

Jere Kuitunen

**VAHDINPITO  
ETÄOHJAUSKESKUKSESSA**  
Ongelmatilanteiden hallinta ja tilannetietoisuus

Opinnäytetyö  
Merenkulun koulutus

2019



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jere Kuitunen	Merikapteeni (AMK)	Helmikuu 2019
<b>Opinnäytetyön nimi</b>  Vahdinpito etäohjauskeskuksessa Ongelmatilanteiden hallinta ja tilannetietoisuus		34 sivua
<b>Toimeksiantaja</b>  Rolls-Royce Oy Ab		
<b>Ohjaajat</b>  Antti Lanki, Xamk; Anu Peippo, Rolls-Royce		
<b>Tiivistelmä</b>  Vahdinpito muuttuu tulevaisuudessa, kun alusta tullaan ohjaamaan mahdollisesti tuhansien kilometrien päästä etäohjauskeskuksesta. Tämän myötä ongelmatilanteiden hallintakin tulee muuttumaan, kun aluksella ei olla enää fyysisesti paikan päällä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten etäohjauskeskuksessa havaitaan ja hallitaan ongelmatilanteita. Ongelmatilanteiden hallinnassa keskityttiin siihen, miten etäohjauskeskuksessa tunnustetaan uhat ja vältetään vaaratilanteita.  Työ aloitettiin perehtymällä tämän hetken tietoon autonomisista aluksista. Näin saatiin näkemys siitä, minkälaista on operointi etäohjauskeskuksessa. Tämän jälkeen kartoitettiin, mitä keinoja on ongelmatilanteiden hallintaan. Tutkimuksista ilmeni, että tilannetietoisuus on suurena tekijänä merenkulun onnettomuuksissa. Tämän aineiston pohjalta tehtiin teemahaastattelu. Teemahaastattelussa haastateltiin meriliikennekeskuksen päällikköä sekä Rolls-Royce Marinen teknistä tuotepäällikköä. Teemahaastattelun aineistoa ja kirjallisuutta vertailemalla saatiin näkemys siitä, miten etäohjauskeskuksessa hallitaan ongelmatilanteita.  Tutkimuksen tuloksena voi todeta, että etäohjauskeskuksessa vahtipäällikön työnkuva muuttuu ja ongelmatilanteiden havaitseminen siirtyy autonomisen järjestelmän vastuulle. Ongelmatilanteisiin on kuitenkin reagoitava ennakkoon ohjelmiston ja autonomian suunnittelussa. Ongelmatilanteiden hallinta tulee olemaan viime kädessä operaattorin ja etäohjauskeskuksen henkilöstön vastuulla. Autonomian ja automatiikan vaikutuksia tilannetietoisuuteen on tärkeä arvioida uutta järjestelmää kehittäessä. Tilannetietoisuuden tasoa on hyvä arvioida, kun määritellään etäohjauskeskuksen kapasiteettia operoida etäohjattavia aluksia.		
<b>Asiasanat</b> miehittämättömät alukset, autonomiset järjestelmät, tilannetietoisuus		

Author (authors)	Degree	Time
Jere Kuitunen	Bachelor of Marine Technology	February 2019
<b>Thesis title</b> Watchkeeping in remote operations center Situation awareness and solving of problem situations		34 pages
<b>Commissioned by</b> Rolls-Royce PLC		
<b>Supervisors</b> Antti Lanki, Xamk; Anu Peippo, Rolls-Royce		
<p data-bbox="164 763 300 797"><b>Abstract</b></p> <p data-bbox="164 835 1461 1014">In the future, watchkeeping will change when vessels are operated from remote operation centers, possibly thousands of kilometers away. Therefore, solving of problem situations will change as the crew will not physically be on board the vessel. The objective of the thesis was to examine how problem situations are noticed and managed. The focus managing of problem situations was oriented on the detection and avoidance of threats.</p> <p data-bbox="164 1055 1461 1346">The study was commenced by researching current information about autonomous vessels. This provided an insight into operation practices at remote operation centers. After this, the means for handling problem situations were determined. The examination showed that situation awareness is a great factor in maritime accidents. The study was based on a semi-structured interview. Semi-structured interview was conducted with the head of vessel traffic management and with the technical product manager of Rolls-Royce Marine. By comparing the results from the semi-structured interview and literature, new insight into how problematic situations are solved at a remote operation centers became apparent.</p> <p data-bbox="164 1386 1461 1711">As a result of this thesis, a future watchkeeping officer's job description will change at the remote operation center, and the responsibility of noticing dangerous situations will be transferred to the autonomous system. Readiness to react to threats and problem situations must be achieved in advance when developing software and autonomous systems. Eventually, the management of problem situations is the responsibility of operators and remote operation center's personnel. It is important to evaluate the effects of automation, regarding situation awareness, when developing a new system. When determining a remote operation center's capacity to monitor vessels, it is good to measure the levels of situation awareness.</p>		
<p data-bbox="164 1756 320 1789"><b>Keywords</b></p> <p data-bbox="164 1827 1054 1861">unmanned vessels, autonomous systems, situation awareness</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AUTONOMISEN LAIVAN ETÄVALVONTA .....	7
2.1	Rolls-Roycen visio .....	8
2.2	MUNIN-projekti .....	11
2.3	Fleet Operations Center .....	12
3	ONGELMATILANTEIDEN HALLINTA .....	13
3.1	Ongelmatilanteet Itämerellä .....	14
3.2	Inhimillinen virhe .....	15
3.3	BRM ja MRM .....	16
3.4	Safety-I ja Safety-II .....	17
4	TILANNETIETOISUUS .....	19
4.1	Tilannetietoisuus ja automaatio .....	21
4.2	Tilannetietoisuuden mittaaminen .....	21
5	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT .....	25
5.1	Tutkimuksen tavoite .....	25
5.2	Tutkimusmenetelmät .....	25
6	TEEMAHAASTATTELUT .....	26
6.1	VTS .....	26
6.2	Rolls-Royce Marine .....	27
6.3	Yhteenveto .....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	29
	LÄHTEET .....	32

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

**AIS** (Automatic Identification System) Alusten automaattinen sijainti- ja tunnistetietoja radioteitse VHF-taajuudella lähettävä järjestelmä. Luokka A ammatti-liikenteelle ja luokka B huviveneet ja pienemmät alukset.

**ARPA** (Automatic Radar Plotting Aids) Automaattinen tutkamerkintälaite

**BRM** (Bridge Resource Management)

**COLREG** (International Regulation for Preventing Collisions at Sea) Yleissopimus kansainvälisistä säännöistä yhteentörmäämisen ehkäisemiseksi merellä.

**ECDIS** (Electronic Chart Display and Information System) Elektroninen kartta ja informaatio järjestelmä

**HELCOM** (Helsinki Commission) Helsingin komissio

**IA** (Intelligence Awareness)

**MRM** (Maritime Resource Management)

**MUNIN** (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks)

**RCS** (Remote Control Station) Etäohjauspiste

**ROC** (Remote Operation Center) Etäohjauskeskus

**SCC** (Shore Control Center) Etäohjauskeskus

**VTS** (Vessel Traffic Service) Alusliikennepalvelu

## 1 JOHDANTO

Merenkulun rahtimäärät ovat tulevaisuudessa kasvussa, siitä johtuen tarvitaan koko ajan enemmän laivoja vastaamaan kasvavaan kysyntään kuten myös henkilöstöä operoimaan laivoja. Miehittämättömät autonomiset laivat ovat yksi ratkaisu tähän miehistövajeeseen. (Munin 2016c.) Lisäksi tarvitaan ratkaisuja, miten tehdä merenkulusta turvallisempaa niin henkilöstölle kuin ympäristölle.

Vahdinpito tulee muuttumaan tulevaisuudessa, kun alusta tullaan ohjaamaan etäohjauskeskuksesta mahdollisesti tuhansien kilometrien päästä. Sen myötä ongelmatilanteet ja niiden hallinta muuttuu, kun aluksella ei olla fyysisesti paikan päällä. Tutkittaessa työhön liittyvää lähdeaineistoa selviää, että eri valvontatöistä, kuten lennonjohdosta tai armeijan komentokeskuksista, on tehty tutkimuksia niiden henkilöstön tilannetietoisuudesta. Merenkulun henkilöstön ja varsinkin uuden etäohjauskeskuksen tilannetietoisuudesta on varsin vähän tutkimusmateriaalia.

Työ koostuu teoriaosuudesta, teemahaastattelusta ja johtopäätöksistä. Teoriaosuus käsittää tämän hetken tiedon etäohjattavista aluksista, etäohjauskeskuksista, ongelmatilanteiden hallinnasta ja tilannetietoisuudesta. Teoriaosuus antaa pohjan teemahaastattelulle, jolla on haettu aiheeseen liittyvää tietoa alan ammattilaisilta ja näkemystä siitä, minkälaista on operointi etäohjauskeskuksessa.

Monet merenkulun lait ja säädökset rajoittavat miehittämättömien alusten toteuttamista tällä hetkellä. Tutkimuksessa oletetaan, että merenkulun lait ja säädökset tulevat muuttumaan tulevaisuudessa, eivätkä rajoita työssä esitetyjä näkemyksiä tulevaisuuden etäohjauskeskuksesta. Aluksen koneosaston toiminta rajataan pois tästä opinnäytetyöstä. Lisäksi etäohjauskeskuksen vahvijärjestelystä tehdään parhaillaan toista opinnäytetyötä, joten myös työ- ja lepoaikoihin liittyvät aiheet rajataan pois. Työhön kerätään tietoa haastatteleamalla ja tutkimalla jo valmiita käytössä olevia automatisoituja järjestelmiä.

Opinnäytetyön aihe on lähtenyt omasta kiinnostuksesta autonomisten laivojen kehittämiseen. Sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön toimeksiantona

Rolls-Royce Oy Ab:n Marine-yksikölle. Rolls-Royce Marine on kehittämässä autonomisia miehittämättömiä aluksia ja siihen liittyvää teknologiaa.

Toimeksiannossa aiheena oli, että miten etäohjauskeskuksessa operoitaisiin isommassa mittakaavassa. Aiheen rajaukseen sain melko vapaasti vaikuttaa, joten rajasin aiheen etäohjauskeskuksen ongelmatilanteiden hallintaan ja tilannetietoisuuteen.

## 2 AUTONOMISEN LAIVAN ETÄVALVONTA

Autonomisella laivalla tarkoitetaan alusta, jossa on jossain määrin automaatiota ja itsemääräämiskykyä. Autonominen laiva pystyy esimerkiksi päättämään vaihtoehtoista ilman, että ihmisen tarvitsee puuttua siihen. Alus voi olla edelleen jossain määrin miehitetty, vaikka se olisi autonominen. (Ørnulf & Håvard 2017, 5, 7.) Taulukko 1 kuvaa aluksen miehityksen ja autonomian tasoa.

