiin yksi kokonainen A-rajapinnoilla rajattu alue, systeemin täytyy silti toimia kaikilla muilla

alueilla (Janne L. 2019). Tämän vuoksi yksiköitä tulee siis olla vähintäänkin kaksi ja palonkestävä kiertolinja on pakollinen.

### 3 PALONSAMMUTUSKAPASITEETTI LAIVAN RAKENNUSVAIHEESSA

#### 3.1 Palonsammutus laivan rakennusvaiheessa nykyään

Nykyään rakennusaikainen palonsuojelu Turun telakalla on alkuvaiheessa toteutettu pelkästään käsisammuttimilla. Sammuttimien määrää on kuitenkin alettu lisäämään myös lohkoihin jo niiden aikaisessa varusteluvaiheessa, koska laivojen ja niiden lohkojen koot kasvavat koko ajan (Palaveri #3 2019). Kölinlaskun jälkeen, kun lohkoja on saatu yhdisteltyä kuivatelakalla, telakan omat palomiehet asennuttavat laivaan savu- ja lämpötunnistimia. Kun anturit havaitsevat palonalun, palomiehet näkevät suoraan omalta näytöltään missä päin laivaa anturi hälyttää (Palaveri #3 2019). Tämän jälkeen paikalle kutsutaan heti lähimpänä oleva palomies tarkastamaan palon suuruutta samalla kun muut valmistautuvat lähtemään sammutusoperaatioon. Antureita lisätään laivaan koko ajan sitä mukaan, kun laivan rakennus etenee ja antureita voi laivakoosta riippuen olla rakennusvaiheessa jopa yli 1000 kpl (Janne M. 2018). Tulitöitä tehdessä tuotannon henkilökunnan täytyy aina anoa palomiehiltä tulityölupa tulitöiden tekemiseen, jos sillä alueella sellainen vaaditaan. Palomiehet tulevat aina tarkastaman kohteen ja lupa annetaan paikan päällä kohteessa. Samalla palomiehet sammuttavat tulityön läheisyydessä olevat paloanturit, jotta vältetään turhilta hälytyksiltä.

Aluksen vesillelaskun jälkeen sprinklerin runkovesitankkiin voidaan ottaa vesi, koska jäätymisvaraa ei enää ole. Vesillelaskun jälkeen muutaman viikon sisällä laiva kiinnitetään rantasähköön ja tämän jälkeen pumpuille aletaan saada riittävästi ja luotettavasti sähköä aluksen omia kaapeleita ja jakeluhuoneita pitkin (Janne M. 2018). Tämän jälkeen sprinklerijärjestelmän toimittaja voi ottaa pumppuyksikön tai yksiköt käyttöön ja asettaa ne valmiustilaan. Nyt systeemi on siis sammutus valmiudessa niiltä osin, kun putkisto on rakennettu. Kun putkiston runkolinja on koeponnistettu ja myyty, voidaan linja täyttää vedellä ylöspäin lähtevien linjojen sulkuventtiileille asti. Tässä kohtaa palomiehet voivat käyttää sprinklerisammutusta manuaalisesti avukseen tarpeen vaatiessa.

Palomiehet pyrkivät siihen, että laivassa olisi aina vähintään yksi ihminen kiertämässä. Kun hälytys saadaan ihmiseltä tai antureilta, lähin henkilö menee niin nopeasti kuin mahdollista paikalle katsomaan ja arvioimaan palon suuruutta. Suurin osa antureiden kautta tulevista hälytyksistä on vääriä hälytyksiä, jotka aiheutuvat läheisyydessä tehdystä tulityöstä. Myöskin suurin osa alkaneista pienistä palonaluista tulee sammutettua tuotannon työntekijän johdosta käsisammuttimella jo ennen kuin palomiehet ehtivät paikalle. Palohälytyksen jälkeen ensimmäinen paikalla ollut palomies ilmoittaa muulle porukalle jotka valmistautuvat jo sammutusoperaatioon, että minkä kokoisesta palosta on kyse ja aloittaa alkusammutuksen. Muu porukka tulee paikalle noin 2 minuutissa ja pohtivat vaatiiko tapahtuma evakuointia. Aikaisessa rakennusvaiheessa sprinkleri ei ole kaikilta osin luotettava sammutusjärjestelmä ja siksi se on palomiehille vain toissijainen apuväline rakennusvaiheessa, jota käytetään vain mahdollisesti lisäapuna. (Palaveri #3 2019)

Sammutus tapahtuu telakan palomiesten omilla laitteistoilla mutta jos laivan oma sprinklerijärjestelmä on toimintavalmiudessa voi palomies avata sprinklerin runkolinjan ja ylöspäin lähtevän linjan välisen venttiilin ja ottaa laivan oman sammutusjärjestelmän avukseen (Palaveri #3 2019). Venttiilin avauksen jälkeen vesi pääsee virtamaan venttiililtä eteenpäin palavalle alueelle ja samalla putkiston paine laskee, jolloin pumppuyksikkö käynnistyy automaattisesti. Jos palavan alueen osalta on sprinklerin putket koeponnistettu ja myyty, niin suurella todennäköisyydellä sen alueen alueventtiili on jo paikoillaan ja auki. Tilanteessa on kuitenkin riskinä, että palavan alueen putkisto ei ole vielä valmis ja vesi ei pääsekään palavaan kohteeseen tai putken pää on jostain kohdin auki ja syntyy suuri vesivahinko. Tämän vuoksi on tärkeää, että suuttimet asennetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa laivaan ja että ne kiinnitetään väliaikaisesti kattoon tai muuhun olemassa olevaan rakenteeseen. Suuttimet asennetaan yleisillä alueilla lähes poikkeuksetta joustavan teräspunosletkun päähän, joten sen suuntaaminen alaspäin ja väliaikainen kiinnittäminen on helppoa esimerkiksi nippusiteen avulla.



