

Kaj Degerholm

Teknisiä innovaatioita, jotka tukevat autonomisten laivojen kansipuolen operointia

Merenkulun koulutusohjelma

2017

Teknisiä innovaatioita, jotka tukevat autonomisten laivojen kansipuolen operointia

Degerholm, Kaj
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Lokakuu 2017
Ohjaaja: Teränen, Jarmo
Sivumäärä: 40
Liitteitä: -

Asiasanat: Roll-Royce, Autonomiset laivat, Innovaatio, Lastaus

Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Rolls-Royce Marinen kanssa ja sen aiheena ovat tekniset innovaatiot, jotka tukevat autonomisten laivojen kansipuolen operointia.

Merenkulku elää tällä hetkellä suurien muutoksien keskellä, kun teknologiayhtiöt pyrkivät edistämään autonomisten laivojen läpimurtoa. Robotisaatio on muuttanut työelämää viimeisten vuosikymmenien aikana ja tulee muuttamaan sitä edelleen tulevana vuosina. Ei olekaan ihme, että laitteiden keinoäly on paljon mediassa käsitelty trendikäs aihe. Rolls-Royce on yksi johtavista yhtiöistä merenkulun automaation alalla.

Tutkielma tarkoituksena on esitellä teknisiä innovaatioita, joiden ansiosta autonomisten laivojen tulo maailman merille on mahdollista. Tutkielmassa pyritään myös ideoimaan, miten yleisempien alustyyppien lastaus tulee muuttumaan, kun etäohjatut tai autonomiset alukset saapuvat satamaan. Tutkielma ei käsittele aiheeseen liittyviä lakikysymyksiä tai konepuolen mahdollisia muutoksia.

Työn merkittävimpinä lähteinä toimivat Rolls-Roycelta saadut tiedot. Autonomisten aluksien lastausta koskevat kappaleet perustuvat satamavierailuihin sekä yhteistyöhön Rolls-Roycen kanssa.

Technical innovations which support deck side operations in autonomous ships

Degerholm, Kaj

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Management

October 2017

Supervisor: Teränen, Jarmo

Number of pages: 40

Appendices: -

Keywords: Rolls-Royce, autonomous ship, innovation, loading

The thesis was written in co-operation with Rolls-Royce marine and its subject is technical innovations which support deck side operations in autonomous ships.

The maritime sector is currently experiencing major changes, as technology companies are trying to push for the breakthrough of autonomous ships. Robotization has already changed and will change working life in the coming years in many different industries. The artificial intelligence is a trendy topic that is much discussed in the media. Rolls-Royce is one of the leading companies in the field of maritime automation.

The aim of this thesis is to introduce technical innovations that will allow the autonomous and/or remote-controlled ships to enter the seas of the world. It also discusses ideas of how the loading of most typical ship types is going to change from present to future when the ships potentially do not have a crew. Legal and engineering matters related to this change will be excluded from the thesis.

The most significant sources of the thesis come from Rolls-Royce. Chapters of the loading of autonomous vessels are based on port visits and cooperation with Rolls-Royce.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Taustaa	5
1.2	Rolls-Royce.....	6
1.3	Opinnäytetyön aihe, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät.....	7
1.3.1	Aiheen valinta	7
1.3.2	Tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	7
2	AUTONOMINEN LAIVA.....	9
2.1	Mikä on autonominen laiva?.....	9
2.2	Autonomisen laivojen tuomat muutokset	10
2.3	Etäohjauskeskus	11
2.3.1	Etäohjausasema	13
2.4	Tilannetietoisuusjärjestelmä	14
2.5	Autonomian tasot	17
2.6	Yhteydet ja tietoturva.....	21
2.7	ROC Wall.....	21
3	NAVIGOINTIVÄLINEET, KAMERAT JA SENSORIT	23
3.1	Navigointivälineet.....	23
3.2	Päivä- ja yökamerat.....	24
3.3	PTZ-kamerat	25
3.4	Lidar-yksikkö.....	25
3.5	Drone-yksiköt	25
3.6	Mikrofonit.....	25
4	AUTONOMISEN LAIVAN SATAMATOIMINNOT	27
4.1	Älysatamat	30
4.2	Erityyppisten autonomisten laivojen lastaus.....	31
4.2.1	Konttialukset	31
4.2.2	Ro-ro-alukset.....	32
4.2.2	Matkustaja-alukset ja lautat	33
4.2.3	Kuivarahtialukset.....	35
4.2.4	Säiliöalukset	36
5	YHTEENVETO	37
6	TERMISTÖ	39
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Robotisaatio on muuttanut työelämää huomattavasti viimeisten vuosikymmenien aikana ja tulee muuttamaan sitä merkittävästi lisää vielä tulevina vuosina. Robotit ja keinoäly ovat trendikkäitä aiheita, joita käsitellään paljon mediassa niin todellisesta kuin fiktiivisestäkin kuvakulmasta. Työtehtävien automatisaatio on yksi robotisaation merkittävimmistä saavutuksista.

Robottiikka on ilmiönä vanhempi kuin osaisi odottaa. Teollisuusrobottien historia ylettyy 1960-luvulle ja liittyy erityisesti Yhdysvaltojen autoteollisuuteen. Fordin ja kumppaneiden alkuperäisistä roboteista on kuitenkin tultu jo pitkälle. Kone ei vaadi enää samalla tavalla valvontaa kuin aikaisemmin ja koneet pystyvät liikkumaan, aistimaan ja jopa vuorovaikuttamaan. Onpa mediassa ollut viime aikoina esillä jopa ensimmäinen robotti, jolle myönnettiin maan kansalaisuus. Sophia-robotista tuli Saudi-Arabian kansalainen vuonna 2017.

Tekniikka vie tuotantotaloutta eteenpäin useilla eri aloilla ja robotiikan kehitys vaikuttaa erityisesti työtehtäviin ja työn sisältöön. Ihmisten huoli töiden tulevaisuudesta on vahvasti läsnä robotteihin ja koneellistamiseen liittyvissä keskusteluissa ja huoli kasvaa viimeistään oman työnkuvan muuttuessa. Koneiden autonomian kehitys ja mahdollisen valvonnan tarve tai tarpeettomuus ovat olleet esillä mediassa huomattavasti viime aikoina. Tästä hyvä esimerkki ovat itseajavat autot ja niiden prototyypit. Koneiden autonomia on myös keskeisessä osassa tässä tutkimuksessa. Laivojen autonomia olisi suuri askel merenkululle ja vaikuttaisi voimakkaasti alan rakenteeseen. (Jämsén, P. 2017)

1.2 Rolls-Royce

Rolls-Royce on maailmanlaajuinen tekniikka-alan yritys, joka valmistaa voima- ja propulsiojärjestelmiä. Se operoi yli 50 maassa palvellen asiakkaita yli 150 eri maasta. Roll-Royce on yli 110 vuoden kokemuksellaan yksi maailman tunnetuimmista brändeistä. Yritys on jaettu viiteen eri osa-alueeseen keskittyvään haaraan: meriteollisuuteen, ydinvoimaan, dieselmoottoreihin, siviili- ja armeijalentoliikenteeseen.

Siviiliydinvoiman kasvavat markkinat hyödyttävät Rolls-Roycea, jossa se käyttää hyväkseen 50 vuoden kokemusta ydinsukellusveneistä. Rolls-Roycen nopeita dieselmoottoreita valmistavan MTU-brändin koneita käytetään moottorijahdeista juniin. Yritys on myös yksi maailman johtavista siviili- ja yritys lentokoneiden moottorien valmistajista ja toiseksi suurin armeijalentokoneiden moottorien tuottaja. Meriteollisuudessa Rolls-Royce suunnittelee aluksia ja tuottaa integroituja järjestelmiä, eli valmiita komentosillan laitepaketteja. Se on myös yksi merkittävistä osanottajista maailmanlaajuisessa etäohjattavien laivojen kilpajuoksussa, joka on ollut esillä myös uutisissa. Useat yritykset ovat panostaneet uusiin aiheeseen liittyviin innovaatioihin sekä jo olemassa olevan tekniikan muutoksiin. Tämä tutkimus pyrkii myös käsittelemään teknisiä innovaatioita, jotka pystyisivät tukemaan autonomisten laivojen kansipuolen operointia. (Rolls-Roycen www-sivut. 2017)

Merenkulku elää tällä hetkellä suurien muutoksien keskellä, sillä teknologiayhtiöt pyrkivät ajamaan autonomisten laivojen läpimurtoa, joka onnistuessaan mullistaisi koko alan rakenteen ja toimintatavat. Autonomisten laivojen tuleminen veisi ja muuttaisi monen merenkulkijan työn kuvaa ja mahdolliset pitkät työpäivät vaihtuisivat maissa olevaksi vuorotyöksi. Tällä hetkellä autonomian kehitys keskittyy pääasiassa Suomeen ja Norjaan. Suomessa Rolls-Royce avasi Turkuun etäohjattavien ja autonomisten laivojen tutkimus- ja kehityskeskuksen. Tämän lisäksi Wärtsilä on mukana kehittämässä teknologiaa, joka tukee automaattista operointia. Suomi on muutenkin vahvasti mukana autonomisten laivojen kehityksessä, Selkämerelle Eurajoen edustalle on avattu autonomisten laivojen testialue, jota valvoo One Sea projektissa mukana oleva Dimecc OY. Norjassa lannoiteyhtiö Yara ja teknologiayhtiö Kongsberg kehittävät yhdessä

sähkökäyttöistä autonomista laivaa, jonka olisi tarkoitus seilata autonomisesti Norjan rannikkoa jo vuonna 2019. (Lehtilä, S. 2017; One Sean www-sivut. 2017)

1.3 Opinnäytetyön aihe, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

1.3.1 Aiheen valinta

Laivojen autonomia on noussut uutisaiheeksi viimeisen vuoden aikana alan lehdissä, mutta myöskin päivälehdissä, kun suomalaiset yritykset kuten Rolls-Royce ja Wärtsilä ovat alkaneet ajaa omia konseptjeaan mahdollisista ratkaisuista laivojen toteuttamiseksi. Aiheen ajankohtaisuuden lisäksi alan tulevaisuuden tilanne tietenkin kiinnostaa myös minua, valmistuvaa merikapteeniopiskelijaa. Merikapteenin mahdollinen työnkuva tulee muuttumaan merkittävästi tulevina vuosina, jos autonomiset laivat lyövät läpi markkinoilla. Uusi teknologia muokkaa aina enemmän tai vähemmän työelämää ja työtehtäviä, joten uuteen tai tulevaan teknologiaan tutustuminen on näkymä tulevaisuuteen. Alalle kuin alalle valmistuvan nuoren on syytä pitää mielessä, että tulevat työvuosikymmenet saattavat merkittävästi muuttaa työnkuvaa jopa ilman alanvaihtoa. Rolls-Royce on merenkulun alalla iso toimija, joten sen tulevaisuuden näkymät ja ennustukset saattavat hyvinkin olla huomisen arkipäivää. Tämän lisäksi Rolls-Royce on tietenkin yrityksenä mielenkiintoinen niin kattavuutensa kuin kokonsakin vuoksi.

1.3.2 Tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

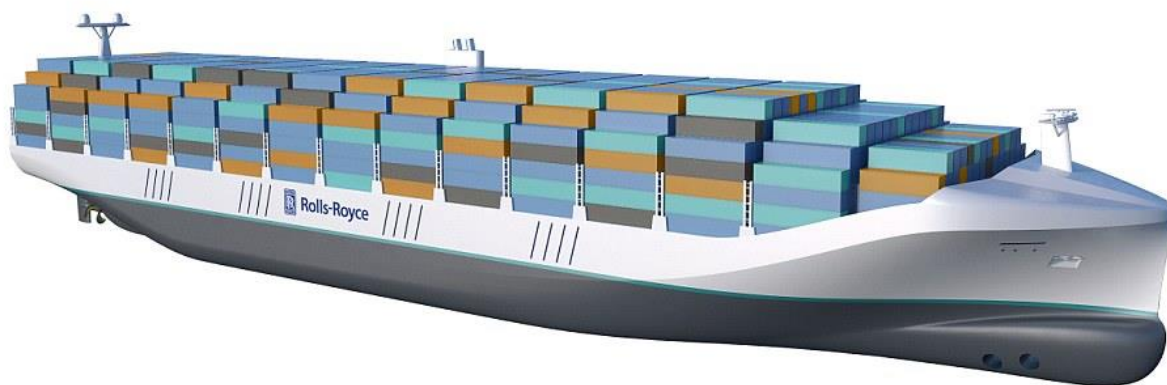
Työn tavoitteena on käsitellä sitä, millä olemassa olevalla teknologialla olisi mahdollista tukea autonomisten laivojen kansipuolen operointia. Työssä käydään läpi autonomisen laivan käsite ja autonomian tasot, sekä mitkä tekniset innovaatiot mahdollistavat ja tukevat laivan etäohjausta. Tutkimuksessa käsitellään myös autonomisen laivan satamatoimintoja, eli miten erityyppisten laivojen lastaus tulisi mahdollisesti tapahtumaan, kun miehistöä ei ole paikalla entiseen tapaan.