Taulukko 1. Miehityksen ja autonomian taso (Ørnulf & Håvard 2017, 12–13)

	Miehitetty alus	Miehittämätön komentosilta – miehistöä aluksella	Miehittämätön alus – Ei ollenkaan miehistöä
Päätöksen teko	Täysi kontrolli Ei autonomiaa	Etäohjaus	Etäohjaus
Automaattinen	Automaattinen komentosilta	Automaattinen laiva	Automaattinen laiva
Rajoitettu autonomia	-	Rajoitettu autonomia	Rajoitettu autonomia
Täysin autonominen	-	-	Täysin autonominen

Miehitetty alus sarakkeessa on kaksi vaihtoehtoa laivan autonomialle. *Täysi kontrolli, ei autonomiaa* eli alus on täysin miehistön hallussa komentosillalla. *Automaattinen komentosilta* eli komentosillan laitteisto ohjaa alusta, mutta miehistö valvoo laitteistoa jatkuvasti ja on valmis puuttumaan välittömästi sen toimintaan. Täysin miehittämättömän tai osittain miehitetyn aluksen sarakkeissa on neljä autonomian tasoa. Näillä tasoilla laivan on toimittava luotettavasti ilman miehistöä komentosillalla. *Etäohjaus* eli etäohjauskeskus ohjaa alusta miehistön ollessa aluksella. *Automaattinen laiva* -kohta on sama kuin automaattinen komentosilta sillä erolla, että alusta valvotaan etäohjauskeskuksesta. *Rajoitettu autonomia* eli aluksen toimintaa vain valvotaan. *Täysin autonominen* eli alusta ei valvota etäohjauskeskuksesta. (Ørnulf & Håvard 2017, 12–13.)

Miehittämätöntä alusta operoidaan etäohjauskeskuksesta. Etäohjauskeskuksessa operoija pystyy puuttumaan aluksen toimintaan, jos esimerkiksi raja-arvoja rikotaan tai aluksen sensori havaitsee jotain tunnistamatonta. Aluksen toimintaan puuttuminen voidaan luokitella kolmeen osa-alueeseen: epäsuora kontrolli, suora kontrolli tai tilannehallinta. Epäsuorassa kontrollissa aluksen reittisuunnitelmaa muutetaan esimerkiksi öljyvahingon tai sääolojen takia, mutta autonominen järjestelmä on hallinnassa. Suorassa kontrollissa annetaan alukselle tarkkoja määräyksiä, esimerkiksi kuinka paljon annetaan tilaa muihin aluksiin, autonomisen järjestelmän tehdessä kuitenkin itse liikkeen. Tilannehallinnassa autonominen järjestelmä ohitetaan ja vahtipäällikkö ohjaa alusta etäohjauskeskuksesta. (Porathe ym. 2014.)

## **2.1 Rolls-Roycen visio**

Rolls-Royce oli mukana vuoden 2017 loppuun asti käynnissä olevassa AAWA -projektissa (Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative), mikä kuuluu Tekesin (nykyään Business Finland) Arktiset meret -ohjelmaan. Projektissa tarkastellaan teknisiä ratkaisuja laivojen etäohjaukseen, operoinnin optimointiin ja päätöksentekoon. AAWA-projektilla haetaan ratkaisuja tulevaisuuden älykkäisiin merioperaatioihin. (Arola & Antikainen 2017, 9.)

Vuodesta 2016 lähtien Rolls-Royce on ollut mukana One Sea -ekosysteemissä. One Sea -ekosysteemin tavoitteena on luoda ympäristö autonomisille laivoille vuoteen 2025 mennessä. DIMECC (Digital, Internet, Materials, Engineering and Co-Creation) johtaa One Sea -ekosysteemiä ja systeemissä on mukana ABB, Cargotec, Ericsson, Meyer Turku, Tieto ja Wärtsilä. (One Sea 2017.)

Rolls-Roycen visiossa siirrytään vaiheittain täysin autonomisiin laivoihin. Ensimmäisessä vaiheessa aluksen miehistöä on vähennetty ja aluksella on tuki ROC:stä (Remote Operation Center) eli etäohjauskeskuksesta. Alus olisi tyyppiltään lähiliikenteen alus ja sen on kaavailtu olevan toiminnassa 2020. Toinen vaihe on määrä saavuttaa 2025. Siinä kansainvälisessä liikenteessä olevaa



miehittämätöntä alusta etäohjattaisiin etäohjauskeskuksesta. Viimeisessä vaiheessa alus olisi autonominen eli alus tekisi itsenäisesti päätöksiä ja etäohjauskeskuksesta valvottaisiin niiden toimintaa. (Rolls-Royce 2016, 7.)

ROC on keskus, joka sisältää esimerkiksi yhden varustamon, FMM:n eli Fleet Mission Managementin. FMM-keskus, kuten kuvassa 1 näkyy, sisältää useamman RCS- (Remote Control Station) eli etäohjauspisteen. (Rolls-Royce 2018a.)



Kuva 1. Fleet mission management (Rolls-Royce 2018a)

FMM:n jokainen RCS sisältäisi tarvittavat ohjauslaitteet ja käyttöliittymät etäohjattavan laivan navigointiin ja ohjaamiseen. RCS on suunniteltu siten, että operaattori voi monitoroida ja ohjata alusta kuin olisi aluksella paikan päällä. Kuvassa 2 Rolls-Roycen hahmotelma RCS-etäohjauspisteestä. (Rolls-Royce 2018a.)



Kuva 2. Remote control station (Rolls-Royce 2018a)

RCS:n päänäkymänä on 180° kaartuva videoseinä. Videoseinän tarkoituksena on visualisoida operaattorille etäohjattavan aluksen ympäristöä. Videoseinän

lähteenä toimii aluksen IA-järjestelmä eli Intelligence Awareness -system. Lisäksi operaattori voi valita videonäkymää aluksen sivuilta, takaa tai ohjattavasta Pan-Tilt-Zoom-kamerasta (PTZ), joka sisältää kiikaritoiminnon. Lähinäytöt antavat tietoa käyttöliittymän eri alajärjestelmistä, joita tarvitaan monitorointiin ja ohjaamiseen. Conning-näyttö antaa aluksen liikkeisiin liittyvää tietoa selkeällä ja kiistattomalla tavalla. Conning-näytön tarkoitus on parantaa tilannetietoisuutta etäohjauskeskuksessa. (Rolls-Royce 2018a.)

Etäohjattavien aluksien pääohjauslaitteistona on ANS eli Autonomous Navigation System. ANS on karttapohjainen käyttöliittymä reitin suunnitteluun ja monitorointiin, joka pystyy tekemään COLREG-sääntöjen mukaisia väistöliikkeitä IA:n tarjoaman tilannetietoisuuden avulla. IA-järjestelmä antaa etäohjauspiisteelle tilannetietoisuuden sen älykkään sensorifuusion avulla. (Rolls-Royce 2018a.)

Aluksen sensorit valvovat laivan ympäristöä. Jos ne havaitsevat lintua suuremman objektin, joka lähestyy turva-alueita, tekee automaattisia päätöksiä. Autonominen laiva tekee päätökset paikan päällä eli tekoäly kertoo, jos laivan pitää hidastaa, kiihdyttää tai muuttaa laivan reittiä. Tilanteissa, jossa algoritmi ei tiedä, miten pitää toimia, se hälyttää etäoperoijan etäohjauskeskuksesta. Etäoperoija ottaa laivan haltuunsa myös satamaan saavuttaessa tai kun tarvitsee tehdä vaativia manööverejä. (Leskinen 2018, 9.)

Intelligent Awareness (IA) on Rolls-Roycen kehittämä järjestelmä, joka yhdistää useamman sensorin tiedot älykkään ohjelmiston avulla. IA parantaa turvallisuutta navigoidessa yöllä, huonolla säällä tai ahtailla kulkuväylillä. IA-järjestelmä luo kartan aluksen ympäristöstä kameroiden ja LIDAR- (Light Detection and Ranging) tutkan avulla. LIDAR-tutka mittaa etäisyyksiä laserpulssin avulla. (Rolls-Royce 2018b.)

IA-järjestelmä tunnistaa kohteita aluksen ympäristössä ja esittää ne päänäytöllä. IA-järjestelmän havaitessa kohteen, joka on suunnitellulla reitillä, ilmoittaa järjestelmä siitä ANS-järjestelmälle, joka arvioi tarvitseeko tehdä muutoksia reittisuunnitelmaan ja tarvittaessa tekee muutokset. (Rolls-Royce 2018c.)

## 2.2 MUNIN-projekti

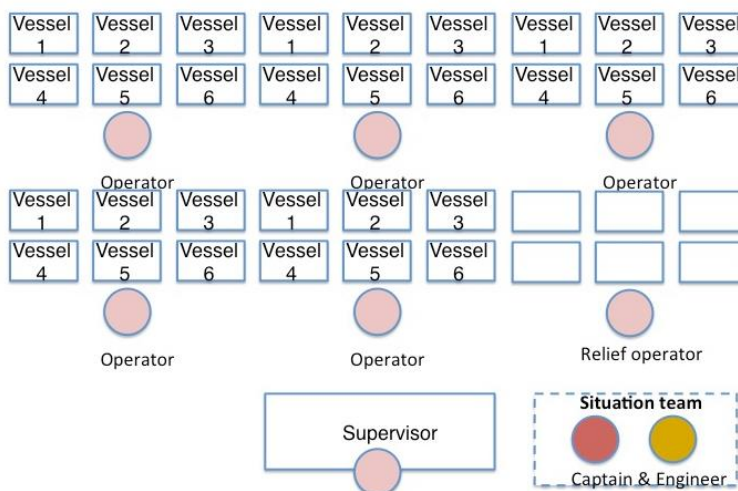
MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) on Euroopan komission Seventh framework -ohjelman rahoittama projekti, jonka tavoitteena on määrittellä ja kehittää autonominen laiva (Munin 2016b).

MUNIN konsortio koostuu kahdeksasta yhteistyökumppanista. Yhtiöt ovat sekä tieteellisiä että teollisia ja niiden taustat ovat Saksasta, Norjasta, Ruotsista, Islannista ja Irlannista. Yhtiöt kattavat projektin eri osa-alueita ja antavat laajaa tietoa laivakuljetuksesta. Konsortion tutkimuksen yhtistyökumppanit kattavat tekniset, bisnes- ja lailliset osa-alueet. (Munin 2016a).

MUNIN yhteistyökumppanit:

- Fraunhofer CML
- MARINTEK
- Chalmers University
- Hochschule Wismar
- Aptomar A S
- MarineSoft
- Marorka ehf
- University College Cork

MUNIN raportissa SCC (Shore Control Center) on kokonaisuus, joka on yhdistetty satamiin ja VTS-keskuksiin. Etäohjauskeskuksesta voisi hallita yhtä tai useampaa alusta. Varustamo voisi hallita aluksiaan etäohjauskeskuksesta kokoonpanolla, joka koostuisi kapteeneista, insinööreistä ja luotseista. Alukset voivat olla etäohjauskeskuksen hallinnassa koko matkan ajan tai vain osan ajasta. (Mackinnon ym. 2015, 8.) Kuvassa 3 kuvataan etäohjauskeskuksen organisaatio.