### 3.2 Systeemin käyttöönottoon vaikuttavat tekijät

Sprinklerijärjestelmän käyttöönottovalmiuteen tarvitaan sammutukseen käytettävää nestettä, sähköä pumppuyksikölle sekä asennettu putkisto, jota pitkin vesi pääsee virtaamaan suuttimille. Kaikkien näiden toteuttamisessa laivanrakennuksen alkuvaiheessa on omat hankaluutensa, jotka eivät kaikki ole edes riippuvaisia projektista. Kuitenkin protolaivat luovat aina huomattavasti enemmän hankaluuksia ja suuret laivat huomattavasti enemmän työtä niin tuotannon kuin suunnittelunkin suhteen.

Yksi Sprinklerisysteemin käyttöönottoon liittyvä ongelma on riittävän vedensaanti pumppuyksiköille. Suomen kylmissä sääolosuhteissa ei voida vettä ottaa sprinklerin tankkiin ennen vesillelaskua, vaikka tankki olisikin jo valmis ja myyty. Ennen myyntiä tankkiin täytyy tehdä koeponnistus sekä maalaus (Reijo L. 2019). Myynnin yhteydessä tankin tarkastaa tilaaja sekä luokan tarkastajat. Vedessä ollessa aluksen runkotankin lämpötila ei pääse nollan alapuolelle niin kuin kuivatelakalla, joten jäätymisvaaraa ei enää ole. Runkotankin tai systeemin osien jäätyminen voisi aiheuttaa suuria tuhoja jopa laivan runkoon tai kalliiden ja suurien komponenttien hajoamisia. Rungon koontivaiheessa laivassa on myös paljon suuria aukkoja, josta nostetaan tavaraa sisään ja lämpimiä alueita alkaa kehittyä vasta hyvinkin myöhäisessä vaiheessa (Juho A. 2019). Tämä tarkoittaa sitä, että myös putkiston jäätymisvaara on tankin lisäksi suuressa roolissa ja pitkän aikaa. Koko laiva alkaa olla kaikkien alueiden osalta lämmin vasta 2-4 kuukautta vesillelaskun jälkeen riippuen projektista ja vuodenajasta jolloin projektia rakennetaan.

Yksi käytännön asia joka viivästyttää sprinkleri sammutuksen käyttöönottoa on alueiden valmiustaso putkiston osalta. Liian myöhäisessä vaiheessa valmistuvat alueet ovat suuri ongelma jo nykyään käytössä olevan rakennusaikaisen sprinklerin käyttöönoton aikataulun kanssa (Palaveri #1 2018). Seuraavan projektin lohkojen valmistus ja varustelu aloitetaan jo paljon ennen kuin edellinen projekti on saatu luovutettua. Laivan rakennuksen loppuvaiheessa töitä riittää paljon ja aluerakentajien tähtäimessä on vain saada valmistuva laiva varustelulaiturissa valmiiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että usein työntekijöitä ei riitä varustelemaan lohkoja haluttuun pisteeseen asti ja suurempi osa asennuksista joudutaan tekemään vasta laivassa. Tilauskirjan tiheyden ja kiireiden vuoksi sprinkleriä ei olla saatu muutaman projektin kohdalla rakennusaikaiseen sammutusvalmiuteen edes nykyään käytettävän suunnitelman mukaan ajoissa. Lisää työvoimaa tarvittaisiin siis jo, että päästäisiin edes nykyään suunniteltuun sprinklerin

rakennusaikaiseen sammutusvalmiuteen ja onneksi rekrytointeja on alettu suorittaa Turun telakalla kehitysprojektien yhteydessä (Janne L. 2019).

Protolaivoissa usein ongelmaksi koituu myös liian myöhäisessä vaiheessa tulevat kuvapäivitykset, joita ei saada ajoissa päivitettyä työkuviin. Kuvapäivitykset johtuvat usein arkkitehtien tekemistä muutoksista tai liian myöhään tilaajalta tai luokalta saaduista kuva kommentteista. Kaaviopäivitykset lisäävät paljon muokkauksia ja korjauksia jo asennettuihin putkistoihin laivassa. Protolaivojen kohdalla keskeneräisten putkistokaavioiden takia myös lohkojenvarustelu jää usein vähemmälle putkistojen osalta. (Palaveri #2 2018)

## 4 SYSTEEMIN KÄYTTÖÖNOTON AIKAISTAMINEN

### 4.1 Järjestelmän sammutusvalmiuden kehittäminen

Suurin syy minkä takia palonsammutusjärjestelmiä halutaan kehittää laivan aikaisessa rakennusvaiheessa, on paloturvallisuus. Suuria tulipalotilanteita ei laivateollisuudessa tapahdu vuosittain, mutta niitä mahtuu historiaan kuitenkin monia. Suurituhoiset tulipalot voivat vaikuttaa maailmanlaajuisesti laivateollisuuden vakuutushintojen nousuihin, sekä uusien turvallisuussäädösten kehittymiseen (Pekka R. 2019). Alla olevasta havainnollistavasta kuvaajasta (Kuva 2.) selviää missä kohtaa laivan rakennusvaihetta tulitöitä tehdään eniten ja miten palokuorman määrä kasvaa projektin edetessä. Tulitöitä tehdään eniten juuri ennen laivan vesillelaskua ja samaan aikaan palokuorman määrä on jo kasvanut huomattavasti yli 50 % siitä mitä se tulee suurimmillaan olemaan (Pekka R. 2019).