Tutkimuksessa käytän Rolls-Roycelta saamaani materiaalia. Tutkimukseen kuuluu myös eri laivatyyppien satamiin tutustuminen ja sekä asiantuntijoiden haastattelu.

2 AUTONOMINEN LAIVA

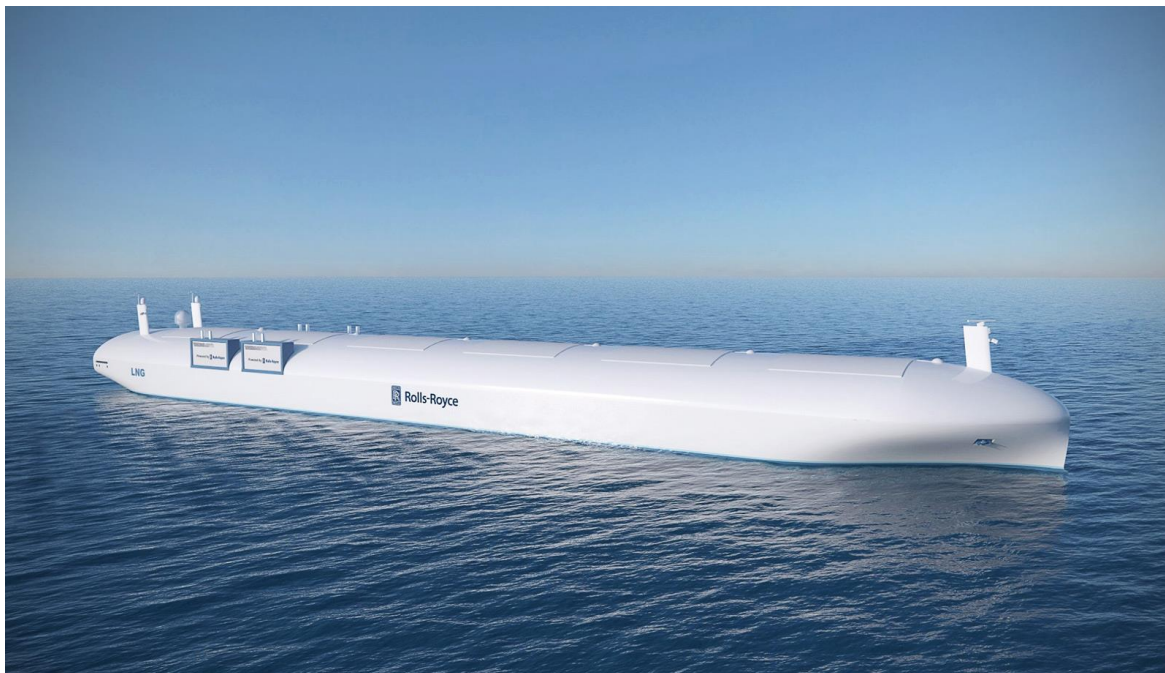
2.1 Mikä on autonominen laiva?

Autonominen laiva on alus, joka kulkee turvallisesti meriteiden sääntöjen mukaisesti ja tekee päätökset itsenäisesti ilman merenkulun ammattilaisen täysiaikaista valvontaa. Autonominen aluksen liikumista valvotaan etäohjauskeskuksessa olevasta etäohjausasemasta, joka toimii laivojen komentosiltana. Sieltä käsin operaattori eli nyky-päivän vahtiperämies valvoo autonomisten laivojen turvallista kulkua ja voi puuttua tarvittaessa tilanteeseen. Koska tämän tyyppisten laivojen komentosilta sijaitsee etäohjauskeskuksessa, ei laivoissa ole samanlaista tarvetta komentosiltamaiselle rakenteelle, kuten seuraavat Rolls-Roycen visioimat kuvat osoittavat.



© Rolls-Royce

Kuva 1 Roll-Roycen konseptikuva autonomisesta konttilaivasta



Kuva 2 Roll-Roycen konseptikuva autonomisesta kuivarahti/säiliölaivasta

Laivoissa on olemassa eri autonomian tasoja, joita on tarkemmin käsitelty luvussa 2.5. Autonomian tasot vaihtelevat riippuen operatiivisten tehtävien hallitsijasta. Autonomisessakin laivassa voi olla miehistöä paikalla, kuten esimerkiksi matkustajalaivoissa. Matkustaja-alusten lisäksi esimerkiksi tankkerit tuskin kulkevat tulevaisuudessakaan ilman miehistöä vaarallisen rahdin, tai matkustaja-aluksissa korvaamattomien henkien vuoksi. Toisaalta muuten autonomista laivaa voidaan ohjata etäohjauskeskuksesta käsin esimerkiksi vikatilanteissa. (Karlsson 2018, 18)

2.2 Autonomisen laivojen tuomat muutokset

Nykyajan laivoissa miehistön koko vaihtelee huomattavasti laivan tyypistä ja koosta riippuen. Pienessä hinaajassa miehistön koko on yleensä noin viisi henkilöä, kun taas suuressa risteilijässä on tuhansien asiakaspalvelijoiden lisäksi kymmeniä merenkulun ammattilaisia töissä samaan aikaan. Miehistön mahdollinen puuttuminen vaikuttaisi-kin laivojen suunnitteluun huomattavasti. Laivojen pohjaratkaisua kyettäisiin muuttamaan merkittävästi, kun esimerkiksi miehistön asuin- ja oleskelutiloja, varastoja ja kansirakenteita ei tarvittaisi. Nämä tekijät taas johtaisivat kevyempään alukseen, jossa olisi parempi painojakauma. Painojakauman ja pohjaratkaisun muuttumisen lisäksi

miehistön puuttuminen vaikuttaisi myös laivojen lastikapasiteettiin, lastinkäsittelyyn ja polttoainekulutukseen. Laivojen lastikapasiteetti suurenisi, koska niissä ei tarvittaisi enää miehistö- tai varastotiloja, vaan tila kyettäisiin suunnittelemaan pelkästään lastille. Kun miehistön tarpeita ei tarvitsisi ottaa huomioon, lastinkäsittely helpottuisi, kun tila voitaisiin suunnitella vain sitä silmällä pitäen. Alus kuluttaisi myös vähemmän polttoainetta ollessaan paljon virtaviivaisempi.

Autonomiset laivat vaikuttaisivat myös luotsaustoimintaan. Nykyään luotsi tuodaan laivaan luotsikutterilla ennen luotsausaluetta, jollei aluksen päälliköllä ole luotsauskirjoja kyseiselle alueelle. Autonomisten alusten kautta luotsaus siirtyisi mahdollisesti maissa olevan luotsiyhtiön etäohjauskeskukseen tai luotsille, joka antaisi etänä ohjeita alusta ohjaavalle operaattorille. Tämä vähentäisi merkittävästi erityisesti huonolla säällä tapahtuvia riskitilanteita luotsin otto- ja jättötilanteissa. Ensi vuonna mahdollisesti otetaan ensimmäisiä askelia kohti etäluotsausta, kun vielä ilmoittamattomaan Suomen satamaan hyväksytään etäluotsauksen kokeiluhanke. Myös mahdollisissa hätätilanteissa erityisesti rahti- ja tankkiliikenteessä autonomiset alukset vähentäisivät miehistön hengenvaarallisia tilanteita. Ne eivät myöskään kiinnostaisi laivoja valtaavia piraatteja, koska niitä ei voisi kaapata normaalilla tavalla.

2.3 Etäohjauskeskus

Etäohjauskeskuksista eli Remote Operation Centeristä (ROC) käsin valvotaan yhtäaikaaisesti kymmenien laivojen turvallista kulkuja. Etäohjauskeskukset ovat maissa olevia varustamojen omistamia keskuksia, joista käsin suunnitellaan ja hyväksytään reitit suunnitelmia sekä päätetään, mitkä laivat tarvitsevat etäohjausta ja mille riittää pelkkä valvonta. Käytännössä etäohjatun aluksen kulkua tarvitsee yleensä vain valvoa, koska ne voivat kulkea monia tunteja yhtä linjaa eteenpäin ilman, että vahtiperämiehen tarvitsee muuttaa kurssia tai nopeutta. Etäohjauskeskus mahdollistaa sen, että operaattori eli vahtiperämies voi valvoa samanaikaisesti monien laivojen kulkua, ja jos joku aluksista lähenee käänköpistettä, joutuu tekemään väistöliikkeen tai saapuu esimerkiksi ahtaille kulkuväylille, ottaa hän tämän aluksen pelkästä valvonnasta etäohjauk-

seen. Tämänkaltainen toiminta vaatii totta kai todella tarkkaa laivan hälytysjärjestelmää, sillä aina on mahdollista, että valvonnassa on jäänyt jotakin huomiotta. Etäohjauskeskuksen operaattorin työ vaatiikin jatkuvaa tarkkuutta. Laivojen kulun lisäksi keskuksista käsin valvotaan myös laivojen koneiston toimintaa kameroiden ja sensoreiden avulla.

Keskuksissa työskentelevät ROC-operaattorit eli merenkulun ammattilaiset ohjaavat ja valvovat laivojen kulkua. ROC-operaattori vastaa siis tämänhetkistä vahtiperämiestä. Muita etäohjauskeskuksissa työskenteleviä henkilöitä ovat ROC-autonomian valvoja, ROC-konepäällikkö sekä ROC:in tekninen tuki. ROC-autonomian valvoja vastaa koko keskuksista ja sen yleistilanteesta, eli hän toteuttaa keskuksissa nykyajan laivan kapteenin virkaan. Autonomian valvoja monitoroi laivojen kulkua yleisesti ja antaa huomiota vaativat autonomiset laivat operaattorien ohjattavaksi etäohjausasemiin. ROC-konepäällikkö vastaa laivojen koneista ja niiden jatkuvasta toiminnasta. Hän tutkii sensoreista saatua dataa ja tekee sen mukaan päätökset seuraavan sataman huoltotoista sekä esimerkiksi päättää, jos mahdollisesti toinen pääkoneista tulisi sammuttaa siihen tulleen vian vuoksi. ROC:in teknisen tuen työntekijä on vastuussa tietotekniikasta ja siitä, ettei yhteys aluksiin pääse katkeamaan. Vaadittavan tietotekniikan määrä keskuksissa, aluksissa ja niiden välillä on luonnollisesti valtava ja koko kokonaisuuden toimivuus riippuu tietotekniikan kestävydestä. Jokainen etäohjauskeskuksen työntekijöistä vaikuttaa siis osaltaan laivan turvalliseen kulkuun ja työntekijät työskentelevät toistensa välittömässä läheisyydessä, kuten alla oleva Rolls-Roycen havaintokuva osoittaa. (Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018)



Kuva 3 Etäohjauskeskus

2.3.1 Etäohjausasema

Etäohjausasema eli Remote Control Station (RCS) sijaitsee etäohjauskeskuksessa. ROC-operaattori toimii asemalla valvoen ja tilanteesta riippuen ohjailleen yksittäisiä autonomisia laivoja. Se toimii siis laivojen komentosiltana. Nykypäivän komentosiltasta etäohjausasema poikkeaa kuitenkin huomattavasti. Suurin eroavaisuus on luonnollisesti se, että oikean näkymän sijaan ROC-operaattori tarkastelee tilannetta näyttöiltä, jotka vastaanottavat videokuvaa laivassa olevista kameroista. Tämä tietenkin mahdollistaa normaalin komentosiltanäkymän lisäksi eri kuvakulmien käytön ympäri laivaa. Nykyaikana eri kuvakulmien käyttö laivan valvonnassa ei ole samalla tavoin mahdollista, sillä laivoihin ei ole asennettu kameroita tukemaan komentosiltatyöskentelyä muissa tilanteissa kuin laituriin kiinnityttyessä ja siitä lähtiessä. Eri kuvakulmien käyttö helpottaa tietenkin laivan ohjailua, koska niiden avulla operaattori saa tilanteesta paremman kokonaiskuvan ja pystyy paremmin muodostamaan kuvan laivan tilanteesta sekä tekemään tarvittavat päätökset. Myöskin isoissa laivoissa olevat kuolleet kulmat ja mahdollinen heikko näkyvyys komentosillalta tiettyihin suuntiin pystytettiin ratkaisemaan lukuisilla kameroilla, ja kaikki pienetkin kohteet nähtäisiin helpommin ilman, että informaatiota tarvitsee välittää radiopuhelimen avulla.