Kuva 3. Etäohjauskeskus organisaatio (Mackinnon ym. 2015, 11)

Etäohjauskeskus suunnittelee ja lataa matkan tiedot aluksen ASC-laitteeseen (Autonomous Ship Controller), joka koostuu pääosin autonomisesta navigointijärjestelmästä ANS (Autonomous Navigation System) ja autonomisesta kone monitorointi- ja hallintajärjestelmästä AEMC (Autonomous Engine and Monitoring and Control). Järjestelmät tekevät päätöksiä sen tiedon pohjalta, mitä etäohjauksesta on lähetetty ja lähettävät tietoa takaisin sensoreilta. Ihmis-konekäyttöliittymä (Human-machine-interface) on luotava siten, että ihminen pysyy tilanteen tasalla ja pystyy ylläpitämään tilannekuvaa. (Mackinnon ym. 2015, 7.)

MUNIN raportissa etäohjauskeskus koostuisi työpisteistä, joista nähdään relevantteja tietoja aluksien järjestelmistä. Etäohjauskeskuksen päällikkönä toimisi merikapteeni, joka olisi vastuussa siitä, mitä etäohjauskeskuksessa tapahtuu. Päällikkö ja vastaava operaattori siirtyvät tilannehuoneeseen etäohjausjärjestelmään (RMSS-Remote Maneuvering System), mikäli alusta tarvitsee ohjata esimerkiksi satamaan tulossa tai lähdössä. (Mackinnon ym. 2015, 11.)

### **2.3 Fleet Operations Center**

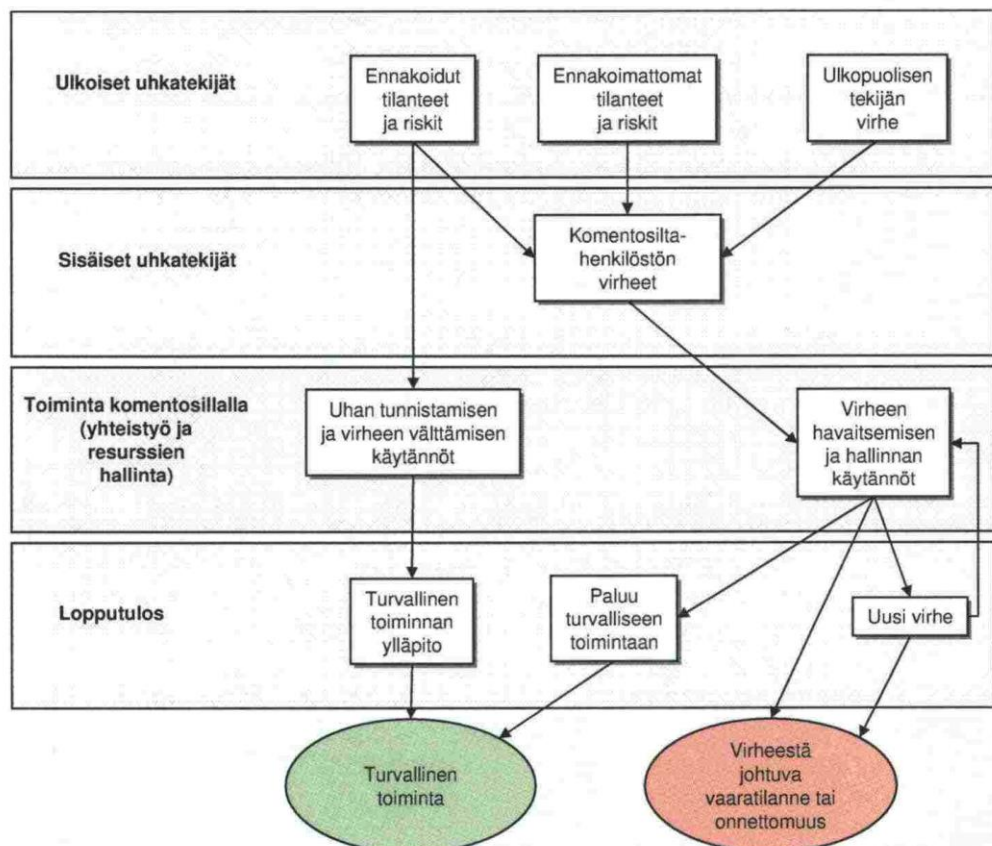
Carnival Cruise Lines risteilijävarustamolla on käytössä Fleet Operations Center (FOC). Floridan Miamissa sijaitsevassa keskuksessa valvotaan ja tuetaan Carnival Cruise Linen varustamon 26 alusta ympärivuorokautisesti. Keskus koostuu yli 20 metriä pitkästä videoseinästä, joka esittää laivojen statuksen, säätiedot, reittisuunnitelmat, turvallisuustiedotteet, kone ja ympäristötiedot. (Kalosh 2018.)

Carnival Cruise Linen käytössä oleva tiedonhallinta työkalu Argos kerää tietoa tuhansista datapisteistä. Argos parantaa tilannetietoisuutta ja yhteyttä laivan ja maahallinnon välillä. Neptune-ohjelma vastaavasti kerää tietoa parametreista, jotka liittyvät navigoinnin turvallisuuteen. Neptunella keskitytään kolmeen osa-alueeseen turvallisuuden optimointiin, tehokkuuteen ja kokonaisvaltaiseen laivaston suoritukseen. Lisäksi keskuksesta on nähtävissä jokaisen aluksen tutkanäkymä, stabiliteettitiedot, automaation tila, GPS tiedot, reittitiedot, säätiedot ja webkameranäkymä. (Kalosh 2018.)

Miamissa sijaitseva FOC-keskus täydentää kansainvälisen Carnival-varustamon Seattlen ja Hampurin keskuksia. Miamin keskukselta on myös mahdollisuus monitoroida koko Carnival-varustamon 103 laivaa hetken huomautuksella, mikäli Seattlen tai Hampurin keskuksiin tulee häiriö. (Kalosh 2018.)

### 3 ONGELMATILANTEIDEN HALLINTA

Ongelmatilanteiden hallintaa voi kuvata uhkien ja virheiden hallinnan mallilla (kuva 4). Mallissa uhkien ja virheiden hallintaa kuvataan neljällä tasolla. Ensimmäisellä tasolla on ulkoiset uhkatekijät, joihin kuuluu ennakoitua tilanteita ja riskejä, ennakoimattomia tilanteita ja riskejä sekä ulkopuolisen tekijän virheet. Toisella tasolla kuvataan sisäisiä uhkatekijöitä, joihin kuuluvat komentosiltahenkilöstön virheet. Kolmannella tasolla on näihin uhkatekijöihin reagoiminen eli kuinka henkilöstö tunnistaa uhat ja minkälaisia käytäntöjä on virheiden välttämiseksi. Toiminnan lopputulos kuvataan neljännellä tasolla eli pystytäänkö palaamaan turvalliseen tasoon riskistä tai virheestä huolimatta. Virheellinen toiminta saattaa synnyttää myös uusia virheitä, mikä nostaa vaaratilanteen tai onnettomuuden riskiä. (Erkama ym. 2006, 3–4.)

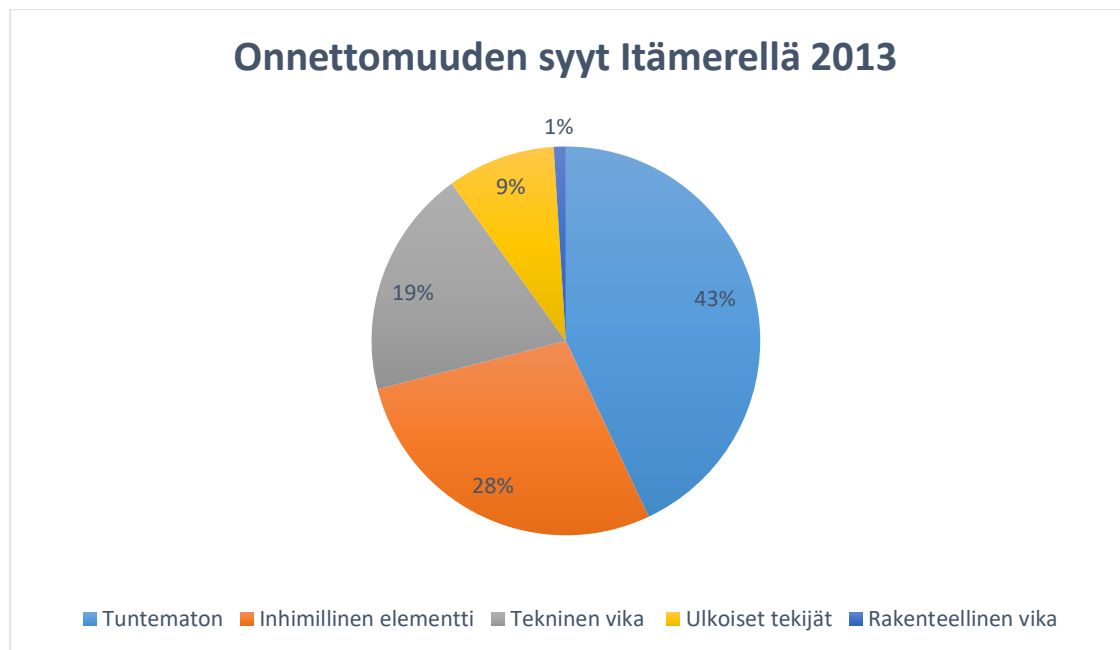


Kuva 4. Uhkien ja virheiden hallinnan malli (Helmreich ym. 1999, Erkama ym. 2006, 4 mukaan)

### 3.1 Ongelmatilanteet Itämerellä

HELCOM eli Helsinki commission on Itämeren suojelukomissio. Itämeren suojelukomissio on hallitusten välinen komissio, jonka on perustanut Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen eli ns. Helsingin sopimuksen allekirjoittajavaltiot. Komission tarkoituksena on tarkkailla Helsingin sopimuksen soveltamista ja antaa sopimusmaiden hallituksille suosituksia. (Itämeren suojelukomissio 2017.)

Helsinki komission raportissa vuoden 2013 Itämeren alueen onnettomuuksista selviää, että yleisin onnettomuustyyppi oli yhteentörmäykset ja osumat 38 %:n osuudella kaikista onnettomuuksista. Toiseksi yleisin onnettomuustyyppi oli karille ajo 29 %:n osuudella. Kuvassa 5 onnettomuuksien syiden jakautuminen, yleisin syy vuoden 2013 onnettomuuksissa oli inhimillinen elementti 28 %:n osuudella. Tekninen vika oli syynä 19 %:lla onnettomuuksista ja ulkoiset tekijät 9 %:lla. Tuntematon tekijä oli raportoitu 43 %:lla onnettomuuksien aiheuttajaksi. (HELCOM 2014.)