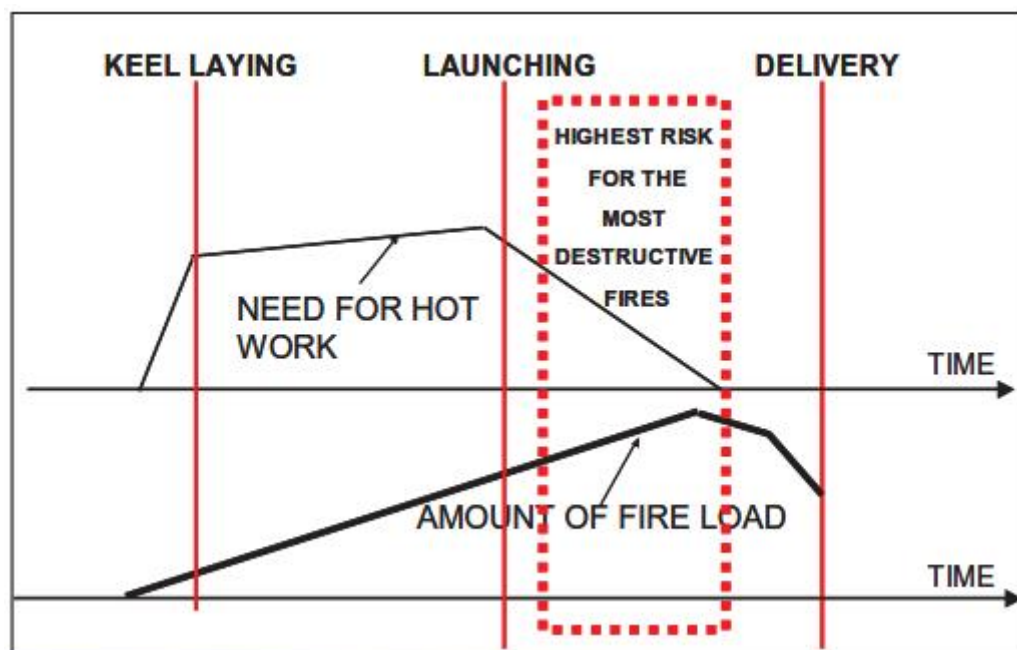
Turun telakalla vuonna 2018 käyttöön otettu uusi 1200 ton nosturi mahdollistaa esimerkiksi suurien lohkojen varustelun huomattavasti pidemmälle kuin ennen, sillä uuden nosturin nostokapasiteetti on kaksi kertaa suurempi kuin vanhalla pukkinosturilla. Tämän lisäksi tilojen ja systeempakettien modulointi on kehittynyt paljon, joka tarkoittaa sitä, että tavaraa saadaan jo hyvin aikaisessa vaiheessa kiinnitettyä lohkoihin täysin varusteltuina ja tiiviinä paketti kokonaisuuksina. Alla olevaan kuvaajaan (kuva 2.) on myös hahmoteltu laatikko, joka havainnollistaa aikaa rakennusvaiheessa jolloin on suurin todennäköisyys tuhoisammalle tulipalolle. Lohkojen kasvatettu varustelutaso ennen nostoa tarkoittaa sitä, että palokuorman määrä laivassa kasvaa jo aikaisemmassa vaiheessa. Tämä johtaa siihen, että palavan tavarän määrä tulee kasvamaan vaiheessa, jossa tulitöitä tehdään eniten ja aikaväli jolloin on suurin todennäköisyys tuhoisalle palolle kasvaa vielä lähemmäs vesillelaskua. Kuvaajasta voi päätellä, että paloturvallisuuden näkökulmasta laivan sprinklerisammutusjärjestelmä olisi tärkeää saada toimintakuntoon jo ennen vesillelaskua.

Telakoilla sattuneista tulipaloista 80 % johtuu polttoleikkauksesta, hitsaamisesta tai hiomisesta ja 12 % Sähkö systeemeistä. Itsekseen syttyneitä tai esimerkiksi tupakasta johtuneita palonalkuja on vähän. Euroopan telakoiden tilastojen mukaan tulitöistä aiheutuneet palonalut jakaantuvat seuraavasti. 36 % polttoleikkauksesta, 41 %

hitsauksesta ja 3 % hiomisesta. Eri telakoilla sattuneiden palojen määrä vaihtelee hieman, mutta ei merkittävästi. (Pekka R. 2014, s.90 ja s.97)

Turun telakalla ylivoimaisesti suurin tulipalon aiheuttaja on tulityöt, jotka sytyttävät vieressä olevan pakkausmateriaalin tuleen (Palaveri #3 2019).

Kuva 2. Pekka R. 2014



Myös se, että Turun telakalla rakennetaan suuria risteilijöitä, lisää tarvetta rakennusaikaisen palonsuojelun kehittämiseksi. Risteilijöissä on helposti syttyvää sisustusmateriaalia moninkertaisesti enemmän kuin esimerkiksi rahtialuksissa. Tämä lisää automaattisesti myös roskaa määrää laivan rakennusvaiheessa. Alusten suuri koko sekä risteilijöiden sokkeloiset käytävät aiheuttavat myös sen, että tulipalo tai evakuointi tilanteissa laivasta ulospääsy voi olla hankalaa (Palaveri #3 2019). Hätäuloskäynnit voivat laivassa olla alkuvaiheissa hyvinkin pitkiä ja hankalakulkuisia etenkin, jos laivassa on jo savua. Savun lisäksi käytävillä on rakennusaikana valtavat määrät letkuja, johtoja sekä muita välttämättömiä työskentelyyn tarvittavia komponentteja.

Turun telakalla tuotetaan paljon protolaivoja, jotka luovat huomattavasti enemmän haasteita kuin sarjalaivat. Yksi suuri ongelma protolaivojen kohdalla on se, että työkuvat tulevat tuotantoon liian myöhäisessä vaiheessa ja muutoksia kaavioihin syntyy jopa valmiiksi rakennetuille alueille (Palaveri #3 2019). Nämä aiheuttavat sen, että tulityötä joudutaan tekemään vielä hyvinkin myöhäisessä vaiheessa joko muutosten tai

myöhästyneiden alueiden takia. Lohkovaiheessa tehdyt tulityöt ovat huomattavasti turvallisempia kuin sisustetussa aluksessa.