ROC-operaattorilla on käytössään samat navigointivälineet kuin nykyäänkin eli tutka, ecdis- (elektroniset kartat) ja informaationäytöt kuten sijainti-, kulkusuunta-, kone- teho-, sää-, kello-, päivämäärä-, reittisuunnitelma- ja seuraavan reittipisteen näytöt, sekä myös laivan ohjailuun ja konetehoihin liittyvät ohjailu- ja säätöivut. Komentosillalla on myös radioasema yhteydenottoja varten sekä mahdollisesti DP (Dynamic Position) -järjestelmän näyttötaulu. Asema on yhteydessä koko keskukseen ja sitä voi käyttää ainoastaan hyväksyty ROC-operaattori. Laivojen valvonnan ja ohjailun lisäksi ROC-operaattori voi harjoitella esimerkiksi uuteen satamaan tuloa tai ahtaan väylän ajoa ennenaikaisen simulaation avulla, joka tietenkin helpottaa työntekoa reaaliaikaisessa tilanteessa. Seuraavassa kuvassa on esitelty, miten operaattorin eri työkalut sijoittuisivat etäohjausasemassa. (Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018)



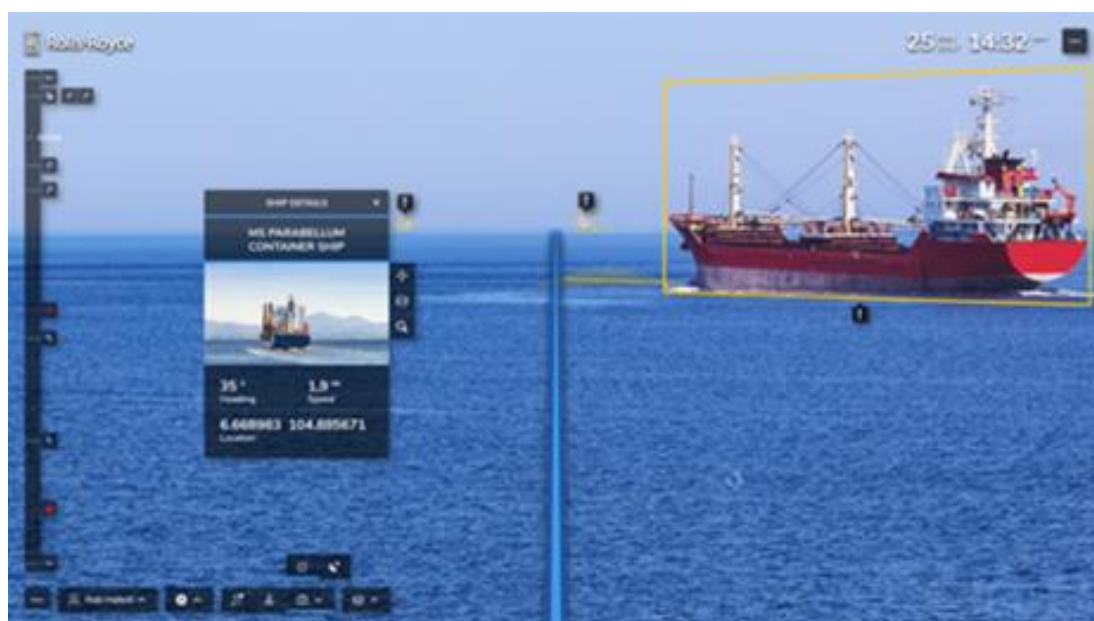
Kuva 4 Etäohjausasema

2.4 Tilannetietoisuusjärjestelmä

Tilannetietoisuusjärjestelmä eli Situational Awareness System luo perustaa autonomisten laivojen valvontaan ja ohjailuun. Se yhdistää kaikki tarvittavat ja saadut tiedot, kuten kameroista saadun informaation, sensoritiedot, tutkakuvan, ecdis, AIS-tiedot, älypöjuihin ja väylöihin liittyvän informaation, VTS-keskuksista saadun tiedon ja

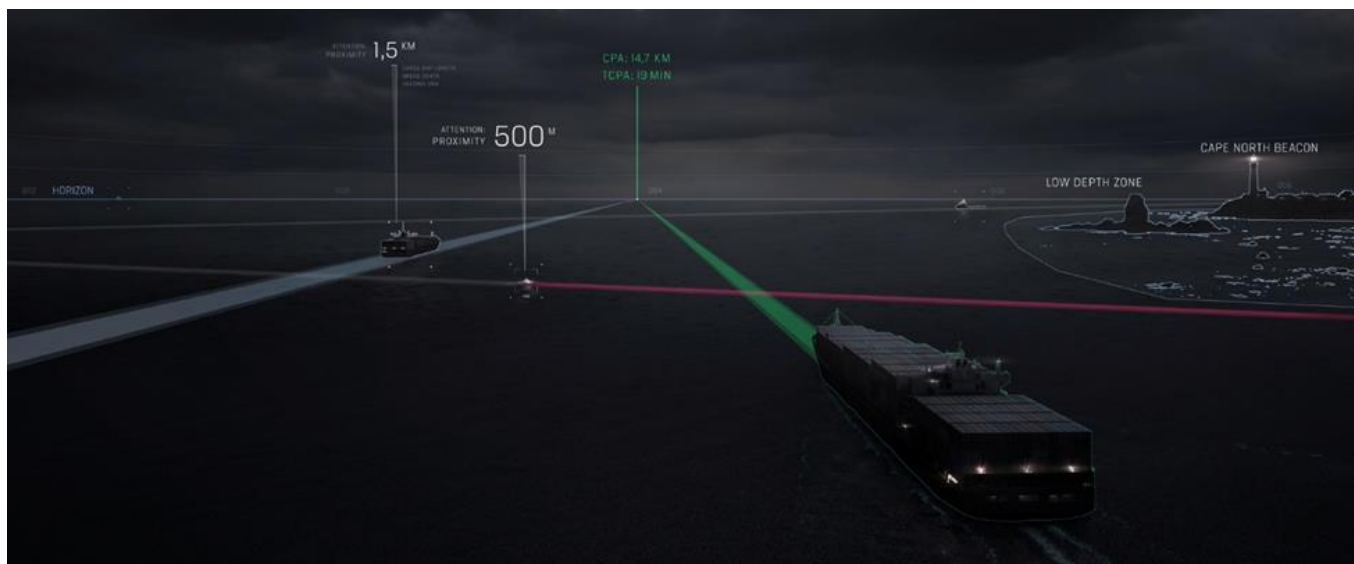
muun satamainformaation. Näiden tietojen avulla tilannetietoisuusjärjestelmä muokkaa kokonaiskuvaa, joka välittää tarvittavan ja kattavan informaation etäohjausasemalla työskentelevälle ROC-operaattorille. Operaattori kykenee helposti valitsemaan tiedoista tilanteesta tärkeät osa-alueet, jotka hän haluaa näkyvän käyttöliittymässä. Muokkaamalla näytettäviä tietoja operaattori pystyy turvallisesti valvomaan ja ohjailemaan autonomista laivaa. Järjestelmä jakaa myös tietoja VTS-keskuksille, satamille ja luotseille, mikä helpottaa alueen valvontaan sekä laivojen saapumiseen ja lähtemiseen liittyvää työtä.

ROC-operaattori voi valita tilannetietoisuusjärjestelmän avulla neljä eri käyttöliittymätilaa. Normaalin komentosiltanäkymän lisäksi on mahdollista valita virtuaalitodellisuus 2D-, 3D- tai tarkkuustila. Autonomisten laivojen komentosiltanäkymän käyttöliittymätilaa kutsutaan lisätyksi todellisuudeksi (kuva 5), koska se tarjoaa paljon enemmän informaatiota kuin mitä pelkkä ihmissilmä kykenee näkemään. Huipputasen sensorit ja tilannetietoisuusjärjestelmä luovat tilannekuvan näytölle, joka auttaa operaattoria huomaamaan tärkeät kohteet, kuten muut alukset, veneet ja poijut. Tämän avulla kyetään erottamaan mahdolliset vaaraa aiheuttavat kohteet muista, ja seuraamaan niitä. Järjestelmä pystyy myös havaitsemaan alukset ja veneet, joissa ei ole AIS-lähetintä ja kertomaan niistä tärkeitä tietoja, esimerkiksi niiden etäisyyden ohjattavasta laivasta.



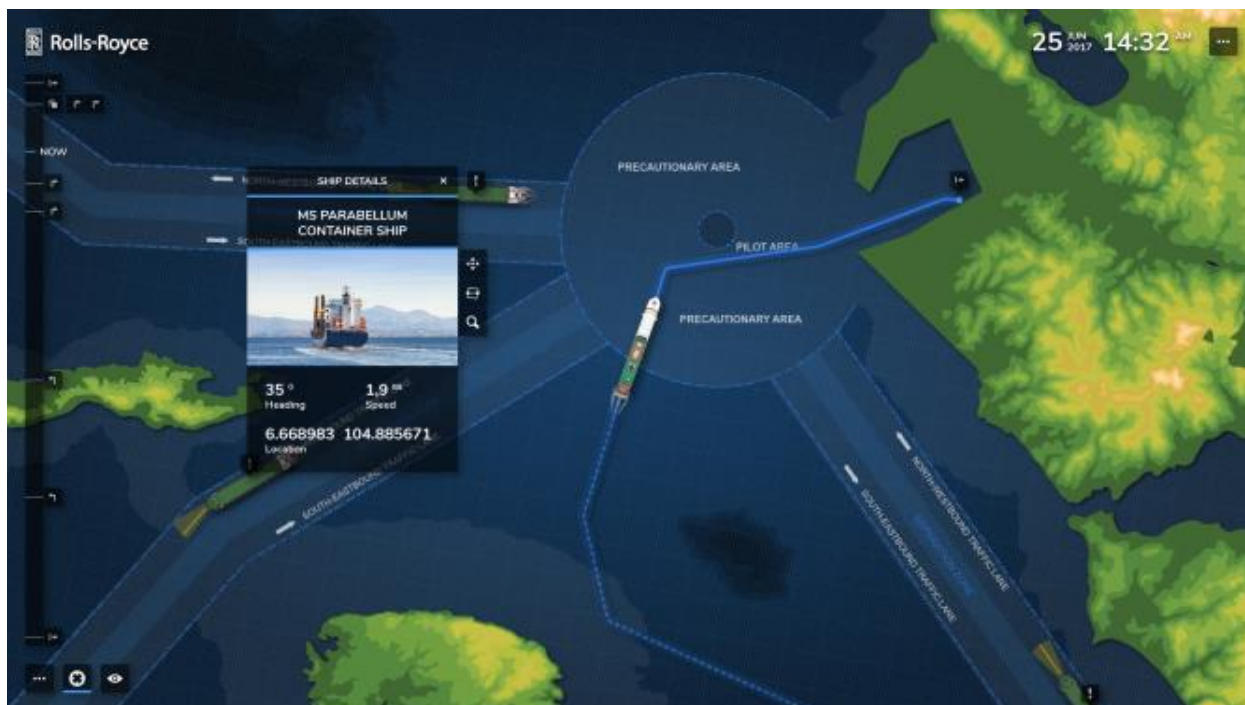
Kuva 5 Tilannetietoisuusjärjestelmä lisätty todellisuus

Huonolla ja pimeällä säällä järjestelmän pystyy vaihtamaan yö-tilaan, josta esimerkkinä alla oleva kuva. Yö-tila korostaa kohteita, jotka operaattorin olisi vaikea huomata ilman järjestelmän apua. Tämänkaltaiset avustavat ominaisuudet tulevat helpottamaan navigointia tulevaisuudessa huomattavasti.