Kuva 5. Onnettomuuden syyt Itämerellä 2013 (HELCOM 2014)

### 3.2 Inhimillinen virhe

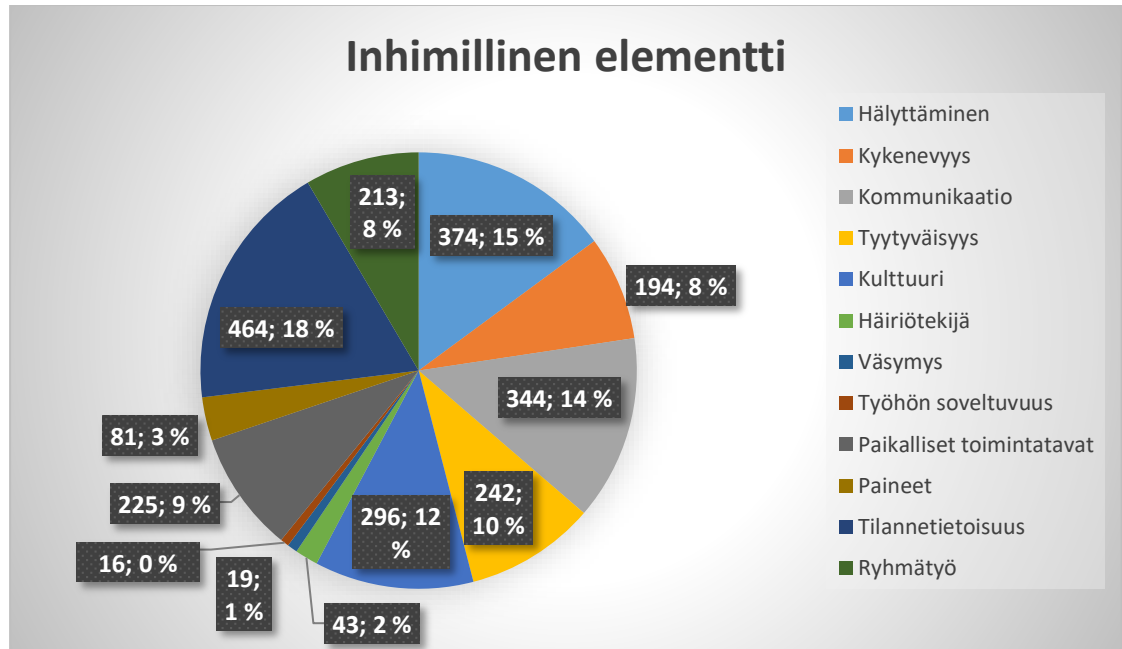
Merenkululaitoksen esiselvityksessä miehistöyhteistyön kehittämisestä selvitettiin komentosiltayhteistyön kehitystarpeita merenkulun turvallisuuden parantamiseksi. Selvityksessä inhimillinen virhe luokiteltiin viiteen pääryhmään: rikkomukset, työruutiinivirheet (erehdykset, unohdukset ja lipsahdukset), kommunikointivirheet, puutteet tiedoissa ja taidoissa sekä päätöksentekovirheet. (Erkama ym. 2006, 2, 5.)

Tutkimuksien mukaan merenkulun onnettomuuksista 75–96 %:ssa inhimillinen virhe oli mukana jollakin tavalla. Inhimillisellä virheellä voidaan tarkoittaa jotain seuraavista: virheellinen päätös, virheellisesti suoritettu toiminto tai toimenpiteiden puuttuminen. Hollantilaisessa tutkimuksessa tutkittiin 100 merenkulun onnettomuutta ja selvisi, että onnettomuuksissa oli seitsemästä 58:aan tapahtumaa, jotka johtivat lopulta onnettomuuteen. Yksittäin nämä tapahtumat saataisivat tuntua vähäpätöisiltä, mutta kasautuessaan ne aiheuttavat onnettomuuden. Inhimillinen virhe oli mukana 96:ssa näistä 100 onnettomuudesta ja lisäksi enemmän kuin yksi inhimillinen virhe tehtiin 93 tapauksessa. Tutkimuksessa myös huomattiin, että jos monessa onnettomuudessa olisi yksikin inhimillinen virhe poistettu, tapahtumien ketju olisi katkennut ja onnettomuutta ei olisi tapahtunut. (Rothblum s.a.)

Helsinki komission raportissa käy ilmi, että 62 % onnettomuuksista, joissa inhimillinen virhe on ollut mukana, on vahingon syytä. 16 % onnettomuuksista aiheutui tahattomasta toiminnasta ja jopa 17 % onnettomuuksista aiheutui tahallista toiminnasta vastoin sääntöjä tai suunnitelmia. (HELCOM 2014.)

Ilmailun ja merenkulun tapahtumien raportointi sivusto CHIRPin tarkoituksena on tarjota luottamuksellinen ilmoitusjärjestelmä kaikille kyseisillä aloilla työskenteleville (CHIRP 2018). CHIRPin merenkulun syy-analyysissä perehdytään merenkulun tapahtumien perimmäisiin syihin. Inhimillinen elementti analyysissä kuvataan kahtatoista inhimillistä osa-aluetta, jotka vaikuttavat turvallisuuteen. Näitä osa-alueita kutsutaan myös nimellä ”Deadly Dozen”, joka on ollut ilmailualalla käsitteenä jo 90-luvulta asti. Termi on melko uusi merenkulussa

mikä viittaa siihen, että merenkulussa on parannettavaa inhimillisten elementtien tutkinnassa. Lisäksi Ilmailualalla ei aloiteta tutkintaa, mikäli kaikkia inhimillisiä elementtejä ei ole tunnistettu. (CHIRP Maritime 2017.)



Kuva 6. Inhimillinen elementti (CHIRP Maritime 2017.)

Kuvassa 6 graafinen esitys kuvaa inhimillisen elementin osuuksia saapuneista raporteista (n= 2 511). Suurin heikkous on tilannetietoisuuden puutteessa ja loput jakautuvat tasaisesti hälyttämisen, kommunikaation ja kulttuurin välillä. Tapahtumia on aiheutunut hyvin vähän väsymyksen tai työhön soveltuvuuden johdosta. (CHIRP Maritime 2017.)

### 3.3 BRM ja MRM

BRM eli Bridge Resource Management on tullut merenkulkuun ilmailualalta. 1990-luvun alussa seitsemän merkittävää merenkulun toimijaa teki yhteistyötä Skandinavian Airlines Systemin (SAS) kanssa kehittääkseen BRM-koulutuksen. Aloitteen tarkoituksena oli kerätä tieto ja kokemus ilmailualan CRM- (Crew resource management) koulutuksesta ja siirtää se merenkulkualaan. Samoihin aikoihin tanskalainen varustamo Maersk kehitti vastaavaa CRM-koulutusta merenkulun miehistölle. (Kanki ym. 2010.)



Alkuperäinen BRM-koulutus oli määritelty seuraavasti: Komentosillan henkilöstön käytettävissä olevien tietojen, taitojen, kokemusten ja resurssien käyttö ja koordinointi saavuttaakseen turvallisuuden tavoitteet ja tehokkuus. Vuonna 2003 organisaatiot, jotka olivat mukana kehittämässä BRM-koulutusta, muuttivat kurssin nimeksi MRM (Maritime Resource Management) kuvaamaan paremmin kurssin sisältöä ja tavoitteita. (Kanki ym. 2010.)

BRM-koulutuksen tärkeitä kohtia ovat muun muassa kommunikaatio, ryhmätyöskentely, päätöksenteko, tilannetietoisuus ja väsymys. Menestyksekkään BRM:n takana on hyvä kommunikaatio. Tarpeellisen tiedon välittäminen on monimutkainen prosessi, johon kuuluvat tiedon siirto, välitetyn tiedon ymmärtäminen ja vastaanottajan vahvistus tiedon saamisesta. Monessa onnettomuudessa tarpeellinen tieto on ollut saatavissa, mutta tietoa ei ole vastaanotettu tai se on väärin ymmärretty. Lisäksi monessa tapauksessa tieto on ollut vajaavaista tai epäselvää. BRM-koulutuksessa kerrotaan ryhmätyöskentelyn tärkeydestä. Ryhmätyöskentely auttaa miehistöä käsittelemään päivittäisiä ongelmia helpommin. Lisäksi varmistetaan, että käytetään kaikkia mahdollisia henkilöstö resursseja. Päätöksenteko osa-alueessa käydään päätöksenteon merkitystä, sen vaikutuksia ja kuinka tehdään päätöksiä tehokkaasti aluksilla. Tilannetietoisuus korostuu teknologian ja automaation lisääntyessä. On tärkeää olla tietoinen, mitä kokonaisuudessa tapahtuu ja varsinkin tehtäessä manööverejä tai olosuhteiden muuttuessa. Koulutuksessa mainitaan myös väsymyksestä ja rutinoitumisesta. Merenkulkualalla väsymys on merkittävä ongelma. Asialliset työ- ja lepoajat takaavat turvallisen työskentelyn laivalla ja pienentävät onnettomuusriskiä. (Mukherjee 2017.)

### **3.4 Safety-I ja Safety-II**

Safety-I ja Safety-II ovat Erik Hollnagelin kehittämiä turvallisuusjohtamisajattelumalleja. Safety-I ajattelumallissa vältetään väärin meneviä asioita tai virheitä ja tarkastellaan itse vikaa tai onnettomuutta. Safety-II ajattelumallissa tarkastellaan asioita, joita tehdään oikein ja tarkastellaan, miksi asiat menevät oikein. (Hollnagel 2014, 147.)

Safety-I määrittelee turvallisuuden siten, että haitallisten tapahtumien (onnettomuudet/tapahtumat/läheltä piti tilanteet) määrä on mahdollisimman pieni. Mahdollisimman pientä raja-arvoa voidaan määritellä kustannuksilla, etiikalla tai julkisella mielipiteellä. Safety-I ajattelussa toiminto voi olla joko hyväksyttävä tai ei hyväksyttävä ja toiminnon lopputulema joko onnistunut tai epäonnistunut. Safety-I:ssä oletuksena on, että lopputulema on hyväksyttävissä, kun epäsuotuisien tapahtumien määrä on niin pieni kuin on kohtuullisesti mahdollista. Tämä johtuu siitä, että kaikki on toiminut niin kuin pitää ja ihmiset ovat noudattaneet ohjeita. Lopputuloksien ollessa epäsuotuisia tulokset luokitellaan joko onnettomuudeksi tai tapahtumaksi, mikä johtuu teknisestä viasta, toimintahäiriöstä tai inhimillisestä tekijästä. Safety-I:ssä turvalliseen lopputulokseen päästään etsimällä virheet ja poistamalla ne. Tätä tapaa kutsutaan nimellä ”find and fix”. Toinen tapa on estämällä siirtyminen normaalista tilasta epänormaaliin tilaan. Tämä tapahtuu esimerkiksi sijoittamalla fyysisiä esteitä kuten lukot, kyltit signaalit, varoitukset, jotka vaativat reagointia ennen työskentelyä, tai asettamalla aineettomia esteitä, kuten säännöt, rajoitukset tai lait. (Hollnagel 2014, 49–51.)