#### 4.2 Järjestelmän käyttöönoton aikaistaminen voi luoda uusia ongelmia

Turun telakalla sprinklerin aikaistamista on kokeiltu siten, että aluerakentajat määrättiin asentamaan sprinklerin putket sekä suuttimet laivaan niin aikaisin kuin vain mahdollista. Tästä koitui suuria ongelmia järjestelmän käyttöönotossa ja asennuksen laadussa. Liitosvuotoja, rikkoutuneita suuttimia ja vääränlaisia suuttimia löytyi ennätysmäärä laivasta. Lisäksi putkistosta löytyi useita kohtia, joissa putki oli vahingoittunut kipinöiden tai muiden komponenttien asennusten vuoksi ja niitä jouduttiin uusimaan. Näiden ongelmien lisäksi komponenttien hävikki oli valtavaa ja tästä koitui suuria ylimääräisiä kustannuksia telakalle. (Janne M. 2018)

Putkiston asentaminen hyvinkin aikaisessa vaiheessa laivaan johti myös siihen, että muutoksia jouduttiin tekemään huomattava määrä jo asennettuihin putkiin. Tämä johti siihen, että systeemin putkistoon kertyi valtava määrä likaa ja käyttöönottoihin oli mahdotonta pitää kirjaa valmiista alueista (Janne M. 2018). Putkistossa oleva lika voi vahingoittaa venttiileitä ja pahimmassa tapauksessa lika kerääntyy suuttimiin ja niiden sammutusteho heikkenee huomattavasti. Alueiden valmiuden kirjanpidon hankaloituminen johti siihen, että huomattaviakin puutteita suuttimien määrissä ja sijoituspaikoissa tuli ilmi vasta hetki ennen laivan luovutusta. Tämä puolestaan aiheutti sen, että valmiita alueita jouduttiin purkamaan ja tekemään uusiksi sprinklerin putkien muutosten takia. Lähes valmiissa laivassa tällaiset korjaukset voivat johtaa pahimmassa tapauksessa jopa laivan luovutuksen myöhästymiseen ja sitä kautta luoda telakalle valtavia tappioita. Järjestelmän valmiuden kirjanpidon hankaloituminen voisi johtaa myös tulipalotilanteessa siihen, että sprinkleriä käyttäessä putkistosta löytyy avonaisia päitä, jotka synnyttäisivät turhia vesivahinkoja laivassa (Palaveri #1 2018).

#### 4.3 Sammutusvalmiuden aikaistaminen erillisen pumppuyksikön avulla

Yksi keino jolla sprinklerin käyttöönoton aikaistamista voitaisiin kehittää olisi käyttää erillistä korkeapainepumppuyksikköä. Pumppuyksikkö olisi rannassa kuivatelakan vieressä esimerkiksi liikuteltavassa kontissa ja yhdistettäisiin vesiletkun avulla väliaikaisesti laivan putkistoon, kun putkiston valmius olisi tietyssä pisteessä. Kuitenkin

projektissa jossa käytetään FERU menetelmää, putkistoa on rakennettu laivaan jo ainakin muutaman kannen verran ja pituus suunnassa ainakin molempien konehuoneiden verran valmiiksi. Pumppuyksikkö olisi siis periaatteessa valmis yhdistettäväksi heti kölinlaskun jälkeen hyvin pienelle alueelle. Tulipalotilanteessa telakan palomiehet voisivat tarvittaessa ohjata yksikköä rannasta. Sähköä yksikölle on helppo saada maista tai diesel generaattorin avulla ja veden yksikkö voi ottaa kunnan vesijohtoverkosta (Alexander K. 2018). Tyhjän putkiston täyttö ja sen lisäksi sammutusveden tarve on sammutustilanteesta tilanteesta riippuen melko suuri, joten kunnan vedestä automaattisesti täyttyvä tankki olisi kuitenkin luultavasti ehdoton vaihtoehto (Ingo W. 2018).

#### 4.3.1 Hyvät puolet

Aikaistamisen kannalta erillinen pumppuyksikkö olisi monella tapaa hyvä ja helppo ratkaisu. Rakennusaikaisen sammutuksen käyttöönotto vaatisi ainoastaan osittain valmiin putkiston, koska pumppu ja sammutusvesi olisi rannassa jo valmiina. Ei tarvitsisi erikseen huolehtia laivan oman pumppuyksikön käyttöönotosta, sähkön saannista, tankin valmiudesta tai veden jäätymisestä. Lähes kaikki suurimmat ongelmat, jotka estävät laivan oman järjestelmän käyttöönoton jo aikaisessa rakennusvaiheessa tulisi ratkaistua tällä menetelmällä. Pumppuyksikkö olisi myös tuttu sen käyttäjille eli palomiehille tulipalotilanteessa, koska yksikkö olisi jokaisessa projektissa sama. Rannassa oleva erillinen yksikkö mahdollistaisi myös sen, että jokaiseen projektiin ei tarvitse tehdä erikseen uutta suunnitelmaa laivan omien pumppujen käyttöönotosta vaan yksikkö olisi heti sammutusvalmiudessa ja vain väliaikainen liitostapa ja paikka tulisi selvittää.

Erillinen rannassa oleva pumppuyksikkö helpottaisi myös käyttöönototiimin työtä. Nykyään heillä on käytössä erillinen liikuteltava korkeapainepumppu, jolla putkistoa koeponnistetaan rakennusvaiheen edetessä. Pumppu täytyy aina erikseen raahata laivaan ja tuoda sille vesi rannasta. Jos mietitään tilannetta, jossa ulkona on pakkasta, täytyy erillinen pumppu sekä vesiletkut kerätä pois aina koeponnistuksen jälkeen. Järjestelmän käyttöönototiimi sekä aluerakentajat voisivat hyödyntää rannassa olevaa pumppua myös systeemin putkiston koeponnistukseen.