Kuva 6 Tilannetietoisuusjärjestelmä 3D/yö-tila

Virtuaalitodellisuus 2D- tai 3D-tilassa ediksestä saatu karttatiedot ja reaali maailmasta saatu data yhdistetään, joka mahdollistaa aluksen kulun seuraamisen laajemmassa skaalassa. 2D-tilassa (kuva 7) operaattori voi seurata autonomisen aluksen kulkua ylhäältä päin reaaliaikaisesti. 3D-tilassa (kuva 6) ohjattava alus näkyy niin sanotusta linnunsilmästä, joka voi helpottaa aluksen ohjailua tietyissä pisteissä, kuten ahtaissa kulkuväylöissä. Operaattori voi myös määrittää ja korostaa paikat, joissa ei ole tarpeeksi syvyyttä tai nähdä tarpeellisia väylätietoja järjestelmän avulla. Tarkkuustilassa kuva näkyy samanlaisena kuin 3D-tilassa ja järjestelmä antaa reaaliaikaisia etäisyystietoja muista aluksista ja ympäristöstä. Tila on kätevä, kun alus siirtyy tai liikkuu ahtailla tai ruuhkaisilla kulkuväylillä tai satamaan saapuessa tai lähdettäessä. (Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018)



Kuva 7 Tilannetietoisuusjärjestelmä 2D-tila

2.5 Autonomian tasot

Kuten muillakin aloilla, robottien ja koneiden autonomialla on myös merenkulussa monta eri tasoa. Kehitys ei tapahdu yhdellä harppauksella ihmisohjauksessa olevasta aluksesta täysin autonomiseen alukseen. Rolls-Royce on eritellyt yhteensä viisi eri autonomian tasoa. Rolls-Roycen suunnitelman mukaan täysin autonomisten alusten pitäisi seilata maailman merillä noin viidentoista vuoden päästä. Viiden vuoden tavoitteisiin kuuluu, että laivoissa olisi tilannetietoisuusjärjestelmä ja niissä olisi etäohjauksen tuki. Viiden vuoden suunnitelmaan kuuluu myös, että sisävesiliikenteen alukset kuten yhteysalukset olisivat mahdollisesti jo etäohjauksessa. Kymmenessä vuodessa merillä pitäisi liikkua ensimmäisiä etäohjattavia aluksia (Taulukko 1).

Taulukko 1 Laivojen autonomian suunniteltu eteneminen

Vuoteen 2020 mennessä	Vuoteen 2025 mennessä	Vuoteen 2030 mennessä
<ul style="list-style-type: none"> • Etätuki ja tilannetietoisuusjärjestelmä aluksissa • Etäohjatut sisävesiliikenteen alukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Etäohjatut ja autonomiset rannikkoalukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomiset rahtialukset

Tällä hetkellä merenkulussa operoidaan Rolls-Roycen tasojen mukaan niin sanotulla nollatasolla, jolla kaikki operointiin liittyvät tehtävät suorittaa merenkulun ammattilainen. Nykypäivän komentosillalla on laivatyyppistä ja kellonajasta riippuen yhdestä kuuteen henkilöä. Komentosillalla toimiva ryhmä koostuu vahtipäälliköstä, vahtimiehestä eli tähystäjästä, sekä laivan sijainnista tai linjasta riippuen mahdollisesta luotsista. Matkustaja-aluksissa komentosillalla toimii yhtäaikaisesti enemmän henkilökuntaa kuin rahtipuolen laivoilla. Vahtipäällikkönä toimii yleensä yliperämies tai perämies. Pienemmissä laivoissa mahdollisesti kapteenikin voi ajaa vahtia miehistön vähäisyyden vuoksi. Vahtipäällikön tehtävänä on ohjata laivaa, eli olla vastuussa laivan turvallisesta kulusta. Pimeän aikaan vahtipäällikön kanssa komentosillalla on vahtimies. Vahtimiehenä toimii yleensä puolimatruusi, jonka tehtävänä on avustaa vahtipäällikköä tähyttämisestä, sekä toimittaa turvallisuskierroksia yön aikana.

Autonomian ensimmäisellä tasolla ohjaus on siirretty etäohjauskeskukseen ja laivan turvallisesta kulusta vastaa operaattori. Operaattorilla on kokonaisvaltainen kontrolli laivan operoinnista, mutta hän voi halutessaan siirtää tietyt alatehtävät koneen hoidettaviksi. Tilannetietoisuusjärjestelmän vuoksi operaattorin ei tarvitse pimeällä avukseen vahtimiestä tähytystehtäviin. Autonomian toisella tasolla kone suorittaa tietyt operaationaaliset tehtävät ilman operaattorin valvontaa, mutta operaattori on silti vastuussa systeemin turvallisista valinnoista, kuten pääkoneen käynnistyksestä tai väistöliikkeen tekemisestä. Autonomian kolmannella tasolla kone ottaa niin sanotusti vastuun omista päätöksistään, jolloin operaattorin vastuulle jäävät vain omat tehtävät. Viimeisen eli neljännen tason saavuttaminen tuo merille täysin autonomiset laivat, joissa

kaikki operaationaaliset tehtävät suorittaa kone. Tämän tason saavuttaminen on kuitenkin vielä kymmenien vuosien päässä nykyhetkestä. Autonomian tasot on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 2).

Taulukko 2 Rolls-Roycen autonomian tasot

Taso	Nimi	Määritelmä	Operatiivisten tehtävien hallinta	Järjestelmän valmiudet
0	Ei autonomiaa (manuaali)	Ihminen suorittaa kaikki operationaaliset tehtävät, mahdollisesti saaden tukea hätäjärjestelmiltä. Operaattori hallitsee kaikkia järjestelmiä jatkuvasti.	Manuaalinen	-
1	Osittainen autonomia	Ihminen suorittaa operationaaliset tehtävät, mutta voi halutessaan siirtää hallinnan tehtävän osa-alueista koneelle. Operaattorilla on turvallinen kokonaiskontrolli koko ajan.	Automaatio	Osa operationaalista tehtävistä
2	Ehdollinen autonomia	Kone suorittaa operationaaliset tehtävät ilman ihmistä, ja operaattori suorittaa jäljelle jäävät tehtävät. Operaattorilla on päävastuu turvallisuudesta toiminnasta.	Semi-autonomia	Suurin osa operationaalista tehtävistä
3	Korkea autonomia	Kone suorittaa operationaaliset tehtävät ilman ihmistä, ja operaattori suorittaa jäljelle jäävät tehtävät. Koneella on päävastuu turvallisuudesta toiminnasta.	Semi-autonomia	Suurin osa operationaalista tehtävistä
4	Täydellinen autonomia	Automaatiojärjestelmä suorittaa kaikki operationaaliset tehtävät määritellyissä olosuhteissa.	Täydellinen autonomia	Kaikki operationaaliset tehtävät

2.6 Yhteydet ja tietoturva

Suurimmassa osassa nykypäivän laivoista on internetyhteys, joka kuitenkin usein on nopeudeltaan ja katkeamattomuudeltaan melko huono. Työasioissa sitä käytetään esimerkiksi sähköpostien lähettämiseen ja karttojen päivittämiseen. Autonominen alus ja kaikkien töiden siirtäminen etätehtäviksi maihin vaatii kuitenkin luonnollisesti saumattoman ja nopean yhteyden laivan ja etäohjauskeskuksen välillä. Tulevaisuudessa yhteydet tullaan muodostamaan 4G/5G-yhteyksien, satelliittien, IoT:n ja mesh netin avulla. IoT on lyhenne englanninkielen sanoista internet of things. Tällä tarkoitetaan esineiden internetiä eli internetverkon laajentumista laitteisiin ja koneisiin, joita voidaan ohjata, mitata ja sensoroida internetverkon yli. Mesh net takaa saumattoman ja katkeamattoman langattoman verkkoyhteyden ilmaitse, ja sen vahvuuksia ovat tietoturva sekä paikannuksen tarkkuus.

Nämä edellä mainitut internetratkaisut mahdollistavat etäohjatun laivan katkeamattoman yhteyden etäohjauskeskuksiin, älyväylöihin, satamiin, viranomaisiin, VTS-keskuksiin ja muihin laivoihin. Ne myös mahdollistavat ohjauksen siirron esimerkiksi luotsille. Tietoturvallisuus on todella tärkeä kysymys autonomisten alusten kohdalla, sillä kyberhyökkäykset ovat arkipäivää nyky-yhteiskunnassa. Laivoissa voi olla satojen miljoonien edestä lastia tai tuhansia ihmisiä, ja autonomisen aluksen ohjaus väärissä käsissä voi aiheuttaa suuria vahinkoja tai maksettavia lunnassumia. Tietoturvallisuuden panostaminen on siis tärkeä osa autonomisten laivojen kehitystä, ja joitakin mahdollisia ratkaisuja on jo olemassa, kuten SIEM-järjestelmä, joka on organisaatioille tarkoitettu kyberturvallisuuden hermokeskus. (Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018)

2.7 ROC Wall

ROC Wall on tietoyksikkö, joka on tarkoitettu pääasiassa varustamoille, mutta myös asiakkaille, viranomaisille ja yhteistyökumppaneille helpottamaan laivastonhallintaa, turvallisuutta ja tilannetietoisuutta. Sitä kautta henkilökunnan on helpompi seurata jokaisen laivan etenemistä sekä tapahtumia merellä ja satamissa. Myöskin huoltotarve,

polttoaineen kulutus ja huoltojen sekä polttoaineen tilaaminen suoritetaan ROC Wall-yksikön kautta. ROC Wall -yksikön on myös tarkoitus edistää laivojen ISPS (International Ship and Port Facility Security Code) -turvallisuuksi. ISPS säännöstä on tullut voimaan 2004 ja sen tarkoituksena on lisätä turvallisuutta aluksilla ja satamissa. Sitä varten jokaisen merenkulkijan täytyy läpäistä hyväksyttävästi kurssi. (Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018)

3 NAVIGOINTIVÄLINEET, KAMERAT JA SENSORIT

Miehistön puuttuminen ja täten ihmissilmän korvaaminen on iso autonomisten laivojen kohdalla. Vaaditaan huippuluokan teknologiaa, jotta ihmisen läsnäolon puute pystytään korvaamaan. Kameroita ja sensoreita pitää olla monia erilaisia ja monin kappalein, jotta reaaliaikaisen kuvan lähetys ei lopu missään vaiheessa, ja jotta operaattori pystyy selviytymään mistä tahansa tilanteesta pelkästään kameroiden avulla sekä näkemään laivan jokaiseen kolkkaan. Yhdistämällä tarvittavat kamerrat ja sensorit nykyajan navigointivälineisiin ja välittämällä niistä yhdistetty tieto ja reaaliaikainen kuva keskustietokoneen kautta käyttöliittymään operaattorille kyetään luomaan kokonaiskuva, jonka avulla turvallinen navigointi on mahdollista (kuva 8). Kameroita on mahdollista käyttää myös lastauksen valvomiseen lastausoperaatioissa. Erityylyisiä kameroita voidaan sijoittaa lastiruumien eri kohtiin, jotta operaattori saa mahdollisimman hyvän kokonaiskuvan ja niin sanottuja pimeitä kohtia ei jää.

3.1 Navigointivälineet

Nykyajan navigointivälineissä tärkeä osa kokonaisuutta ovat tutkat, AIS, GNSS/INS sekä kaikuluotain. Merenkulikututkat toimivat samalla periaatteella kuin muukin tutkat, eli yksinkertaisesti lähettämällä pulsseja, jotka kohteeseen törmätessään kimpoavat takaisin vastaanottimeen ja näin luovat tutkakaiun näytölle. Laitteet toimivat radioaalloilla mikroaaltoalueen S-alueella (3 GHz) ja X-alueella (9 GHz). S-alueesta on hyötyä valtamerillä pidemmän mittausetäisyyden ja vähäisemmän sadevälkkeen vuoksi. X-alue taas antaa lähiympäristöstä tarkemman kuvan hyvällä resoluutiolla ja auttaa havaitsemaan pienemmät kohteet helpommin.

AIS eli Automatic Identification System on tunnistamiseen ja sijainnin määrittämiseen kehitetty järjestelmä. AIS:in kautta yksittäisistä aluksista voidaan saada paljon tietoa, kuten tunnistus-, sijainti-, nopeus- ja suuntatietoja, sekä esimerkiksi tiedot lähtö- ja määränpäästä. Nämä tiedot auttavat muiden alusten vahtipäälliköiden ja merenkuluviranomaisten työtä. Aluksien AIS-tiedot näkyvät tutkassa, ecdiksessä ja AIS-koneessa, mutta tietoja voi hakea myös internetin kautta.