Safety-I keskittyy vain asioihin, jotka ovat menneet pieleen tai voivat mennä pieleen ja näitä yritetään hallita erilaisilla rajoituksilla tai säännöillä. Safety-I saattaa olla ristiriidassa tuottavuuden kanssa, koska työ vaatii joustavuutta ja muuttumiskykyä. Lisäksi onnettomuuksien tai haitallisten tapahtumien määrän ollessa erittäin vähäinen, tai jos niitä ei ole lainkaan, on vaikea saada tietoa, kuinka hyvin asiat toimivat, koska ei ole mitään mitä mitata. (Hollnagel 2014, 58, 11.)

Safety-II on tila, jossa mahdollisimman paljon asioita menee oikein. Safety-II voidaan määritellä tilana, jossa suunniteltujen ja hyväksyttävien lopputulemien määrä on mahdollisimman suuri päivittäisissä tilanteissa. Safety-II:sta määriteltäessä voidaan kysyä kaksi kysymystä. Kuinka ja miksi asiat menevät oikein ja kuinka tiedämme mitkä asiat menevät oikein? Monet tekniset järjestelmät ovat nykyään sen verran monimutkaisia, että työ ei ole täysin määritelty, joten työhön liittyy tietynlainen arvaamattomuus. Tämä vaatii sen, että ihmiset mukautuvat kyseiseen tilanteeseen työssä. Safety-I:ssä oletetaan, että asiat toimivat, koska ihmiset noudattavat ohjeita ja työskentelevät odotetusti. Safety-II:ssä oletetaan, että järjestelmä toimii, koska ihmiset osaavat mukautua

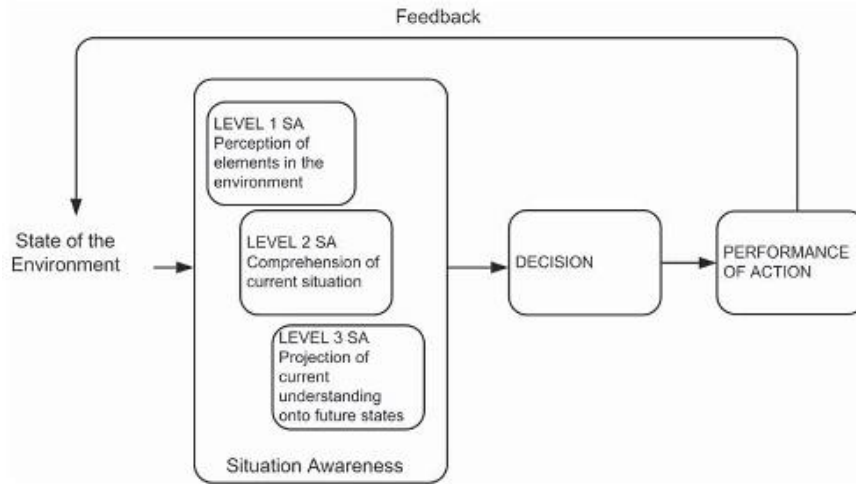
työskentelyolosuhteisiin ja eri tilanteisiin. Ihminen tunnistaa, kun jokin menee väärin tai on menossa väärin. Turvallisuusjohtamisessa on oltava ennakoiva ja tehtävä muutoksia ennen kuin jotain tapahtuu. Safety-I määrittelee, mikä on mennyt väärin ja käyttää usein termejä tilannetietoisuus, inhimillinen virhe, turvallisuuskulttuuri jne. Näillä yleensä viitataan jonkin puuttumiseen, kuten tilannetietoisuuden puuttumiseen, turvallisuuskulttuurin puuttumiseen, turvallisen toiminnan puuttumiseen jne. Safety-II taas yrittää selittää ja hahmottaa kuinka jokapäiväinen työ tehdään ilman tarvetta selittää ”A meni oikein koska B”. (Hollnagel 2014, 134-135, 137, 140, 149.)

Ihmiset käyttävät jokapäiväisessä työssä Safety-I:n ja Safety-II:n yhdistelmää, koska tehokas suorittaminen vaatii sen, että pystyy välttämään väärin meneviä asioita ja varmistamaan, että asiat menevät myös oikein. Erik Hollnagelin teoksessa Safety-I and Safety-II The past and future of Safety Management suositellaankin yhdistämään nämä kaksi ajattelutapaa. (Hollnagel 2014, 146, 148.)

#### **4 TILANNETIETOISUUS**

Situation awarness eli tilannetietoisuus määritelmä kehitettiin 1980-luvulla selittämään lentäjien inhimillisiä virheitä, jotka johtuivat puutteellisesta ymmärryksestä sen hetkisestä tilanteesta sekä tietoisuudesta erinäisten automatisoitujen laitteiden tilasta. Tilannetietoisuus liittyy operoijan kykyyn saavuttaa ja ylläpitää kokonaisvaltainen ymmärrys tilanteesta ollessaan samalla vuorovaikutuksessa automaattisten laitteiden kanssa. Mica Endsley määrittelee tilannetietoisuuden 1. elementtien hahmottaminen ympäristössä tilavuuden ja ajan sisällä, 2. niiden tarkoitusten ymmärtäminen ja 3. niiden statuksien eteneminen lähitulevaisuudessa. (Popken & Krems 2011, 79.)

Endsleyn mallissa tilannetietoisuus on erillään päätöksenteosta ja tehokkuudesta ja kuvailee sitä tietämyksen tasona tai tuotteena. Tilannetietoisuudella on kuitenkin yhteys muistin, tarkkaavaisuuden, työmäärän ja stressin kanssa. Endsleyn mallissa tilannetietoisuus on luokiteltu kolmeen tasoon. Tämä on esitetty kuvassa 7. (Stanton ym. 2005, 213.)



Kuva 7 Tilannetietoisuuden tasot Endsleyn (1995) mukaan. (Stanton ym. 2005, 214.)

Ensimmäinen taso on havainnointi, jossa henkilö on havainnut tekijöitä ympäristöstä millä on merkitystä tehtävään tai tilanteeseen. Toinen taso on ymmärtäminen. Tällä tasolla henkilöllä on ymmärrys sen hetken tilanteesta sekä ensimmäisen tason tekijöiden merkityksen tilanteeseen. Lisäksi henkilö ymmärtää, mikä tieto on tärkeää sen hetken tilanteen kannalta. Kolmannella tasolla, jota nimitetään ennustamiseksi henkilö osaa hyödyntää ensimmäisellä ja toisella tasolla saamansa tietoa ja ennustamaan, miten tilanne kehittyy tulevaisuudessa. Näiden tietojen pohjalta henkilö tekee päätöksen, miten toimia, joka taas vaikuttaa tilanteeseen. (Stanton ym. 2005, 214.)

Tilannetietoisuus voidaan selittää yksinkertaisesti siten, että on tietoinen mitä ympärillä tapahtuu. Se että on tietoinen mitä ympärillä tapahtuu, täytyy ottaa huomioon saatavilla oleva tieto ja ymmärtää niiden vaikutus tilanteeseen. On ennakoitava, miten tilanne kehittyy tulevaisuudessa ja ymmärrettävä miten eri valinnat vaikuttavat lopulliseen päämäärään. Lisäksi on otettava huomioon kuinka tarkka tai luotettava tilannetietoisuus on sillä hetkellä. (Nofi 2000, 9.)

Henkilökohtaiseen tilannetietoisuuteen vaikuttavat rakenteelliset ja tilanteelliset tekijät. Rakenteellisia tekijöitä ovat muun muassa uskonto ja kulttuuri, koulutus/harjoittelu, kokemus, ammatti, sukupuoli, ikä, luonne jne. Tilanteellisia tekijöitä ovat muun muassa mieliala, väsymys, monimutkaisuus, aikapaine, stressi jne. (Nofi 2000, 25.)

#### 4.1 Tilannetietoisuus ja automaatio

Automaatio muuttaa tehtävävaatimuksia ja siten vaikuttaa ihmisen hallintaprosesseihin, jotka ovat normaalisti osallisia ihmisen suorittaessa tehtäviä manuaalisesti. Automaation vaikutukset tilannetietoisuuteen voivat olla niin negatiivisia kuin positiivisia. (Popken & Krems 2011, 81.)

Automaation positiiviset vaikutukset tilannetietoisuuteen liittyvät yleisesti siihen, että operaattorin henkinen työtaakka kevenee ja pystyy käyttämään enemmän kognitiivisia resursseja tilannetietoisuuden ylläpitämiseen. Endsleyn ja Kaberin tutkimuksessa osallistujat raportoivat keventynyttä työtaakkaa päättöksenteon näkökulmasta osittain automatisoidussa tutkamonitorointi tehtävässä. Osallistujien käsitys kokonaistilanteesta parani tilannetietoisuuden kannalta. Tutkimuksessa kävi myös ilmi, että parantunut tilannetietoisuus ei automaattisesti johtanut parempaan suoritukseen, kun ohjaus palautettiin kokonaan osallistujille tutkimuksen eri hetkillä. Tutkimukset myös osoittavat, että henkisen työtaakan vähentäminen ei välttämättä johda parempaa tilannetietoisuuteen. (Popken & Krems 2011, 81–82.)

Automaation negatiivinen vaikutus on niin sanottu ”out-of-the-loop performance”. Tämä liittyy ihmisen vaikeuteen havaita laitteiston virheellistä toimintaa, kun sitä ei aktiivisesti tai manuaalisesti ohjata. Korkeatasoisesti automatisoitu tai erittäin luotettava järjestelmä vähentää tarvetta manuaaliseen kontrolliin, joka alikuormittaa ihmistä ja heikentää ihmisen kykyä monitoroida tilannetta. (Popken & Krems 2011, 76.)

#### 4.2 Tilannetietoisuuden mittaaminen

Tilannetietoisuuden parantaminen on yksi tavoitteista, kun suunnitellaan uutta järjestelmää tai käyttöliittymää. Tilannetietoisuutta on mitattava, jotta saadaan arvioitua, onko uudella teknologialla positiivisia vai negatiivisia vaikutuksia tilannetietoisuuteen. Arvioitaessa mittauksen validiteettia ja luotettavuutta on varmistettava, että (1) mitataan vain tilannetietoisuutta eikä muita arvoja, (2) tutkimus on tarpeeksi tarkka, että huomataan pienetkin muutokset tilannetietoisuudessa ja (3) mittaus ei itsessään vaikuta prosessiin, mittaustuloksiin tai tilannetietoisuuteen. (Endsley 1995, 66.)