Yksikön käyttö loisi myös hyvää ja innovatiivista kuvaa telakan toimintatavoista paloturvallisuuden suhteen. Tämä näyttää hyvältä tilaajan silmissä ja telakan

maailmanlaajuisen maineen kannalta. Yksikön käytön avulla on myös vakuutusyhtiölle helppo perustella laivan rakennusaikaisen paloturvallisuuden kehittymistä telakalla. Yksikön käyttö voisi myös edistää ajallisesti järjestelmän käyttöönottoa, koska se helpottaisi putkiston koeponnistamista.

#### 4.3.2 Huonot puolet

Suurin miinuspuoli erillisen pumppuyksikön kanssa on sen kallis hankintahinta ja suuret ylläpitokulut (Ingo W. 2018). Korkeapainepumppuyksiköt ovat hyvin arvokkaita ja niiden huoltaminen kallista (Janne L. 2019). Yksikön lisäksi tulisi hankkia laitteistolle lämmitetty tila sekä vesitankki. Myös pumppuyksikön yhdistäminen on hankalaa ja kallista toteuttaa järjestelmän korkeapaineluokan vuoksi. Korkeapaineletkun tulisi olla monia kymmeniä metrejä pitkä ja varustettu automaattiventtiilillä, että vesi pääsisi letkuun vasta sammutustilanteessa jäätymisvaaranvuoksi.

#### 4.4 Sammutusvalmiuden aikaistaminen jäätyminenestoaineen avulla

Sammutusveden jäätymisvaara putkistossa sekä tankissa on mahdollista ehkäistä sekoittamalla jäätyminenestoainetta veteen (Ultrafog). Markkinoilta löytyy useita erilaisia jäätyminen estoaineita, mutta suurin osa niistä on ominaisuuksiltaan sellaisia, etteivät ne sovellu palonsammutukseen (Temper technology). Useat jäätyminenestoaineet ovat alkoholipohjaisia, joka tarkoittaa sitä, että ne ovat palavia nesteitä. Jäätyminenestoainetta käyttäessä järjestelmä käyttäisi siis laivan omaa pumppua ja tankkia mahdollisessa tulipalotilanteessa. Aikaistaminen perustuisi siihen, että sammutusneste voitaisiin laskea tankkiin tai jopa runkolinjaan asti heti kun tankki ja putkisto olisivat näiltä osin kunnossa.

Projekteissa joissa käytetään FERU menetelmää, myös sprinklerin tankki sijoittuu lähes poikkeuksetta aina näihin lohkoihin, joka tarkoittaa sitä, että tankki on käyttövalmis jo telakalle saapuessaan. FERU yksikkö on usein niin suuri, että myös huoltokäytävä, johon runkolinja on asennettu, sijoittuu näihin lohkoihin. Periaatteessa tämä tarkoittaa sitä, että nykyään heti kun FERU on saatu rakennusaltaan pohjalle eli toisin sanoen kölinlasku on suoritettu, voitaisiin tankkiin ottaa vesi ja käyttää laivan omaa pumppua

sammutustilanteessa. Tässä kohtaa käytäntöä ajatellen pakkastilanteessa jäätyminenestoaineen käyttö olisi helppoa ja sammutusneste olisi mahdollista ottaa jopa päistä tulpattuun runkolinjaan todella aikaisessa vaiheessa.

#### 4.4.1 Hyvät puolet

Yksi suuri etu jäätyminenestoaineen käytössä on se, että sen käyttö sopii hyvin yhteen FERU pakettien kanssa. FERU lohkoja käyttäessä myös tankin lisäksi usein yksi tai useampi pumppuyksikkö on jo valmiina laivassa osittain valmiin putkiston kera. Tämä edesauttaa huomattavasti laivan omien yksiköiden käyttöönottoa ja vähentää erillisen rannassa olevan pumppuyksikön tarvetta.

Toinen suuri etu on siinä, että sammutusneste voitaisiin mahdollisuuksien mukaan ottaa jopa suuttimille asti, eikä vain ylöspäin lähtevien linjojen venttiilien taakse. Jos jokin alue olisi siis putkiston ja suuttimien asennusten osalta siten valmis, ettei avonaisia päitä enää ole, voitaisiin vesi ottaa sen alueen suuttimille asti, vaikkei alueella olisi vielä lämpöä. Tämä helpottaisi huomattavasti palomiesten toimintaa sammutustilanteessa, koska heidän ei tarvitse keskittyä siihen minkä venttiiliin joutuu avaamaan, että vesivirtaa oikealle alueelle. Sammutus tapahtuisi myös huomattavasti nopeammin ja osittain automaattisesti, koska ampullisuutin päästäisi tulipalotilanteessa nesteen suoraan palavaan kohteeseen. Edellä mainittu tilanne vaatii kuitenkin sen, että pumppuyksikkö on valmiustilassa ja mahdollisesta käynnistymisestä pitäisi tulla indikointi henkilölle, joka pystyy sammuttamaan yksikön tarpeen vaatiessa.

#### 4.4.2 Huonot puolet

Jäätyminenestoaineen käytön suurimmaksi ongelmaksi koituu se, että jäätyminenestoaineet ovat kaikki jossain määrin syövyttäviä aineita. Vaikka kyseessä onkin vain väliaikaisesta nesteestä putkistossa se tarkoittaa kuitenkin sitä, että koko laivan putkisto pitäisi nesteen poiston jälkeen huuhdella perusteellisesti. Tämä lisää työn määrää huomattavasti ja koko järjestelmän huuhteleminen täydellisesti on hyvin hankalaa, eikä mitenkään pystytä varmistumaan siitä onko neste poistettu jokaisesta putkihaarasta. Korkeapainesprinklerinputkisto on valmistettu kokonaisuudessaan



haponkestävästä teräksestä, mutta useat liitoksissa käytettävät komponentit, ovat hapettuneet jo pelkästään sammutusveden ollessa niiden sisällä (Palaveri #1 2018). Jäätymisenestoaine voi myös vahingoittaa pumppuyksikön sisällä olevia komponentteja ja tiivisteitä sekä tankin maalia valittaessa tulisi ottaa huomioon, että tankin sisässä tulee olemaan muutakin kuin vettä.