GNSS/INS eli global navigation satellite system ja inertial navigation system ovat järjestelmiä paikanmääritykseen. GNSS on satelliittien avulla tehtyä paikanmääritystä, johon myös useimmille tuttu GPS:n käsite kuuluu. Aluksen sijainti voidaan määrittää GNSS:n avulla tarkasti. INS on navigaatiossa käytettävä apuväline, joka käyttää tietokonetta, liikeantureita (kiihtyvyyssanturi), pyörimisantureita (hyrräkompassi) ja joskus magneettisia antureita (magnetometri) määrittämään tauotta paikkaa, suuntaa ja nopeutta.

Kaikuluotaus on tekniikka, joka antaa merestä syvyystietoa hyödyntäen äänen etenemistä ja heijastumista. Sitä käytetään myös merenpohjan kartoittamiseen, hylkyjen paikantamiseen, sukellusveneiden seurantaan sekä kalaparvien etsimiseen. Nämä nykypäivänä jo tärkeät navigoinnin apuvälineet tulevat olemaan tärkeä osa kokonaisuutta myös autonomisissa laivoissa, sillä ne antavat tärkeää tietoa operaattorille, jotta alusta voidaan ohjata turvallisesti ja meritieteiden sääntöjen mukaisesti.

3.2 Päivä- ja yökamerat

Päivä- ja yökamerat tarjoavat jatkuvan 180 asteen Full HD -näkyvän laivan ympäristöstä. Kameroiden toimintasäde on noin kaksi merimailia (kuva 9). Yksi 180 asteen kamerayksikkö koostuu monesta yhdistetystä kamerasta ja kaksi yksikköä tarjoaa 360 asteen näkyvän. Kameroiden kotelot on suunniteltu hylkimään kosteutta, jäätymistä, ylikuumenemista ja automaattinen puhdistusjärjestelmä takaa jatkuvan kirkkaan ja terävän kuvan. Yökamerat sisältävät LWIR (Long Wavelength Infrared) -tekniikkaa, jota esimerkiksi puolustusvoimat on jo käyttänyt alusten tunnistamiseen öisin. Kameroiden ohjelmisto havaitsee kuvasta kohteen ja luokittelee sen neuroverkkoa käyttäen. Ohjelmiston neuroverkko toimii samalla tavoin kuin ihmisen tai eläimen hermosto. Se oppii tunnistamaan kohteet kuvista ilman erityistä ohjelmointia. (Lappalainen A. Rolls-Royce, 2018)

3.3 PTZ-kamerat

PTZ (Pan Tilt Zoom) -kamerat tarjoavat ROC-operaattorille 360 asteen näkymän. PTZ -kamerat on suunniteltu kauko-ohjattaviksi, ja niiden zoomausmahdollisuudet ovat edistyneet. Näiden kameroiden toimintasäde on noin neljä merimailia (kuva 9). Neuroverkkoon yhdistetty kameraoptiikka ja data käsitellään RR-ohjelmistolla. Myös PTZ-kameroiden kuoret on suunniteltu hylkimään ilmaston muutoksia ja niissäkin on automaattinen puhdistusjärjestelmä. (Lappalainen A. Rolls-Royce, 2018)

3.4 Lidar-yksikkö

Lidar (Light Detection and Ranging) on optinen tutka, joka toimii samalla periaatteella kuin merenkulkututka, mutta käyttää radioaaltojen sijaan laservaloa. Laservalopulsien avulla se pystyy toteuttamaan senttimetrin tarkkuudella todella korkea resoluutioisia 3D-karttoja. Lidar-yksikkö tarjoaa 360 asteen näkymän horisontaalisesti ja +10/-35 asteen vertikaalisesti eikä se ota häiriötä aaltoliikkeestä tai sateesta kuten merenkulkututka. Hämärä tosin voi häiritä sen toimintaa. Lidar-yksikön toimintasäde on noin yksi merimaili (kuva 9). (Lappalainen A. Rolls-Royce, 2018)

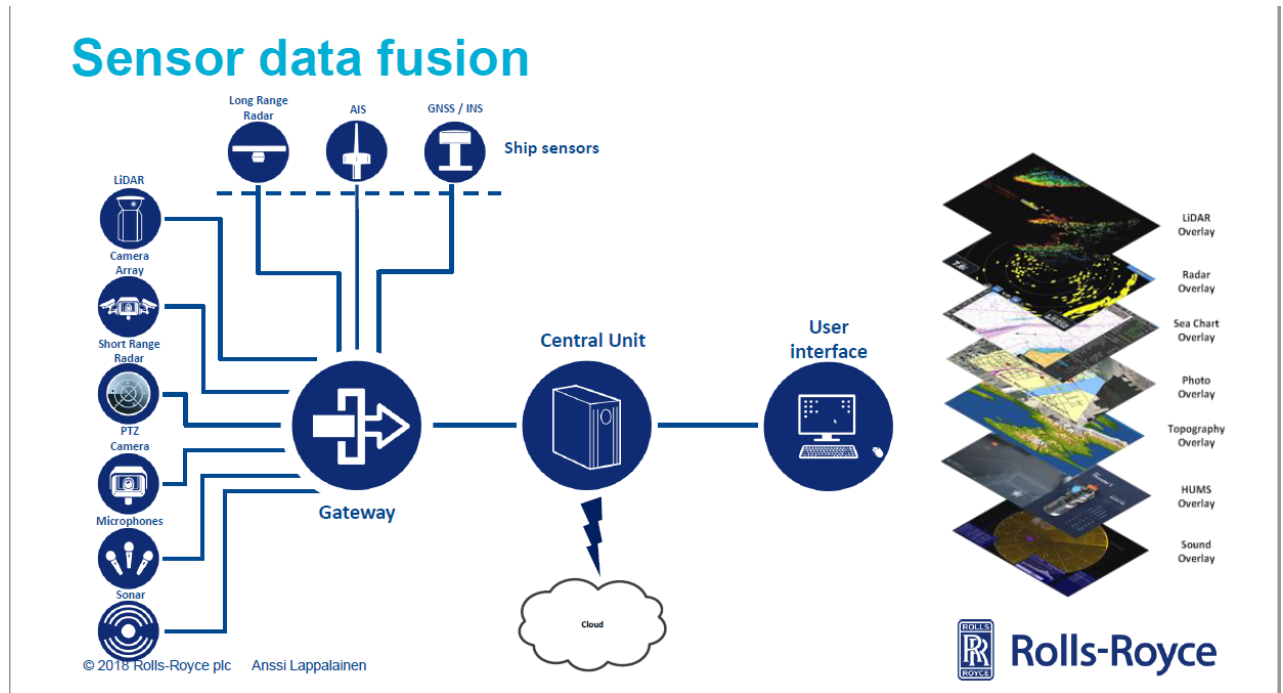
3.5 Drone-yksiköt

Droneja eli miehittämättömiä ilma-aluskoneita voidaan käyttää saamaan ilmateitse kuvaa laivasta ja sen ympäristöstä. Niiden avulla voidaan myös tehdä tarkastuslentoja tutkien aluksen kuntoa tai mahdollisia kosmeettisia vaurioita. Autonomisessa laivassa droneja tulee olemaan käytettävissä noin kymmenen kappaletta.

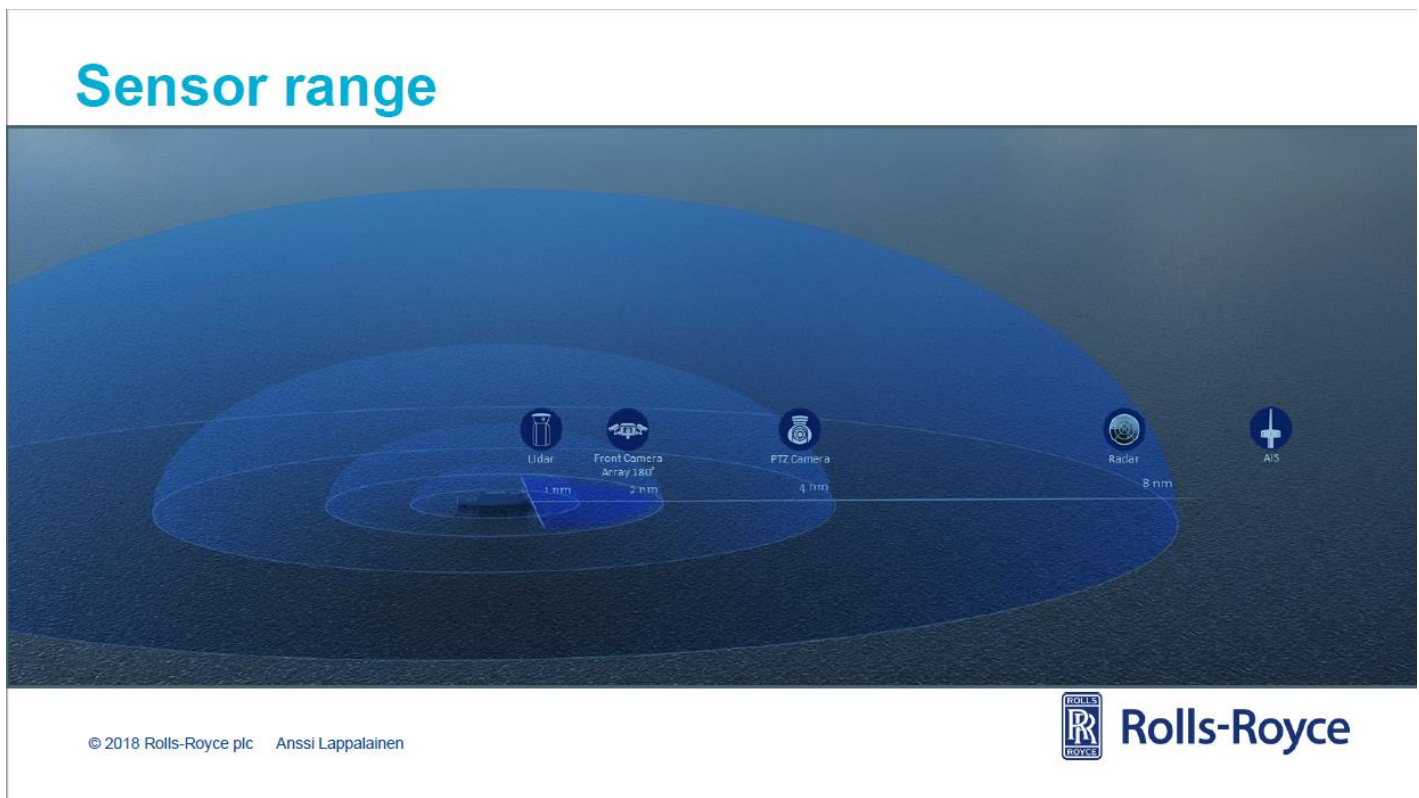
3.6 Mikrofonit

Mikrofonit tulevat olemaan tärkeä osa autonomisten laivojen ohjailun kokonaisuutta, sillä laivaa valvotaan etäohjauskeskuksesta eivätkä laivan ympäristön äänet siis automaattisesti kuulu laivaa valvovalle tai ohjaavalle ROC-operaattorille. Mikrofoneja

voidaan käyttää myös auttamaan muiden laivojen havainnoimisessa esimerkiksi su-
muisella ilmalla. (Lappalainen A. Rolls-Royce, 2018)



Kuva 8 Sensorikartta, tiedot yhdistetään ja näkyvät käyttöliittymän kautta operaatto-
rille