Tilannetietoisuuden mittaamisessa ensimmäinen vaihe on tilannetietoisuuden vaatimuksien arviointi, jolla määritellään mistä operaattorin tilannetietoisuus koostuu tehtävässä tai olosuhteissa. Yleinen tapa tilannetietoisuuden vaatimusten arviointiin Endsleyn (1993) mukaan on haastatella aiheen asiantuntijoita. Lisäksi tulee tehdä analyysi tehtävän tavoitteista sekä kyselykaavake. Tällä määritellään, mitkä ovat tietyn tehtävän tai skenaarion tilannetietoisuuden vaatimukset. (Endsley 1993, Stantonin ym. 2005, 216 mukaan.)

Yleisimpiä tilannetietoisuuden mittaamiseen käytettyjä tekniikoita ovat (Stanton ym. 2005, 216):

1. Kuvanpysäytystekniikat
2. Reaaliaikainen kysely
3. Itsearviointi tekniikat
4. Tarkkailijan arviointi
5. Tehokkuusmittaus

Jokaisesta tilannetietoisuuden mittaustekniikasta on lyhyt kuvaus.

#### 1. Kuvanpysäytystekniikat

Kuvanpysäytystekniikat sisältävät tilannetietoisuuteen liittyviä kysymyksiä samalla kun simulaatioharjoitus pysäytetään. Simulaatioharjoituksessa tilanne pysäytetään sattumanvaraisesti johonkin kohtaan ja näytöt pimennetään, jonka jälkeen osanottajat vastaavat kysymyksiin sen hetkisestä tilanteesta. Vastaukset antavat tietoa osanottajan tilannetietoisuudesta sillä hetkellä, kun harjoitus pysäytetään ja näytöt pimennetään. Kyseisen tekniikan etuna on sen suhteellisen helppo käytettävyys ja kysely antaa tarkan kuvan tilannetietoisuuden tasosta, jota pystytään vertaamaan tilanteenpysäytys hetkeen. Tekniikan haittapuoli on sen valmistelemiseen ja suunnittelemiseen vaadittava suuri työmäärä. Lisäksi simulaation pysäytys vaikuttaa tehtävän työn tehokkuuteen. Yksi eniten käytetyistä kuvanpysäytystekniikoista on Endsleyn kehittämä SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique). Tekniikka kehitettiin arvioimaan hävittäjälentäjien tilannetietoisuutta. Siinä arvioidaan osanottajien tilannetietoisuutta Endsleyn esittämällä kolmella tasolla 1 SA (Elementtien havainnointi), 2 SA (Niiden merkityksen ymmärtäminen) ja 3 SA (Niiden merkitys tulevaisuudessa). Tekniikka oli alun perin kehitetty armeijalle, mutta siitä on tehty variaatioita eri käyttökohteisiin, kuten lennonjohdolle ja valvontakeskuksiin. (Stanton ym. 2005, 216–217.)

## 2. Reaaliaikainen kyselytekniikka

Reaaliaikaisessa kyselyssä esitetään kysymyksiä osanottajalle sen hetken tilanteesta ilman että simulaatiota pysäytetään. Osanottajan tilannetietoisuutta kuvaa vastauksien tulos sekä aika, kuinka kauan vastaamiseen menee. Tällä tekniikalla vähennetään kyselyn vaikutusta työn tehokkuuteen ja itse työhön, kun verrataan kuvanpysäytystekniikkaan. Yksi esimerkki reaaliaikaisesta kyselystä on SPAM (Situation Present Assessment Method), joka on kehitetty arvioimaan lennonjohtovalvojan tilannetietoisuutta. Kyselyssä lennonjohtovalvojalle esitetään kysymyksiä sen hetken tilanteesta puhelimen välityksellä. Oikeiden vastauksien vastausaika mitataan ja niillä arvioidaan tilannetietoisuuden tasoa. Reaaliaikaisen kyselyn lisäksi kysymyksiä voidaan esittää tilanteen jälkeen. (Stanton ym. 2005, 217.)

## 3. Itsearviointitekniikat

Itsearviointitekniikoissa osanottajat arvioivat itse omaa tilannetietoisuuttaan. Tyypillisesti itsearviointitekniikoissa osanottajat arvioivat tilannetietoisuuden tasoa tutkimuksen/simulaation jälkeen. Tällä saadaan subjektiivinen näkemys tilannetietoisuudesta. Itsearviointitekniikoiden etuna on niiden helppo toteutettavuus, pienet kustannukset ja se, että se ei häiritse itse simulaatiota. Tekniikan haittapuolena onkin se, että tietoa kysytään vasta testin jälkeen, jolloin osanottajat saattavat unohtaa tärkeää tietoa tutkimuksesta. Lisäksi osanottajilla on tapana unohtaa hetkiä tutkimuksesta, kun heillä on ollut huono tilannetietoisuus. Tämä johtuu siitä, että osanottajat eivät voi havaita kohtia tilannetietoisuudessa, kun he eivät huomaa koko tilannetta. Itsearviointitekniikat saattavatkin kuvata myös tehokkuutta. Yksi helpoimmista ja yksinkertaisimmista tilannetietoisuuden arviointitekniikoista on SART (Situation Awareness Rating Technique). SART arvioi osanottajan tilannetietoisuutta kymmenellä tasolla: perehtyneisyys tilanteeseen, huomion keskittyminen, informaation määrä, informaation laatu, tilanteen epätasapaino, huomion keskipiste, tilanteen monimutkaisuus, tilanteen muuttujat, kiinnostavuus ja psyykinen kapasiteetti. Tutkimuksessa osanottajat arvioivat jokaista kymmentä osa-aluetta asteikolla 1=matala 7=korkea. (Stanton ym. 2005, 217–218.)

#### 4. Tarkkailijan arviointi

Tilannetietoisuuden mittaamiseen voidaan käyttää myös tarkkailijan arviointia. Aiheen asiantuntija tarkkailee osanottajaa tehtävän/simulaation aikana, ja sen perusteella arvioi tilannetietoisuuden tasoa. Tällä tekniikalla saadaan arvioitua tilannetietoisuutta ilman, että tarvitsee puuttua itse tehtävään tai työhön, ja aiheen asiantuntijalla on tietämys minkä tasoisen tilannetietoisuuden tehtävä vaatii. Tosin arviointimenetelmää on kritisoitu sen pätevydestä. Vaikka ulkoisesti seuraamalla voidaan saada näkemys tilannetietoisuuden tasosta, kuinka paljon tarkkailija pystyy arvioimaan osanottajan tilannetietoisuuden tasoa vain seuraamalla. Lisäksi aiheen asiantuntijan saaminen voi olla vaikeaa. SABARS (Situation Awareness Behavioural Rating Scale) on yksi tarkkailijan arviointi tekniikoista. SABARS arvioinnissa aiheen asiantuntijat seuraavat osanottajien toimintaa ja arvioivat 28:aa havaittavissa olevaa tilannetietoisuuteen liittyvää käytöstä. Tarkkailijat arvioivat asteikolla 1–5, jossa 1 on todella huono ja 5 on todella hyvä. Lisäksi on soveltumaton kategoria. (Stanton ym. 2005, 219.)

#### 5. Tehokkuusmittaus

Tehokkuusmittauksella voidaan mitata epäsuorasti tilannetietoisuutta. Tehtävästä riippuen suorituksen tiettyjä kohtia voidaan mitata tai laskea, jolla saadaan käsitys tilannetietoisuuden tasosta, esimerkiksi Gugerty (1997) arvioiessaan kuljettajan tilannetietoisuutta. Hän mittasi vaaran havainnointia, estävän auton havainnointia ja törmäyksen välttämistä simuloidussa ajotehtävässä. Menetelmässä siis lasketaan tehtävän aikana onnistuneet/epäonnistuneet havainnot. Menetelmä toimii hyvin arvioimaan tehokkuutta, eikä häiritse itse suoritusta, mutta ongelmana on oletus, että hyvä tehokkuus on hyvän tilannetietoisuuden ansiota ja toisinpäin. Lisäksi tehtävässä kokenut henkilö voi saavuttaa hyvän tehokkuuden pienellä tilannetietoisuudella, ja kokemattomalla henkilöllä voi olla hyvä tilannetietoisuus, mutta huono tehokkuus tehtävässä. Tästä johtuen tehokkuusmittaus tilannetietoisuuden arviointimenetelmänä on hieman kyseenalaista. Menetelmää ja siitä saatua tietoa voi kuitenkin käyttää varmistuksena toista tekniikkaa käytettäessä. (Salmon ym. sa, 20, 30.)



## 5 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT

### 5.1 Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten autonomisten alusten etäohjauskeskuksessa havaitaan ja hallitaan ongelmatilanteita. Ongelmatilanteissa ja niiden hallinnassa keskitytään siihen, miten etäohjauskeskuksessa tunnistetaan uhat ja vältetään vaaratilanteita. Tutkimuksen perimmäisenä tavoitteena on merenkulun turvallisuuden parantaminen.

Autonomista miehittämättömän aluksen toteuttamista rajoittaa tällä hetkellä moni merenkulun laki ja säädös, joten tutkimuksessa oletetaan niiden muuttuvan siten, että miehittämätön alus on mahdollista toteuttaa. Koneosaston toiminta rajataan työstä pois aiheen pitämiseksi tarpeeksi suppeana. Lisäksi etäohjauskeskuksen vahtijärjestelyistä tehdään parhaillaan opinnäytetyötä, joten työ- ja lepoaikoihin liittyviä teemoja ei käsitellä suuremmin.

### 5.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ja sitä kautta kartoittavassa tutkimuksessa pyritään selvittämään, mitä automatisoiduista laitteista ja autonomisista järjestelmistä tiedetään. Sillä selvitetään myös, miten sitä tietoa voidaan hyödyntää tässä tutkimuksessa sekä tulevaisuuden etäohjauskeskuksessa.

Tutkimuksessa aineiston hakemisessa käytettiin systemaattista kirjallisuuskatsausta. Kirjallisuuskatsauksessa haettiin aiheeseen liittyviä tutkimusmateriaaleja ja niistä seulottiin tulosten kannalta tärkeimmät ja uusimmat tulokset. (Salminen 2011. 3) Kirjallisuuskatsaus antaa hyvän pohjan teemahaastattelulle. Teemahaastattelun aineiston ja kirjallisuutta vertailemalla saadaan näkemys, miten etäohjauskeskuksessa havaitaan ja hallitaan ongelmatilanteita.

Teemahaastattelulla haetaan aiheeseen liittyvää tietoa alan ammattilaisilta. Haastattelut ovat tyypiltään puolistrukturoituja eli kysymykset ovat lähes samat haastateltaville (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Teemahaastattelujen tuloksista voidaan analysoida, mitkä asiat ovat tärkeitä etäohjauskeskuksen ongelmatilanteiden hallinnassa. Haastateltavien määrä oli tutkimuksessa

vähäinen, koska tutkittava aihe on uusi eikä haastateltavien määrällä ole tar-  
koitus kvantifioida tutkimusta.