Myös palonsammutus, vuoto tai testaus tilanteessa nesteen käyttö koituu ongelmaksi, sillä ne ovat usein hyvin tahraavia aineita. Testauksia ja muokkauksia putkistoon tehdään vielä hyvinkin myöhäisessä vaiheessa, jolloin laivassa voi olla jo kaikki sisustusmateriaali mattoa myöten asennettuna. Tämän takia pitäisi kaikki työt ja testit tehdä hallitusti esimerkiksi erilliseen astiaan, jottei aine pilaisi sisustuspintoja. Myös tämä aiheuttaisi valtavan määrän lisätyötä tuotannolle ja monessa tilanteessa tilojen suojaaminen tahroilta on mahdotonta. Näiden asioiden vuoksi myös tilaaja voi olla skeptinen kyseisen aineen käyttöön putkistossa. Vaikka kyse onkin vain rakennusaikaisesta tavasta voi aineesta jäädä jäämiä putkistoon, jotka voivat aiheuttaa ongelmia myöhemmin. Alla olevassa taulukossa (Kuva 3.) on karkea hahmotelma, paljonko nestettä tarvittaisiin pelkästään referenssilaitan pitkittäis runkolinjaan ja pumppujen pystylinjoihin.

Kuva 3.

NB392 Estimated Main Pipeline Amount			
60,3mm pipe	310 meters		
Amount of Glykol/Water			
60,3mm Diameter:	52,48 mm	Radius:	0,02624 m
$V = \pi * r^2 * h$			
Pipe 60,3mm	0,671 m <sup>3</sup>	671 Liters	
Total Amount:		671 Liters	

#### 4.5 Sammutusvalmiuden aikaistaminen lämpövastusten avulla

Sammutusveden jäätyminen on mahdollista estää myös lämmitysvastusten avulla. Lämmitysvastukset asennetaan lämmitettävän komponentin pintaan eli tässä

tapauksessa putken päälle ja mahdollisesti tankin pintaan. Tämän jälkeen vastuksen päälle asennetaan eriste, jotta sähkövastuksen lämmöstä mahdollisimman pieni osa menisi hukkaan. Vastus lämmittää komponenttia ja sen sisällä olevan nesteen ja näin estää sen jäätyminen. Myös vesitankin jäätyminen on mahdollista estää lämpövastusten avulla, mutta sen asentaminen esimerkiksi runkotankin jokaiselle sivulle on mahdotonta.

Turun telakalla lämpövastuksia on jo yhdessä menneisyyden projektin rakennusvaiheessa käytetty, mutta tuntemattomasta syystä niiden käyttöä ei jatkettu. Vastukset oli asennettu putkiston runkolinjaan nousulinjojen venttiileille asti, jotta vesi saatiin turvallisesti otettua venttiilien taakse ilman jäätymisvaaraa. Näin ollen nykyään käytössä oleva rakennusaikainen sammutustapa voitiin ottaa käyttöön, vaikka laivan runkolinja ja siitä haarautuvat venttiilit eivät olleet lämpimässä tilassa. (Palaveri #1 2018)

#### 4.5.1 Hyvät puolet

Vastuksen käytön etuina on se, että asentaminen on yksinkertaista ja nopeaa. Vastusta on saatavilla nauhan muotoisena, joten sen kiertäminen putkiston ympärille ja eristeen asennus sen päälle on helppoa jopa pienessä tilassa. Vastukseen on helppo kytkeä termostaatti, joka mittaa ulkoilman lämpötilaa ja näin kytkee lämmityksen automaattisesti päälle halutun lämpötilarajan jälkeen. Vastuksen ei siis tarvitse olla koko ajan päällä ja sen automatisointi on helppoa. Vastuksen hankintahinta on myös huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi pumppuyksikön hinta.

#### 4.5.2 Huonot puolet

Vaikka lämpövastuksen asennus putkistoon on rakennusvaiheen alkuvaiheessa helppoa, sen pois saanti ei välttämättä ole. Siinä kohdassa, kun laiva alkaa näiltä osin olemaan lämmitetty, on putkien eteen kasaantunut suuri määrä muiden järjestelmien putkia. Huoltokäytävän katto jossa runkolinja menee, on usein täynnä putkistoa ja sähkökaapelia, joten hyvin aikaisessa lohkovaiheessa asennetut sprinklerin putket jäävät näiden taakse piiloon. Vastuksen ja eristeen poistaminen voi olla siis jopa mahdotonta ja tästä syystä tuotannon palavereissa oli pyyntönä, että vastus ja eristeen tulisi olla sellaisia, että ne kytkettäisiin vain irti sähköverkosta ja jätettäisiin putken päälle

pysyvästi. Tämä tarkoittaisi siis sitä, että asia tulisi hyväksyttäväksi myös laivan tilaajalle ja jokaisessa projektissa jouduttaisiin käyttämään uutta lämpövastusta. Vaikka vastuksen metrihinta ei olisi kovin suuri, suurissa projekteissa runkolinjoja voi huoltokäytävällä mennä jopa kolme vierekkäin ja jopa reilusti yli 300 m matkan. Vastus tulisi myös asennettaessa kiertää putken ympärille tasaisen lämmityksen varmistamiseksi mikä tarkoittaa sitä, että sitä kuluu metrin matkalla enemmän kuin yksi metri. Tapa voisi siis joidenkin projektien kohdalla tulla hyvinkin kalliiksi, varsinkin jos sitä käytettäisiin kertakäyttöluonteisesti, eikä purettaisi pois uudelleen käyttöä varten. Vaikka lämpövastuksen automatisointi on helppoa, pitäisi sen toimintaa kuitenkin vahtia sähkökatkosten tai toimintahäiriöiden varalta.