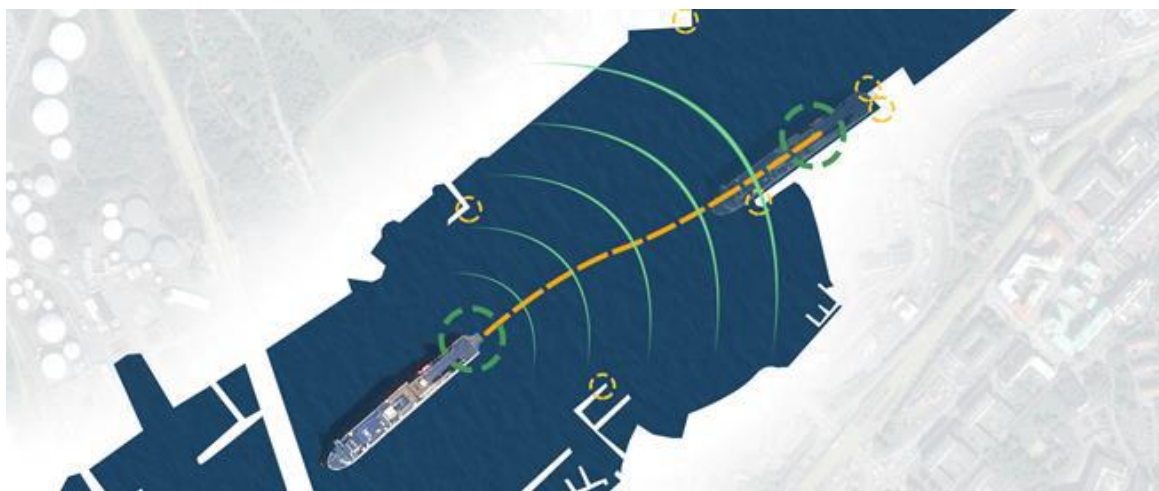


Kuva 9 Sensoreiden kantomatkat

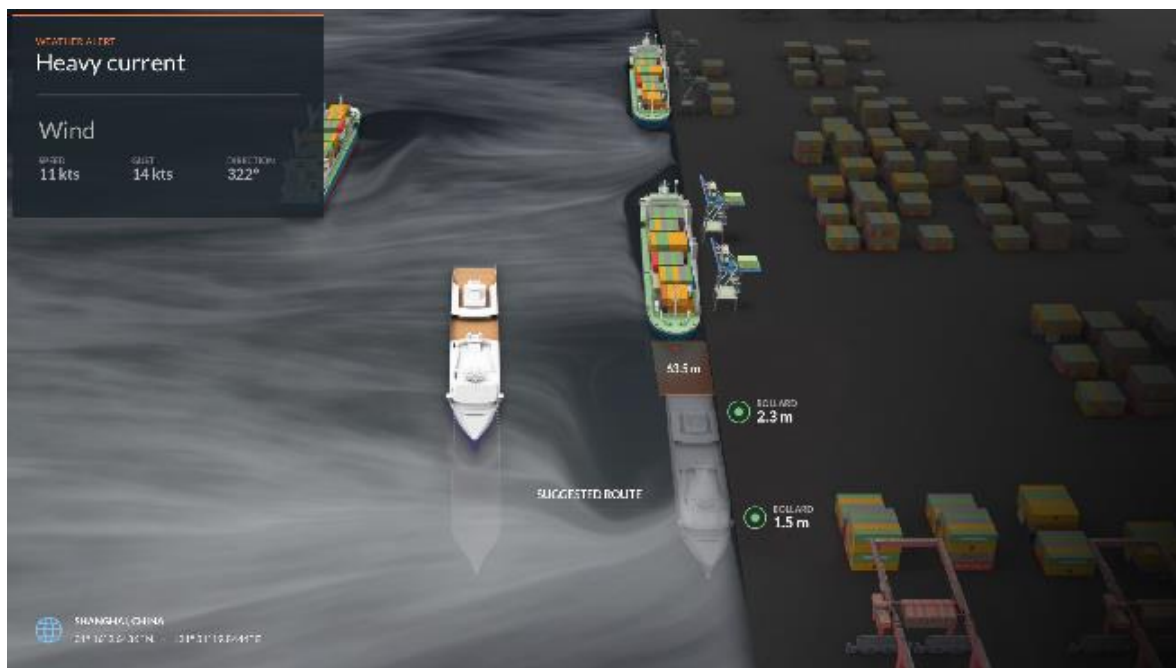
4 AUTONOMISEN LAIVAN SATAMATOIMINNOT

Laivojen lastaus ja satamaan saapuminen ja lähteminen tulevat muuttumaan enemmän tai vähemmän laivatyyppistä riippuen laivojen autonomian myötä. Suurin muutos tulee olemaan laivojen lastauksen valvomisessa, sillä autonomisella laivalla ei luonnollisesti ole enää miehistöä, joka valvoisi lastaustoimenpiteitä. Nykyaikana lastausta valvotaan pitkälti laivatyyppistä riippuen kansilta ja lastikonttorista. Lastikonttorissa perämiehet valvovat kameroiden avulla lastaustoimenpiteitä ja pumpaavat painolastia tankkeihin, kansimiesten valvoessa kannella lastauksen kulkua. Tilannetietoisuusjärjestelmä voidaan yhdistää painolastikoneeseen, jolloin se voi pumpata automaattisesti syväyksiä seuraten, perämiehen valvonnan alaisena. Tietenkin autonomian tason noustessa perämiehen valvonta pienenee.

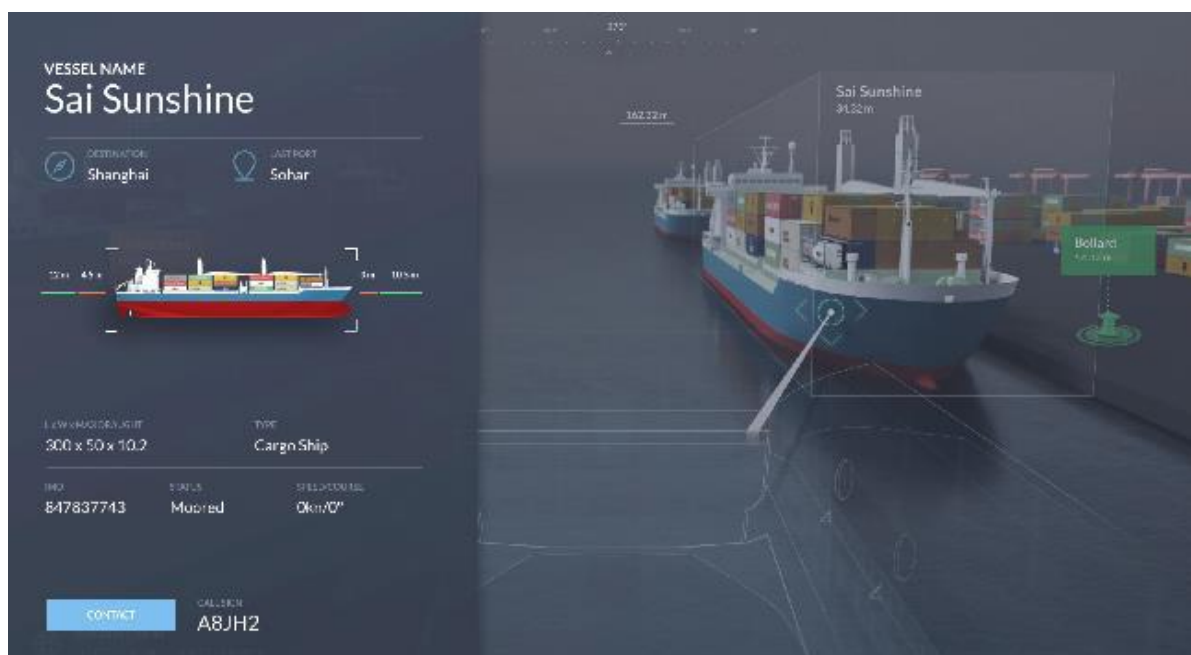
Tilannetietoisuusjärjestelmä auttaa alusta satamaan saapumisessa esimerkiksi kertomalla reaaliaikaisen etäisyyden laituriin sekä muihin alueella oleviin aluksiin ja esteisiin. Sumuisella tai muuten huonolla säällä järjestelmä kykenee korostamaan ne kohteet, joihin operaattorin on syytä kiinnittää huomiota. Aluksen laituriin ajamisessa voidaan myös käyttää niin sanottua linnunsilmä- tai 3D-kuvaa helpottamaan aluksen paikalle ajoa ja kiinnitystä. Tilannetietoisuusjärjestelmän eri havaintokuvia on esitelty kuvissa 10, 11, 12 ja 13. (Lappalainen, A. Rolls-Royce, 2018)



Kuva 10 Tilannetietoisuusjärjestelmä 2D-tila satamaoperoinnissa



Kuva 11 Tilannetietoisuusjärjestelmä 3D-tila satamaoperaoinnissa



Kuva 12 Tilannetietoisuusjärjestelmä etäisyysinfo ja AIS tiedot viereisestä aluksesta



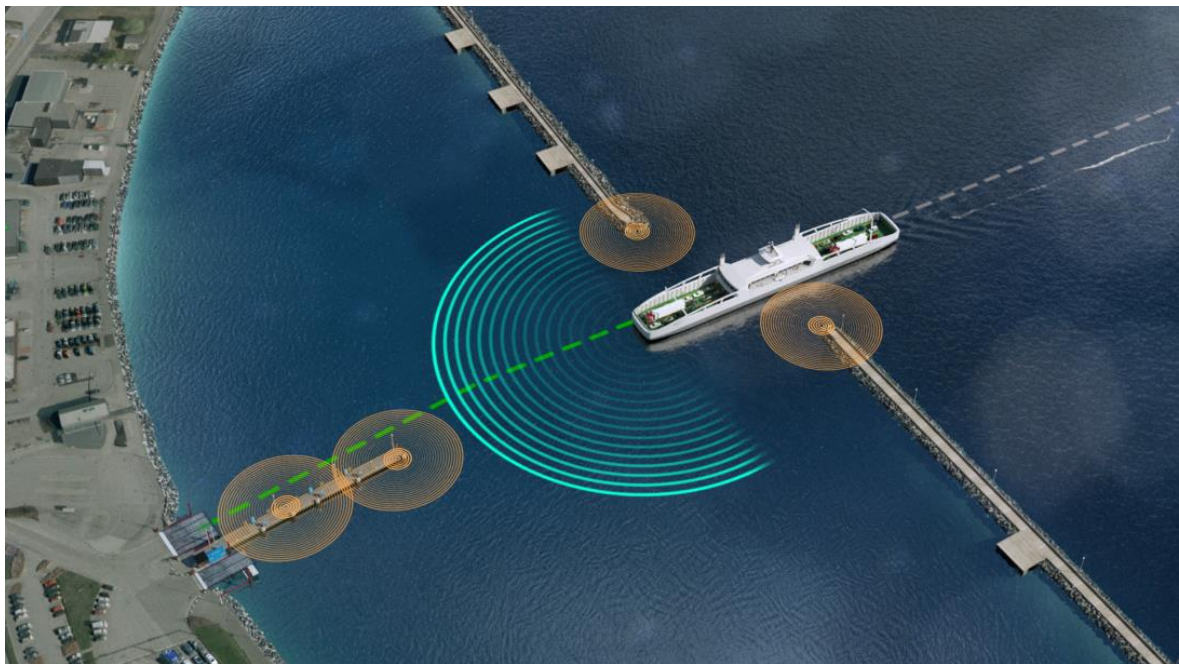
Kuva 13 Tilannetietoisuusjärjestelmä etäisyysinfo huonolla näkyvyydellä

Nykypäivänä laivojen kiinnitys laituriin tapahtuu köysien avulla. Laivan koosta riippuen köysiä tarvitaan neljästä kymmeneen kappaletta ja toimenpide vie aikaa noin 15-30 minuuttia. Autonomisten laivojen kiinnitys satamaan hoidettaisiin todennäköisesti automaattisten laiturikiinnitysten avulla. Esimerkiksi Helsingin Länsisatamassa olevien automooring-järjestelmien kuusi kahden tarraimen MoorMaster-yksikköä toimivat kauko-ohjattavien imukuppien avulla. Laivan saapuessa satamaan kapteeni ilmoittaa ohjelman avulla laivan syväydet, jotta imukupit asettuvat valmiiksi oikealla korkeudelle. Imukupit imaisevat laivan paikoilleen laiturin lepuuttajia vasten ja ohjaamiseen tarvitaan ainoastaan yksi henkilö. Automaattisten laiturikiinnitysten avulla laivan kiinnitys tapahtuu alle minuutissa ja irrotus noin kymmenessä sekunnissa. Koko järjestelmän kiinnitysvoima on 240 tonnia ja yhden imukupin noin 40 tonnia. Järjestelmä pystyy myös käsittelemään laivan lastauksesta tai lastin purkamisesta johtuvan syväyksen muutoksen siirtämällä imukuppeja yksi tai kaksi kerrallaan oikeaan suuntaan. (Leino, R. 2017)

4.1 Älysatamat

Laivojen lisäksi myös sataman puoli on tulevaisuudessa suurten muutoksien edessä. Tekoälyn tuleminen satamakoneisiin mahdollistaa autonomiset satamat, kuten esimerkiksi maailman ensimmäinen automaattinen konttiterminaali Qingdaon satamassa Kiinassa. Qingdaon satamaan saapuvat maailman suurimmat konttialukset ja satamakoneet toimivat täysin automaattisesti sähkön avulla. Koneiden tekoäly hakee ja siirtää oikean kontin alukseen tai aluksesta pois. Sataman on laskettu olevan 30 prosenttia tehokkaampi kuin normaalin konttisataman.