## **6 TEEMAHAASTATTELUT**

Teemahaastattelussa haastattelin Suomenlahden meriliikennekeskuksen  
päällikköä Samu Koskea. Haastattelu on käsitelty luvussa 6.1. Haastateltavan  
valitsin, sillä perusteella, että Koskella meriliikennekeskuksen päällikkönä on  
kokemus merenkulkualasta ja kattava kokemus meriliikenteen ohjaamisesta.  
Yleisesti spekuloidaan, että työstä etäohjauskeskuksessa tulisi vastaavan-  
laista kuin työ VTS-keskuksessa.

Lisäksi haastattelin Rolls-Royce Marinen teknistä tuotepäällikköä Anton Wes-  
terlundia. Haastattelu on käsitelty luvussa 6.2. Westerlund toimii Rolls-Royce  
Marine -yksikössä ROC:n kehitys- ja tuotevastaavana. Hänellä on lähes kym-  
menen vuoden työkokemus mereltä eri työtehtävissä ja kuuden vuoden koke-  
mus merenkulun koulutuksen parissa ja simulaattoritehtävissä.

Haastattelun kysymykset eivät olleet täsmälleen samanlaiset haastateltaville,  
mutta noudattivat samoja teemoja. Kysymysten teemat liittyivät tiedonsaantiin,  
uhkien tunnistamiseen, vaaratilanteiden välttämiseen ja niiden selvittämiseen.

### **6.1 VTS**

VTS-palvelu (Vessel Traffic Services) on yli 24-metrisille ja erikseen määrä-  
tyille aluksille tarjottavaa alusliikennepalvelua, jota ylläpitää Suomessa liiken-  
nevirasto. Alusliikennepalveluja tarjotaan Suomen rannikon merialueella  
24h/vrk ympäri vuoden, ja merialue on jaettu kuuteen VTS alueeseen. Lisäksi  
Saimaan alueella tarjotaan VTS-palvelua liikennekauden aikana. VTS-keskus  
antaa tiedotuksia, navigointiapua ja järjesteele alusliikennettä. VTS-palvelusta  
on säädetty Alusliikennepalvelulaissa 623/2005. (Liikennevirasto 2018.)

VTS-keskus saa aluksien paikka- ja liiketietoja AIS-järjestelmästä (Automatic  
Identification System) sekä fuusiodata-järjestelmästä, joka yhdistää paikkatie-  
toja useammasta tutkasta ja AIS:sta. Siitä keskuksen operaattori saa luotetta-  
van tiedon aluksien sijainnista ja liikkeistä. Lisäksi keskus saa tietoa aluksista

niiden ennakoilmoittautumisista, Portnet-järjestelmästä, satamien ja luotsien listoista sekä VTS:n omasta laivalistasta. VTS:llä on videoyhteys satama-alueilla sekä strategisesti kiinnostavissa kohteissa.

Kosken mukaan VTS-keskuksessa pyritään puuttumaan tilanteisiin ennen kuin niistä muodostuu vaaratilanne. Tässä operaattorin ammattitaito on vahvassa roolissa uhkaavien tilanteiden havaitsemisessa ja ennakoimisessa. Lisäksi järjestelmään on asetettu hälytysrajoja, ja käytössä on ARPA-tutka tyyppinen työkalu, jolla pystytään ennakoimaan aluksien liikkeitä. Kuitenkin pääosin operaattori itse havaitsee uhkaavan tilanteen ja puuttuu siihen ajoissa. Näihin tilanteisiin puututaan pääosin ottamalla alukseen yhteys VHF-radiolla. Lisäksi voidaan asettaa väylien eri kohtiin vuorojärjestys, jolla hallitaan liikennevirtaa. Kaikkeen toimintaan on toimintaohjekortit, jotka on luotu ammattitaito mielessä pitäen eli ne eivät rajoita liikaa operaattorin toimintaa.

Valvottavien aluksien määrä vaihtelee ajankohdasta ja valvottavasta alueesta riippuen. Alueella saattaa olla useampi alus, mutta operaattori itse määrittelee, mitä aluksia tai tarkempaa aluetta seuraa. Ongelmatilanteissa vuoro esimies tulee tarvittaessa avustamaan. Se kuinka montaa alusta etäohjauskeskuksessa pystytään valvomaan samanaikaisesti, pitäisi Kosken mukaan todennäköisesti testata simulaattorissa. Tähän vaikuttaa monta tekijää, kuten liikennöinti alue, liikenteen määrä ja operaattorin henkilökohtaiset ominaisuudet ja kokemus.

## **6.2 Rolls-Royce Marine**

Etäohjauskeskukseseen aluksista saadaan tietoa IA- ja ANS-järjestelmien kautta. Nämä järjestelmät pitävät sisällään tutkan, GPS:n sekä ECDIS- ja AIS-järjestelmien datan. Lisäksi IA-järjestelmästä saadaan maalintunnistustietoja. Näillä saadaan muiden alusten sijainti- ja liiketiedot. Tämän lisäksi RCS-pisteeseen saadaan videokuvaa eri kameroilta ja radioyhteys etäohjattavalta alukselta. ROC-tasolla on käytössä FMM-näyttö, jossa on nähtävillä overview-näkymä, jolla näkee kaikki valvottavat alukset tai yhden aluksen tiedot.

Westerlundin mukaan etäohjauskeskuksessa jokaiselle alukselle tehdään reittisuunnitelma, joka on hieman kattavampi kuin perinteinen miehitetyillä aluksilla tehtävä reittisuunnitelma. Reittisuunnitelma pitää sisällään Control state ja Safe state -alueet. Control state on alue, missä alus tarvitsee valvontaa etäohjauskeskuksesta kuten luotsimatkat tai saaristoajo. Safe state on ennalta määritelty käsky tai ohjeistus siitä, mitä alus tekee eri tilanteissa, esimerkiksi yhteyden katkettaessa alus odottaa seuraavassa reittipisteessä, kunnes saa yhteyden. Lisäksi reitille voidaan määritellä turvapaikkoja, minne aluksen on turvallista pysähtyä.

Etäohjauskeskuksessa IA- ja ANS-järjestelmät tunnistavat uhkaavat tilanteet ja toimivat ennalta määriteltyjen ehtojen ja ohjeiden mukaan. Tilanne, jossa järjestelmä ei tiedä miten tulisi toimia, ilmoittaa se siitä FMM:iin ja siellä päättään, mitä toimenpiteitä tarvitsee tehdä, esimerkiksi aluksen reittisuunnitelmaa voidaan muuttaa tai ottaa alus etäohjaukseen. Lisäksi järjestelmän redundanttisuuteen on panostettu eli mikään yksittäinen häiriö ei saa kaataa koko järjestelmää.

Yhdessä ROC-keskuksessa valvottavien aluksien määrä on tilannekohtaista. Esimerkiksi yksi ROC-keskus pystyy valvomaan useampaa valtameriliikenteessä kulkevaa alusta kuin Itämeren liikenteessä, johon lisäksi vaadittaisiin useampaa RSC paikkaa. Tällä hetkellä arvioidaan, että 10 alusta vaatisi 6 RSC paikkaa, mutta tähän tietenkin vaikuttaa monta muuttujaa ja arvio voi muuttua vielä.

### **6.3 Yhteenveto**

VTS-keskuksessa operaattori tunnistaa uhkaavat tilanteet tietokoneen ohjelmiston avulla. Pääosin niiden kehittyminen vaaratilanteeksi estetään operaattorin omalla aktiivisella toiminnalla, kuten ottamalla radioyhteys. Etäohjauskeskuksessa vastaavasti IA-järjestelmä havaitsee uhkaavat tilanteet ja ANS-järjestelmä tekee tarvittavat toimenpiteet. Nämä kuitenkin perustuvat ihmisen ennalta määriteltyihin ehtoihin/rajoihin. Loppujen lopuksi uhkaavien tilanteiden selvittäminen etäohjauskeskuksessa on operaattoreiden varassa, jos järjestelmä ei tiedä mitä tehdä.

VTS:ssä valvojan ammattitaito on suuressa osassa vaaratilanteiden välttämässä. Vaaratilanteisiin pyritään puuttumaan aikaisessa vaiheessa. Järjestelmään asetetut rajat ja hälytykset ovat taustalla uhkaavien tilanteiden havaitsemiseen. Etäohjauskeskuksessa vastaavasti vaaratilanteita vältetään ennakoitavalla, kuten määrittelemällä järjestelmän raja-arvot ja reittisuunnitelman kattavuudella. Jokapäiväisessä toiminnassa autonominen järjestelmä havaitsee vaaratilanteet ja tekee pääosin tarvittavat toimenpiteet. Operaattori valvoo taustalla ja puuttuu tarvittaessa toimintaan.

Vaikka työ etäohjauskeskuksessa olisi vastaavanlaista kuin työ VTS-keskuksessa, on siinä käytettävät työkalut erilaisia. Etäohjauskeskuksessa järjestelmä tekee päätökset ja ihminen valvoo järjestelmän toimintaa, kun taas VTS-keskuksessa ihminen tekee päätökset eri laitteiden tietojen pohjalta, ja järjestelmän hälytykset ovat taustalla varmistuksena. Tilanteessa, jossa etäohjauskeskuksessa operaattorin tarvitsee puuttua aluksen toimintaan, muuttuu työ vastaavanlaiseksi kuin VTS-keskuksessa sillä erolla että operaattorilla on käytössä erilaiset työkalut. Näillä työkaluilla operaattorin on tarkoitus saada vastaavanlainen tai parempi tilannekuva kuin olisi aluksella paikan päällä.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Etäohjattavia laivoja kehitetään, jotta merenkulku olisi turvallisempaa henkilöstön ja ympäristön kannalta. Autonomisen järjestelmän myötä merenkulusta tulisi myös kustannustehokkaampaa. Tähän vaaditaan se, että uuden järjestelmän on oltava parempi, luotettavampi ja turvallisempi kuin vanha järjestelmä. Turvallisempaa järjestelmää luotaessa on arvioitava, miten ongelmatilanteita hallitaan uudella tavalla sekä miten tilannekuva muuttuu etäohjauskeskuksessa.

Vaikka lentoliikennettä on ollut huomattavasti vähemmän aikaa kuin merenkulkua, on lentokoneen ohjaamon ja lennonjohdon tilannetietoisuudesta tehty huomattavasti enemmän tutkimusta. Lisäksi kuten kappaleessa 3.2 todetaan, osa merenkulun onnettomuuksista johtuu edelleen vajavaisesta tilannetietoisuudesta. Kun tulevaisuudessa vahtipäällikön työnkuva muuttuu, on nyt hyvä aika selvittää, mitä asioita voidaan tehdä paremmin kuin aikaisemmin, jotta niitä epäturvallisia tapoja ei siirretä etäohjauskeskukseen.