#### 4.6 Paloturvallisuuden kehittäminen riskialueilla

Paloturvallisuutta voitaisiin laivan rakennusvaiheessa parantaa myös keskittämällä sprinklerin valmius ensin riski alueille. Myös sprinklerisysteemin yhdistettävät väliaikaiset sammutusratkaisut parantaisivat tilakohtaista paloturvallisuutta.

##### 4.6.1 Sprinklerin valmiuden keskittäminen

Telakalla on meneillään useita kehitysprojekteja ja yksi näistä on Hull operations development project. Yksi tämän projektin suurimmista tavoitteista on paloturvallisuuden lisääminen materiaalien hallinnan avulla laivanrakennuksen alkuvaiheessa. Tavoitteena on vähentää irtomateriaalin määrää laivassa allasrakennusvaiheessa, parantaa materiaalin liikuteltavuutta ja luoda selkeät määräykset jätteiden poiston kannalta laivasta. Ideana olisi esimerkiksi merkitä selvästi laivasta tietyt alueet johon kaikki roska ja pakkausmateriaalit, sekä nostoaukoilta tulevat tavarat kerättäisiin. (Mika S. 2018)

Sprinklerin valmiuden aikaistaminen olisi helposti liitettävissä tähän kehitysprojektiin siten, että keskitettäisiin sprinklerin valmius mahdollisimman aikaisin juuri tälle alueelle. Niin kuin edellisissä luvuissa on todettu, lähes jokainen pieni palonalku Turun telakalla on johtunut pakkausmateriaalin eli roskan syttymisestä. Näiden tavaroiden kerääminen

muutamaan määrättyyn paikkaan ja sammutus valmiuden lisääminen sinne lisäisi siis paloturvallisuutta huomattavasti. Ongelman aiheuttaa se, että nämä tilat ovat usein ylemmillä kansilla, jotta nosturit pääsevät niihin helpommin käsiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että sprinklerin putkien asentaminen alhaalta sinne asti voisi olla hankalaa tai jopa mahdotonta näin aikaisessa vaiheessa. Tämän vuoksi näille alueille voisi olla järkevämpää asentaa jokin erillinen sammutusjärjestelmä, kuten esimerkiksi kattoon asennettavat pulverisammuttimet, jotka on varustettu lasiampullisuuttimella (Palaveri #3 2019). Nämä sammuttimet kestävät pakkasta ja olisivat helposti asennettavissa ja suunnattavissa oikeaan paikkaan. Väliaikaiset sammuttimet voisivat olla käytössä myös projektista toiseen.

#### 4.6.2 Joustavampi liitostapa hytteihin

Turun telakalla yhtenä suurena huolenaiheena on ollut hyttien paloturvallisuus. Hytit nostetaan nostoaukoista valmiiksi varusteltuina laivaan, joten ne sisältävät paljon helposti syttyvää materiaalia. Tämän lisäksi hyttien parvekkeiden ovet ovat usein auki ja ylhäältä tippuvat kipinät voivat sitä kautta kulkeutua hyttiin. (Palaveri #3 2019)

Sprinklerin putket yhdistetään hyttisuutinrunkoon samaan tyyliin kuin yleisillä alueilla, eli joustavan teräspunosletkun avulla. Kiinteä putki asennetaan hytin päälle ja siitä otetaan noin 40cm pitkä letku, joka yhdistyy hytin katossa olevaan suutinrunkoon. Ongelmana tässä on se, että useilla alueilla hyttejä ei voida suoraan asettaa niiden oikealle paikalle vaan hyttejä kasataan laivaan sisään odottamaan kiinnitystä. Varsinkin nostoaukkojen läheisyydessä hyttejä joudutaan liikuttelemaan, jotta muut hytit mahtuvat aukosta sisään ja niiden siirto oikeaan tilaan onnistuu. Hyttien liikuttelun vuoksi sprinklerin putkea ei voida kytkeä hytin kattoon ennen kuin hytti on tarkasti omalla paikallaan ja kiinnitetty. Näiden tilojen kohdalla voitaisiin käyttää sprinklerin putkesta otettavaa pidempää joustavaa letkua, joka mahdollistaisi hyttien liikuttelun myös sprinklerijärjestelmään yhdistettyinä. Letkut ovat hyvin kalliita niiden materiaalin ja korkean paineluokan takia, joten järkevintä olisi käyttää pitkiä letkuja vain väliaikaisina, jotta niitä voidaan hyödyntää projektista toiseen tarvittaessa. Telakan palomiesten mukaan myös vakuutusyhtiöt ovat hyvin tarkkoja ja kiinnostuneita hyttien paloturvallisuudesta laivan rakennusaikana. Myös tämän vuoksi hyttien paloturvallisuuden kehittäminen voi olla järkevää.

#### 4.6.3 Väliaikainen järjestely ilmastointihuoneisiin

Risteilyaluksissa ilmastointi on suurin sähkönkuluttaja mahdollisen sähköisen propulsiojärjestelmän jälkeen. Tämä tarkoittaa sitä, että laivasta löytyy useita ilmastointikoneita, jotka vaativat oman huoneensa suuren kokonsa sekä melutason vaimentamiseksi. Suurimmat ilmastointihuoneet voivat olla jopa kokonaisen paloalueen pituisia ja usean kannen korkuisia. Suuret monen kannen korkuiset ilmastointihuoneet nostetaan laivaan yleensä valmiina moduuleina, joten näissä ei sprinklerin asennuksen kohdalla koidu ongelmia.