Rolls-Royce on kehittänyt satamille suunnatun Harbour intelligence platform -toimintajärjestelmän, joka on muunneltu versio autonomisiin laivoihin suunnitellusta tilannetietoisuusjärjestelmästä. Tämän järjestelmän satamakamerat ja -sensorit tarjoavat tietoa saapuville ja lähteville aluksille. Älysataman ideana on tarjota innovatiivisia ratkaisuja, lisätä turvallisuutta ja tehokkuutta, optimoida toimintoja, mahdollistaa kaupankäyntiä ja muokata satamayhteisöä digitalisoimalla sataman tietoisuutta älykkäästi ja nopeasti tapahtuvalla tiedonvaihdolla sidosryhmien välillä. Sataman tilannetietoisuusjärjestelmä tarjoaa neuvoa-antavia ratkaisuja, jotka parantavat tilannetietoa alusliikenteestä satama-alueella. Järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden parantaa turvallisuutta, kun alukset liikkuvat ruuhkaisilla vesillä ja satamissa, tunnistamalla automaattisesti kohteita ja seuraamalla niitä, ilmoittaen operaattorille mahdollisista vaaratilanteista ja riskeistä. Kokonaiskuvan järjestelmä rakentaa kuten autonominen laivakin, päivä-, yö- ja lämpökameroista, mikrofoneista, tutkista, lidar-yksiköistä, AIS-tiedoista, älyväylöistä, sääpalveluista ja etäluotsauskeskuksista. Tietojen ansiosta satama on tietoisempi aluksien toiminnasta kuten luotsausajoista, sisääntuloista ja kiinnityksistä ja pystyy sitä kautta ennakoimaan paremmin aluksien liikkeitä ja jakamaan tarvittavaa tietoa eteenpäin. Järjestelmä antaa myös käytännön tietoa aluksille näyttäen laituripaikan ja etäisyyden siihen, kraanoihin, pollareihin/automooriing-järjestelmän imukuppeihin sen sisääntulon yhteydessä. Rolls-Roycen Harbour intelligence platformin havainnekuva on esillä kuvassa 14. (Lappalainen, A. Rolls-Royce, 2018)



Kuva 14 Harbour intelligence platform

4.2 Erityyppisten autonomisten laivojen lastaus

4.2.1 Konttialukset

Konttialukset eli rahtilaivat lastataan täyteen nimensä mukaisesti konteilla. Kontteja on eri kokoisia ja niiden pituus ilmoitetaan jalkoina. Eri kokoja ovat 45, 40, 30, 20 ja 10 jalkaiset kontit. Alukseen erikokoiset kontit lastataan vierekkäin ja päällekkäin satamassa olevien kraanojen avulla. Konttiin asennetaan lastaamisen aikana niin sanottu konttikenkä, jonka avulla se lukittuu laivan kanteen tai toiseen konttiin. Ruumissa konteille ei tarvita muuta kiinnitystä konttikenkien lisäksi, sillä niissä on konteille menevät hahlot, jotka pitävät ne paikallaan. Kannella olevat kontit kiinnitetään ahtaajien toimesta konttikenkien lisäksi vielä vanttiruuvein alukseen, jotta ne huonon ilman sattuessa pysyvät paikallaan, eivätkä putoa mereen. Aluksen purkaus tapahtuu samalla lailla kuin lastauskin, mutta käänteisessä järjestyksessä.

Autonomisten konttialusten lastaus tulee tapahtumaan samalla lailla kuin ei autonomistenkin. Kontit lastataan alukseen ennalta tehdyn lastisuunnitelman mukaisesti oikeille paikoilleen. Tilannetietoisuusjärjestelmä ja operaattori kameroita avuksi käyttäen tunnistavat kontit niiden numeroiden avulla ja valvovat lastauksen edistymistä. Tilannetietoisuusjärjestelmän vastuu lastauksesta kasvaa, mitä korkeampi autonomisuuden taso on. Tulevaisuuden kontteihinkin voitaisiin esimerkiksi asentaa siru, jonka avulla se olisi helpommin tunnistettavissa ja tiedot luettavissa. Siru myös helpottaisi tietoliikennettä netin ja pilvipalveluiden välillä. Myöskin IoT-yhteyttä hyväksi käyttäen voitaisiin saada kraana ja alus kommunikoimaan keskenään lastauksen yhteydessä.

4.2.2 Ro-ro-alukset

Ro-ro eli 'roll on roll off' -alukset lastataan pääsääntöisesti pyörillä liikkuvalla lastilla. Moniin ro-ro-aluksiin pystytään myös lastaamaan sääkannelle kontteja. Pyörillä liikkuvan lastin lastaaminen mahdollistaa aluksen perässä sijaitseva ramppi, jonka kautta lasti on mahdollista ajaa kansille. Tyypillisiä ro-ro-aluksen lasteja ovat autot, trailerit, rekat ja muut teollisuuskoneet. Myöskin niin sanottujen mafien ja kasettien päällä lastattu tavara, kuten esimerkiksi paperirullat, tiilet ja muut rakennelmat ovat yleistä lastia ro-ro-aluksilla. Kulkuneuvot tietenkin ajetaan ahtaajien toimesta laivaan, kun taas trailerit, kasetit ja mafit lastataan vetomestarien avulla. Vetomestaria voi verrata rekka-auton nuppiin, jossa on paremmat kääntymismahdollisuudet. Lasti kiinnitetään pääosin ketteillä ja kuormaliinoilla. Aluksen purkauksessa ei ole mitään poikkeavaa, vaan sisään ajettu lasti otetaan ulos, jotta uusi voidaan ajaa sisään. Lastauksenvalvonta tapahtuu lastikansilla kuin myös lastikonttorista käsin.

Autonomiset ro-ro-alukset eivät suuremmin muuttaisi lastausta, vaikka tietenkin lastauksen valvominen siirtyisi kameroiden avulla etäohjauskeskukseen ja sen ohjaaminen voisi tapahtua esimerkiksi lastikanteen asennettavilla led-valoilla, jonka kautta osoitettaisiin oikea paikka ahtaajille. Tilannetietoisuusjärjestelmä tietenkin tukee ope-

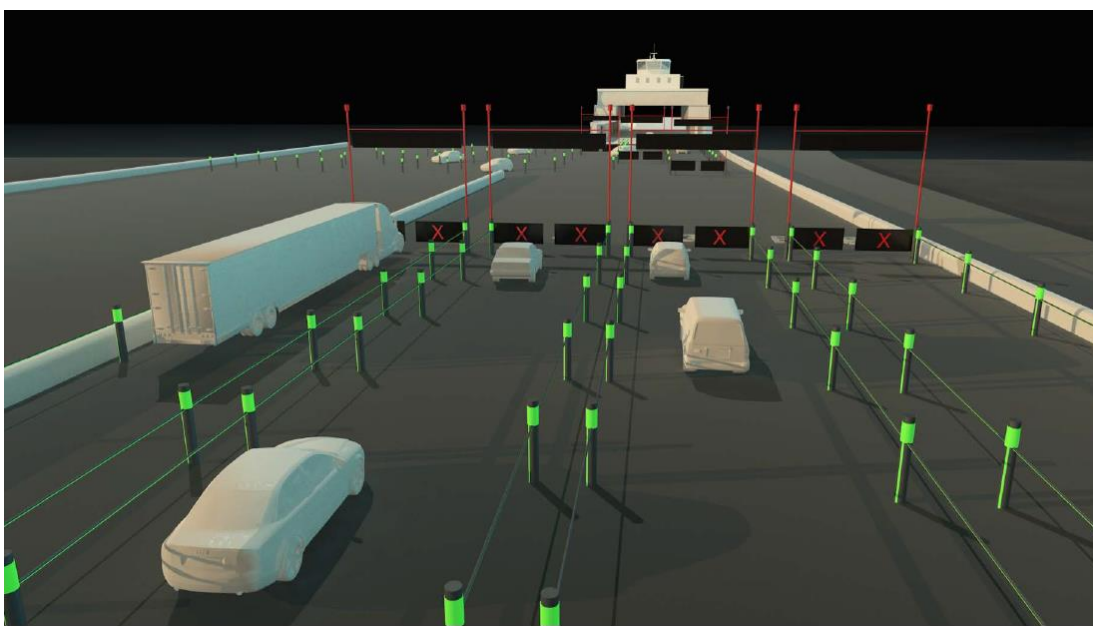
raattoria lastauksen valvonnassa ja niin kuin konttialuksissakin, mitä korkeampi autonomisuuden aste on laivassa, sitä korkeampi on tilannetietoisuusjärjestelmän vastuu. Tilannetietoisuusjärjestelmä valvoo ja ohjaa lastausta kameroiden avulla, rekisteröi yksikön sen tulla laivaan ja ohjaa sen paikoilleen. Nykyään joissain laivoissa on jo trailereille automaattinen kiinnityssysteemi, joka mahdollistaa kettinkien poisjäännin surraamisessa. Trailerin ollessa kohdalla pukissa oleva uloke menee laivan kannessa olevan kiinnitysaukkoon. Tämä estää trailerin liikkumisen. Mafeihin ja kasetteihin tätä lukitusysteemiä voidaan soveltaa, autoihin ja muihin kulkuneuvoihin se on vaikeampaa niiden vaihtelevien kokojen vuoksi. Ahtaajat voisivat edelleen nykyaikaisella tyyllillä laittaa kumikiilan auton renkaiden taakse tai kiinnittää ajoneuvot kuormaliinoihin/kettingillä niiden mallista ja koosta riippuen. On myös mahdollista lastata kulkuneuvot niihin suunniteltuihin trailereihin tai mafeihin, jotta surraus onnistuisi ilman ketjuja tai liinoja. Tulevaisuudessa on myös hyvä ottaa huomioon, että autonomisten laivojen ilmestyessä liikenteeseen myöskin autonomiset rekat ja kulkuneuvot todennäköisesti lisääntyvät. Tämä voisi mahdollistaa laitteiden kommunikoinnin keskenään. Kahden autonomisen laitteen IoT-yhteyttä hyväksi käyttäen voidaan ohjata kulkuneuvot ajamaan itse oikeaan paikkaan laivassa ja ajoneuvon tiedot ovat helposti siirrettävissä yhteyksien avulla. Jos autonomiseen ro-ro-alukseen lastataan kontteja sääkannelle, tulee se tapahtumaan samalla lailla kuin autonomisessa konttialuksissakin.

4.2.2 Matkustaja-alukset ja lautat

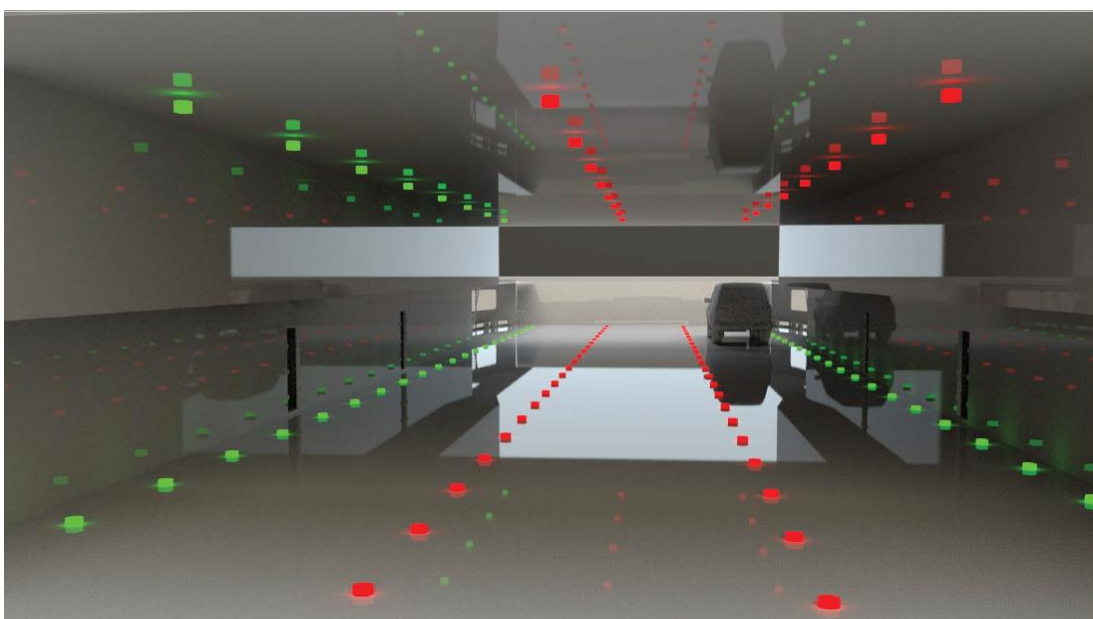
Matkustaja-alukset lastataan ja puretaan samalla tyyllillä kuin ro-ro-alukset laivaan johtavien ramppien avulla. Lasti koostuu enimmäkseen autoista ja rekoista, mutta joukossa voi olla päivästä riippuen jokunen trailerikin. Trailerit kiinnitetään kuormaliinoilla kanteen kiinni, autoja ja rekkoja ei surrata ollenkaan. Kansihenkilökunta on kansilla ohjaamassa lastausta, näyttäen kuskeille ajoneuvon paikan. Koneita ei yleisesti käytetä ohjattaessa ajoneuvoja laivaan terminaalin kautta lankonkeja pitkin.