Etäohjauskeskuksessa IA-järjestelmä tunnistaa uhkaavat tilanteet ja toimii ennalta määriteltyjen ohjeiden ja käskyjen perusteella. Operaattorilla saattaa olla heikentynyt tilannekuva, jollei se valvo aktiivisesti kokonaisuutta. Tilannetta pahentaa se, jos ANS-järjestelmä ei tiedä, miten toimia ongelmatilanteessa ja hälyttää operaattorin. Operaattorilla voi olla vain vähän aikaa saada realistinen tilannekuva ja toimia. Tähän voisi auttaa se, että järjestelmä ilmoittaa jokaisesta toimenpiteestä, kuten reittisuunnitelman tai nopeuden muutoksesta. Täten operaattori saa paremman käsityksen sen hetken tilanteesta ja hänellä on enemmän aikaa reagoida, jos tilanne muuttuu.

Ongelmatilanteita voidaan hallita aktiivisella toiminnalla, esimerkiksi muuttamalla aluksen reittiä, nopeutta tai ottamalla radioyhteys toisiin aluksiin. Lisäksi voidaan tehdä ennakoivia toimenpiteitä reittisuunnitelmaan tai autonomiseen ohjelmistoon. Näiden lisäksi olisi hyvä olla toimintaohjekortit eri ongelmatilanteisiin. Toimintaohjekorteilla varmistetaan, että ongelmatilanteessa toiminta palaa turvalliselle tasolle ja siten vältetään uusien virheiden tekeminen.

Ongelma- ja vaaratilanteita voidaan välttää kartoittamalla, miten autonomia vaikuttaa toimintaan etäohjauskeskuksessa. Tilannetietoisuuden mittaustekniikoilla voidaan arvioida operaattoreiden tilannetietoisuutta etäohjauskeskuksessa eri tilanteissa. Näiden tuloksien pohjalta voidaan tehdä toimenpiteitä, joilla vähennetään vajavaisesta tilannetietoisuudesta johtuvia onnettomuuksia. Tilannetietoisuuden mittaustekniikoilla voidaan myös havaita, mitä positiivisia vaikutuksia autonomialla on.

Se miten etäohjauskeskuksessa hallitaan ja havaitaan ongelmatilanteita voi muuttua, kun päästään operointi tasolle ja saadaan käytännön kokemusta sekä havaintoja toiminnasta. Ongelmatilanteiden hallinta ja havainnointi on jatkuva prosessi, joka muuttuu jatkuvasti. Näin pystytään mukautumaan erilaisiin ja vaihteleviin tilanteisiin. Tällä hetkellä on kuitenkin mahdollisuus tehdä ennakoivia toimenpiteitä ja välttää virheitä toiminnassa. On parempi tehdä havaintoja toiminnasta etukäteen kuin vasta mahdollisen vaaratilanteen tai onnettomuuden jälkeen.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten etäohjauskeskuksessa havaitaan ja hallitaan ongelmatilanteita. Ongelmatilanteiden hallinnassa keskitytään siihen, miten etäohjauskeskuksessa tunnistetaan uhat ja vältetään vaaratilanteita. Ongelmatilanteiden hallinnassa tilannetietoisuus on merkittävä osa-alue. Tutkimuksessa saatiin hyvin kattavasti uusinta tietoa autonomisten alusten etäohjauksesta, ongelmatilanteiden hallinnasta sekä tilannetietoisuudesta. Tätä täydensi teemahaastattelut, joista saatiin tietoa ammattilasilta, jonka pohjalta voitiin tehdä johtopäätöksiä. Voidaan katsoa, että työn tavoitteissa on onnistuttu, koska on saatu näkemys etäohjauskeskuksen ongelmatilanteiden hallinnasta.

Tässä tutkimuksessa on saatu vastauksia, miten ongelmatilanteita hallitaan ja havaitaan etäohjauskeskuksessa. Aiheeseen liittyvät jatkotutkimusaiheet voisivat olla tilannetietoisuuden mittaaminen etäohjauskeskuksessa ja toimintaohjekorttien luominen etäohjauskeskukseen. Näitä aiheita tutkimalla voidaan parantaa etäohjattavien aluksien turvallisuutta ja saada tietoa siitä, mitä asioita voidaan parantaa etäohjauskeskuksen toiminnassa.

## LÄHTEET

Arola, T. & Antikainen, P. 2017. Liikenteen automaation ja robotiikan kehittämistoimenpiteiden tiekartta 2017–2019. Liikenne- ja viestintäministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79868/10-2017%20Liikenteen%20automaation%20ja%20robotiikan%20kehittamistoimenpiteiden%20tiekartta%202017-2019.pdf?sequence=1> [viitattu 14.9.2018].

CHIRP. 2018. The UK Confidential Reporting Programme for Aviation and Maritime. WWW-tiedosto. Saatavissa: <https://www.chirp.co.uk/> [viitattu 22.10.2018].

CHIRP Maritime. 2017. CHIRP maritime causal analysis. CHIRP Maritime Advisory Board. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.chirpmaritime.org/wp-content/uploads/2017/12/2017-12-CHIRP-Maritime-Causal-Analysis-2017.pdf> [viitattu 22.10.2018].

Endsley, M. 1995. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors. WWW-tiedosto. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/200773058\\_Measurement\\_of\\_Situation\\_Awareness\\_in\\_Dynamic\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/200773058_Measurement_of_Situation_Awareness_in_Dynamic_Systems) [viitattu 14.11.2018].

Erkama, P., Helovuori, A. & Salokorpi, M. 2006. Miehistöyhteistyön kehittäminen – Esiselvitys. Merenkululaitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/142006/mkl324.pdf?sequence=1> [viitattu 16.9.2018].

HELCOM. 2014. Annual report on shipping accidents in the Baltic Sea in 2013. PDF-dokumentti, 12–27. Saatavissa: <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/Annual%20report%20on%20shipping%20accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20area%20during%202013.pdf> [viitattu 19.9.2018].

Helmreich, R. L., Klinec, J. R. & Wilhelm, J. A. 1999. Models of threat, error, and CRM in flight operations. Teoksessa In proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology. Columbus, OH: The Ohio State University, 677–682.

Hollnagel, E. 2014. Safety-I and Safety-II The past and future of safety management. England: Ashgate Publishing Limited.

Itämeren suojelukomissio. 2017. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Päivitetty 3.7.2017. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri\\_ja\\_meren\\_suojelu/Kansainvainen\\_yhteisty\\_o\\_ja\\_EUasiat/Itameren\\_suojelukomissio](http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri_ja_meren_suojelu/Kansainvainen_yhteisty_o_ja_EUasiat/Itameren_suojelukomissio) [viitattu 19.9.2018].

Kanki, B., Helmreich, R. & Anca, J. 2010. Crew Resource Management. Boston: Academic Press/Elsevier.



- Kalosh, A. 2018. Carnival shows off cutting-edge Fleet Operations Center in Miami. Seatrade Cruise News. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.seatrade-cruise.com/news/news-headlines/carnival-shows-off-cutting-edge-fleet-operations-center-in-miami.html> [viitattu 23.10.2018].
- Leskinen, J. R. 2018. Google ja Rolls-Royce ruorissa. *Kauppalehti* 172. 9.
- Liikennevirasto. 2018. Vessel Traffic Services -alusliikennepalvelut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.liikennevirasto.fi/ammattimerenkulku/meriliikenteen-ohjaus/vts#.XBjBzGgzblU> [viitattu 18.12.2018].
- MacKinnon, S., Yemao, M. & Baldauf, M. 2015. Final Report Shore Control Centre. MUNIN. PDF-dokumentti, 7–11. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/09/MUNIN-D8-8-Final-Report-Shore-Control-Centre-CTH-final.pdf> [viitattu 24.9.2018].
- Mukherjee, P. 2017. Understanding Bridge Resource Management And Its Key Elements On Board Ships. Marineinsight. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.marineinsight.com/guidelines/understanding-bridge-resource-management-and-its-key-elements-on-board-ships/> [viitattu 15.10.2018].
- Munin. 2016a. The MUNIN Consortium. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/partner/> [viitattu 24.9.2018].
- Munin. 2016b. Welcome to the MUNIN project web page. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/> [viitattu 21.9.2018].
- Munin. 2016c. Why is autonomous shipping needed?. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/> [viitattu 11.9.2018].
- Nofi, A. A. 2000. Defining and Measuring Shared Situational Awareness. Center for Naval Analyses. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.cna.org/cna\\_files/pdf/D0002895.A1.pdf](https://www.cna.org/cna_files/pdf/D0002895.A1.pdf) [viitattu 9.11.2018].
- One Sea. 2017. One Sea Autonomous Maritime Ecosystem. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.oneseaecosystem.net/about/> [viitattu 30.12.2018].
- Popken, A. & Krems, J. F. 2011. Automation and situation awareness. Teoksessa *The Handbook of human-machine interaction*. Florida Institute of Technology, Florida Institute for Human and Machine Cognition, NASA Kennedy Space Center, 9.
- Porathe, T., Prison, J. & Man, Y. 2014. Situation awareness in remote control centres for unmanes ships. *Human Factors in Ship Design & Operation*, 26–27. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/194797/local\\_194797.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/194797/local_194797.pdf) [viitattu 11.9.2018].
- Rolls-Royce. 2016. Autonomous ship, The next step. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf> [viitattu 15.9.2018].

Rolls-Royce. 2018a. Navigational RCS. Raportti. Salainen. Kirjoittajan hallussa.

Rolls-Royce. 2018b. Rolls-Royce offers ship navigators a bird's-eye view with Intelligent Awareness game-changer. Lehdistötiedote. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/06-03-2018-rr-offers-ship-navigators-a-birds-eye-view-with-intelligent-awareness-game-changer.aspx> [viitattu 23.10.2018].

Rolls-Royce. 2018c. Rolls-Royce yritysvierailu. 6.11.2018. Rolls-Royce Oy Ab.

Rothblum, A. s.a. Human error and maritime safety. U.S. Coast Guard Research & Development Center. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.bowles-langley.com/wp-content/files\\_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf](http://www.bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26.pdf) [viitattu 15.9.2019].

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_3.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html) [viitattu 11.12.2018].

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf) [viitattu 9.10.2018].

Salmon, P., Stanton, N., Walker, G. & Green, D. s.a. Situation Awareness Measurement: A review of applicability for C4i environments. Defence Technology Centre for Human Factors Integration (DTC-HFI) Brunel University. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/1422/1/Situation\\_awareness\\_measurement\\_Salmon\\_et\\_al.pdf](https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/1422/1/Situation_awareness_measurement_Salmon_et_al.pdf) [viitattu 20.11.2018].

Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., Baber, C. & Jenkins, D. P. 2005. Human Factors Methods. A Practical Guide for Engineering and Design. England: Ashgate Publishing Limited.

Ørnulf, J. & Håvard, N. 2017. NFAS. Definitions for Autonomous Merchant Ships. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://nfas.autonomous-ship.org/resources/autonom-defs.pdf> [viitattu 11.9.2018].