Kuitenkin muissa ilmastointihuoneissa sprinklerin putkien sekä suuttimien asennus joudutaan tekemään vasta hyvinkin myöhäisessä vaiheessa, sillä ilmastointikanavat ovat suuria ja suuttimet voivat muuten jäädä niiden taakse piiloon. Kanavien asentaminen vaatii myös työtilaa, joten valmiiksi asennetut sprinklerin putket olisivat luultavasti asennuksen tiellä. Tämä tarkoittaa sitä, että sprinklerisammutusjärjestelmä voidaan asentaa näihin tiloihin vasta kun suurien kanavien ja ilmastointikoneiden asennus on valmis.

Tämä ongelma voidaan ratkaista väliaikaisella joustavalla suutintukkikokoonpanolla. Ilmastointihuoneen viereisen tilan sprinklerin putkeen asennetaan jakotukki, josta vedetään yksi tai useampi joustava letku ilmastointihuoneen puolelle. Joustavaan letkuun asennetaan sprinklerin suuttimia, kokoonpano kiinnitetään väliaikaisella kiinnityksellä kattoon ja suuttimet suunnataan alaspäin. Näin myös näihin tiloihin on mahdollista saada sammutusvalmius ilman, että se hankaloittaa ilmastointihuoneen muuta asennustoimintaa. Kun huone on siinä valmiudessa, että pysyvästi paikalleen jäävät sprinklerin putket voidaan asentaa. Väliaikainen kokoonpano kerätään pois ja laitetaan odottamaan seuraavaa projektia. Huoneen ulkopuolelle asennettuja jakotukkeja voi käyttää myös pysyvän putken asennuksessa, joten niitä ei tarvitse purkaa väliaikaisen kokoonpanon tavoin pois.

## 5 LOPPUPÄÄTELMÄT

Mahdollisia ratkaisuja jäätymisongelmaan löytyi ja osaa niistä on jo menneisyydessä käytetty jossain muodossa Turun telakalla. Myös uusia ongelmakohtia löytyi työn edetessä, jotka vaikuttavat vahvasti myös järjestelmän käyttöönoton aikaistamiseen sekä mahdollisen aikaistamisen jälkeen koituvia ongelmia. Jäätymisongelma on ratkaistavissa melko yksinkertaisilla menetelmillä ja monella eri tapaa. Ongelman ratkaiseminen ei vaadi suuria muutoksia nykyiseen toimintatapaan vaan päätöksentekoa ja tarvittavien laitteistojen tai materiaalien hankintaa.

Työn edetessä selvisi myös, että usein suurin ongelma sprinklerin käytön aikaistamiselle ei ole sammutusveden jäätyminen vaan putkiston tarvittavaan valmiuteen saattaminen. Telakalla oleva työkuorma on tällä hetkellä niin suuri, että tuotannossa ei ehditä alueita saamaan valmiiksi sellaisessa ajassa, että systeemin käyttöä pystyttäisiin aikaistamaan. Myös lohkojen esivarustelutaso on laskenut kiireiden vuoksi, joka myöhästyttää sprinklerin putkiston valmiutta ja lisää tulityötä laivassa. Tähän peilaa myös kiire suunnittelussa, jonka kautta tulee suuria muutoksia työkuviin vielä hyvinkin myöhäisessä vaiheessa.

Tilanne tulee ehkä kuitenkin helpottumaan tulevaisuudessa, kun uusi FERU toimintatapa saadaan kehitettyä toimivaksi. Tämä vähentää telakan omalta henkilökunnalta huomattavasti työtä, joka on välttämätöntä sprinklerin sammutusvalmiuteen saattamiseksi. Myöskin henkilöstöä on tiheän tilauskirjan takia palkattu huomattava määrä lisää, joka luo paremmat mahdollisuudet sprinklerisysteemin putkiston rakentamiselle jo aikaisessa varusteluvaiheessa.

## LÄHTEET

### Haastattelut:

- Janne Mäkinen (Meyer Turku Oy, Työnjohtaja) 2018
- Janne Lahdenranta (Meyer Turku Oy, Systemivastuullinen suunnittelija) 2019
- Juho Aitonurmi (Meyer Turku Oy, Projekti planneri) 2019
- Reijo Linsen (Meyer Turku Oy, Systemivastuullinen suunnittelija) 2019
- Mika Söderman (Meyer Turku Oy) 2018
- Alexander Kolbert (Meyer Werft, Mechanical engineer) 2018
- Ingo Wiemers (Meyer Werft, Mechanical engineer) 2018
- Pekka Räisänen (Turun AMK) 2019
  
- Pekka Räisänen: Fire Risk and its Management in Cruise Vessel Construction Projects, Doctoral dissertations 101/2014  
Kuva 1. Ayräs J. 2003, Turku, Kvaerner masa-Yards

### Sprinkleri aikaistamis palaveri 2018 #1:

- Harri Forsman (Meyer Turku Oy, Asentaja)
- Sven Ots (Meyer Turku Oy, Asentaja)

#### Sprinkleri aikaistamis palaveri 2018 #2

- Olli Salvi (Meyer Turku Oy, LVI-suunnitteluosaston päällikkö)
- Janne Lahdenranta (Meyer Turku Oy, Systeemivastuullinen suunnittelija)
- Pekka Räisänen (Turun Ammattikorkeakoulu)

#### Sprinkleri aikaistamis palaveri 2019 #3:

- Tero Niemi (Meyer Turku Oy, Palomestari)
- Harri Koivisto (Meyer Turku Oy, Fire safety and risk management)

#### Laite- ja materiaalitoimittajat:

- Marioff Corporation (<https://www.marioff.com/>)
- Ultrafog (<http://www.ultrafog.com>)
- Temper technology (<http://www.temper.se>)