Lauttaliikenteessä toimii sama järjestelmä kuin matkustaja-aluksissakin, eli ajoneuvot lastataan ja puretaan ramppien avulla. Ihmiset ohjataan sisään ja ulos rampissa olevan

kulkuväylän kautta. Rolls-Royce on tehnyt yhteistyötä suomalaisen Finferries-yrityksen kanssa autonomisten lauttojen suunnittelussa. Led-valoja hyväksikäyttäen kulkuneuvoille voidaan helposti näyttää linja ja paikka mihin pysähtyä. Led-valoja voidaan käyttää myös apuna kommunikoinnissa jonottaville ajoneuvoille lautan täyttöasteesta, eli mahtuuko lauttaan vai ei. Liikennevalojen tapaan vihreä valo kertoisi kulkuneuvon mahtuvan lauttaan ja kommunikoiisi ajajalle käytettävän kaistan, kun taas punainen ilmoittaisi kuljettajalle lautan olevan täynnä ja ei-käytettävissä olevat kaistat. Kuvat 15 ja 16 ovat havainnekuvia siitä, miltä lautan lastaus voisi näyttää.



Kuva 15 Havainnekuva lauttaan tulosta



Kuva 16 Havainnekuva lautan lastauksesta

Autonomisissa matkustaja-aluksissa voisi soveltaa samaa tekniikkaa kuin lauttaliikenteessäkin. Matkustaja-aluksissa kaikki kulkuneuvot mahtuisivat alukseen, mutta kansille voisi asentaa led-valoja osoittamaan kuljettajalle kulkuneuvon paikan. Etäohjatuissa matkustaja-aluksissa olisi joka tapauksessa henkilökuntaa töissä, joten mahdollinen työntekijän tarve lastauksen tai purkauksen yhteydessä olisi helppo toteuttaa. Ihmisten saapumisen ja lähtemisen laivalta ei tarvitsisi muuttua, koska oli laiva autonominen tai ei, ihmiset ohjeistetaan laivasta ulos tai sisään lankonkia pitkin. (Rolls-Royce, 2016)

4.2.3 Kuivarahtialukset

Kuivarahtialukset ovat rahtilaivoja, jotka lastataan täyteen irtolastilla, kuten esimerkiksi soralla, lannoitteella, maissilla tai vaikkapa tuulivoimaloiden tuulimyllyjen osilla. Aluksissa on koosta riippuen eri lukumäärä ruumia, joihin lasti säilötään merimatkan ajaksi. Nykypäivänä lasti lastataan alukseen erityyillisillä kraanoilla lastin tyyppistä riippuen. Alukset voivat kuljettaa pelkästään samantyylistä lastia, jolloin ruumien pesu lastivaihtojen välissä ei ole niin tarkkaa, mutta jotkut alukset voivat esimerkiksi vaihtaa maissista lannoitteeseen, jolloin ruumien tulee olla puhtaita. Lastauksen valvonnassa tärkeintä on varmistaa lastin jakamisen tasaisesti ruumiin, jottei aluksen painojakauma kärsi.

Autonomisia kuivarahtialuksia tullaan todennäköisesti lastaamaan samalla tyyllillä kuin nykyaikanakin, eli kraanojen avulla. Autonomian mahdollistamiseksi kaikkiin autonomisiin kuivarahtialuksiin pitäisi rakentaa automaattinen ruumien pesusysteemi, lastin tyyppiä voitaisiin vaihtaa ilman miehistöä. Mitä korkeampi autonomian taso aluksessa, sitä korkeampi olisi myös tilannetietoisuusjärjestelmän vastuu lastin valvonnassa ja painolastin pumppauksessa. Alus ja kraana voisivat kommunikoida keskenään lastauksen yhteydessä esimerkiksi IoT-yhteyttä hyväksikäyttäen, vaihtaen tietoja esimerkiksi siitä, mihin ruumaan mitäkin lastia lastataan ja kuinka paljon.

4.2.4 Säiliöalukset

Säiliöalus on laiva, joka kuljettaa säiliöissään nestemäisiä, usein tulenarkoja aineita irtolastina. Säiliöaluksen lastaus ei ole vaikeaa tai monimutkaista, mutta siihen liittyy paljon turvallisuussääntöjä, kuten ship/shore safety checklist. Sen läpikäyminen ja täydentäminen on tarkoitettu auttamaan aluksen ja terminaalin henkilöstöä tunnistamaan mahdolliset ongelmat ja sitä kautta tarjoamaan heille paremmat valmiudet tulevaan operaatioon. Myös tankkien strippaus ja tuuletus tulee tehdä huolella purkauksen ja lastauksen välissä. Nämä tehtävät vaativat suurta tarkkuutta, sillä vahingon sattuessa tuhot voivat olla suuria. Turvallisuusasioiden ollessa kunnossa, lastaus tapahtuu maista tulevan varren avulla, joka yhdistetään laivassa olevaan liittimeen. Kun varsi on kiinnitetty ja liitos tarkastettu voidaan lastaus tai purkaus aloittaa. Lastausta valvotaan koko ajan niin sataman kuin laivan puoleltakin.

Autonomisten säiliöaluksien tuomat suurimmat muutokset lastausoperaatioihin koskivat turvallisuuspuolta. Laivan ajo laiturin oikeaan kohtaan, jotta varsi voidaan liittää laivaan, helpottuisi tilannetietoisuusjärjestelmän avulla. Osa turvallisuusvaatimuksista voitaisiin siirtää koneen valvottavaksi esimerkiksi antureita käyttäen, mutta kaikkea ei välttämättä pystytä yksin koneen avulla täydellisesti valvomaan. Autonominen säiliöalus saattaisikin vaatia satamaan työntekijän, joka hoitaisi osan turvallisuusvaatimuksista. Tankkien strippaus ja tuulettaminen voitaisiin kuitenkin toteuttaa automaation ja antureiden avulla. On myös mahdollista, että vaarallista rahtia kuljettavat alukset, kuten esimerkiksi öljytankkerit eivät koskaan tule olemaan täysin autonomisia rahdin luonteen vuoksi.

5 YHTEENVETO

Merenkulku elää tällä hetkellä suurien muutoksien keskellä, autonomisten laivojen kehitys ja vakiintuminen maailman merille muuttaisi ammattimerenkulkijan työnkuvaa ja mahdolliset pitkät työjaksot laivoilla vaihtuisivat vuorotyöksi maissa. Alan tulevaisuus on mielenkiintoinen kysymys niin kokonaisvaltaisesti merenkulun työllisyyslanteen kannalta kuin vastavalmistuvalla merikapteeniopiskelijallekin.

Autonomisia laivoja valvotaan tulevaisuudessa etäohjauskeskuksista, joista käsin operaattori valvoo aluksia maista. Jos ja kun Rolls Roycen autonomian viimeinen taso saavutetaan, autonomiset laivat kulkevat ja tekevät päätökset itsenäisesti ilman merenkulun ammattilaisen jatkuvaa valvontaa. Autonomisten laivojen sydämenä toimii siis etäohjauskeskus, joka on vastuussa laivojen turvallisesta kulusta. Keskuksen johtajana eli laivojen kapteenina toimii tilanteessa ROC-autonomian valvoja, joka vastaa keskuksen toiminnasta ja ohjattavista laivoista. Muita keskuksessa toimivia henkilöitä ovat ROC-operaattorit, ROC-konepäällikkö sekä ROC:in tekninen tuki.

Yhteys laivan ja etäohjauskeskuksen välillä on elintärkeää, jotta alusten turvallinen kulku voidaan taata. Uutta ja vanhaa teknologiaa hyväksikäyttäen voidaan luoda kokonaisuus, joka lisää turvallisuutta ja helpottaa merenkulun ammattilaisten työelämää. Useita kysymyksiä on kuitenkin vielä ratkaistavana ennen kuin saumattomaan yhteydenpitoon päästään.

Laivojen satatoiminnot tulevat myös muuttumaan autonomisten laivojen myötä. Muutos ei tule olemaan yhtä radikaali kuin merellä, mutta lastausprosessit kehittyisivät enemmän teknologiseen suuntaan ja kuten laivan ja etäohjauskeskuksen välisessä yhteydenpidossa, myös laivaa lastatessa tekoälyt ottaisivat suurempaa roolia.

Teknologiset ratkaisut ovat jatkuvasti tärkeämpi osa kehittyvää yhteiskuntaa ja tulevaisuuden työelämä tulee varmasti näyttämään todella erilaiselta verrattuna esimerkiksi teollisen vallankumouksen tuomiin muutoksiin. Merenkulku sekä muut alat ovatkin suurien kysymysten äärellä. Miten taataan turvallisuus, kun työvoimaa ei enää käy-

tetä? Miten varmistetaan yhteyksien sataprosenttinen toimivuus vaaratilanteiden välttämiseksi? Mikä on tekoälyn rooli tulevaisuuden yhteiskunnassa ja miten sitä voidaan hyödyntää meriteollisuudessa? Vain aika näyttää.

6 TERMISTÖ

Ahtaaja= satamassa oleva työntekijä, joka tulee alukseen lastausnyhteydessä

ECDIS= Electronic Chart Display and Information System, elektroniset merikartat

Kasetti= Lastausalusta, jossa ei ole omia pyöriä

Mafi= Lastausalusta, jossa on omat pyörät

Pollari= Kiinnitystolppa, johon kiinnitetään aluksen kiinnitysköydet

Surraaminen= Lastin kiinnittäminen alukseen

Tankin strippaus= Tankin täysi tyhjennys vanhasta lastista

VTS= Vessel Traffic Services, alusliikennepalvelut

LÄHTEET

Jämsén, P. 2017. Robotisaatio muuttaa taloutta ja työelämää. Viitattu 22.03.2018. <https://www.sitra.fi/blogit/robotisaatio-muuttaa-taloutta-ja-tyoelamaa/>

Karlsson, B. 2018. Autonomiset laivat - rahtiliikenteessä jo 2020-luvulla. *Voima & Käyttö* 4/2018, 18-19.

Lappalainen, A. Rolls-Royce, 2018. Viitattu 04.02.2018. Harbour Intelligence Platform_intro[2329].pdf

Lehtilä, S. 2017. Itseohjautuvat laivat lipuvat pian omalla testimerellä. Viitattu 02.12.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9775120>

Leino, R. 2017. Laivaköydet museoon – Kauko-ohjaus tarraa Tallinnan-lautan laituriin. Viitattu 14.03.2018. <https://www.tekniikkatalous.fi/tpaiva/laivakoydet-museoon-kauko-ohjaus-tarraa-tallinnan-lautan-laituriin-6617412>

Leponiemi, R. Rolls-Royce, 2018. Viitattu 05.02.2018. DIMECC Workplan_WP2[2328].docx

One Sean www-sivut. 2017. ”Jaakonmeri” on testimeri – Dimecc ja One Sea avaavat maailman ensimmäisen kaikille avoimen testialueen: Itseohjautuvien laivojen kokeilu täyteen vauhtiin. Viitattu 02.12.2017 <https://www.oneseaecosystem.net/jaakonmeri-testimeri-dimecc-ja-one-sea-avaavat-maailman-ensimmaisena-kaikille-avoimen-testialueen-itseohjautuvien-laivojen-kokeilu-tayteen-vauhtiin/>

Rolls-Roycen www-sivut. 2017. Rolls-Royce. Viitattu 23.11.2017 <https://www.rolls-royce.com/about.aspx>

Rolls-Royce, 2016. Viitattu 07.05.2018. Finferries concept _July2016.pdf