

# Katsaus autonomisen päästönmittausveneeseen lupa- ja turvallisuusasioihin

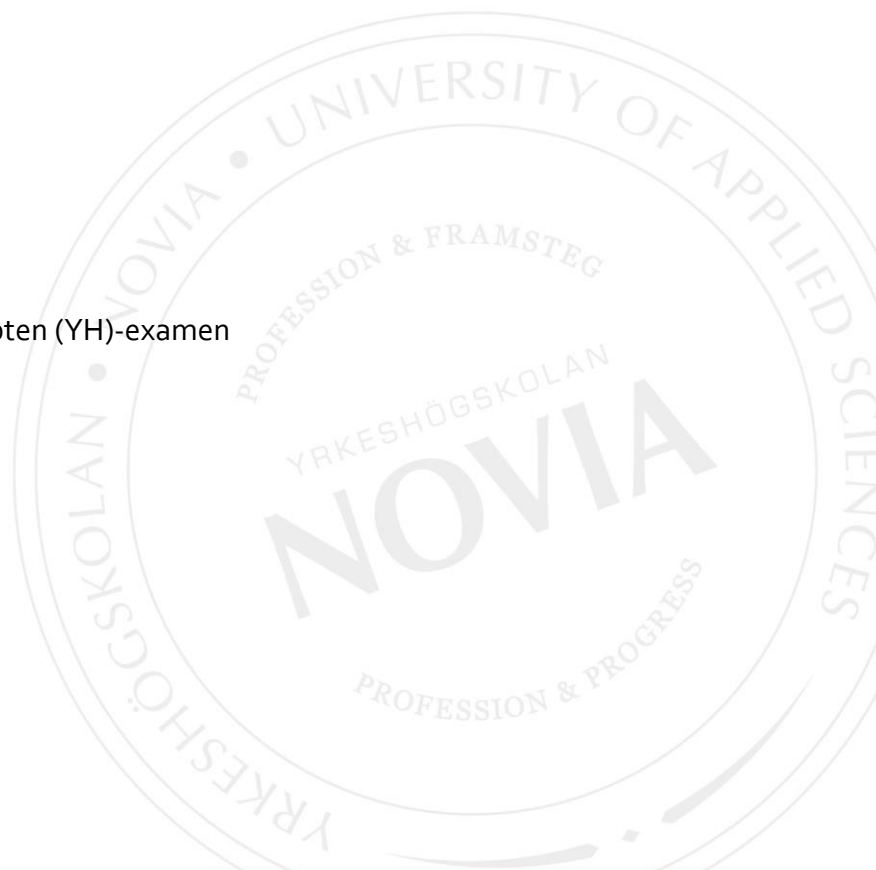
Opinnäytetyö

Suvi Roos

Examensarbete för sjökaptens (YH)-examen

Utbildningen för sjöfart

Åbo 2019



## EXAMENSARBETE

Författare: Suvi Roos

Utbildning och ort: Sjöfart, Åbo

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Sjökapten

Handledare: Ritva Lindell

Titel: Katsaus autonomisen päästömittausveneeseen lupa- ja turvallisuusasioihin

---

Datum 12.02.2019

Sidantal 24

Bilagor 1

---

### Abstrakt

Detta slutarbete har framställts som ett beställningsarbete åt det Åbobaserade företaget KINE Robot Solutions att användas som en del av ett mer omfattande forskningsprojekt kring autonomiskt rörlig utrustning för mätning av utsläppsnivåer. Slutarbetet behandlar praktiska detaljer och tekniska lösningar för förbättrandet av säkerheten ombord på mätningsfartyget, baserat på befintlig teknik.

Arbetet baserar sig på till ämnet hörande artiklar, tidigare publicerat forskningsmaterial samt personliga intervjuer med sakkunniga experter. Den insamlade informationen har sammanställts på ett sådant sätt att ämnet ska vara lätt att förstå även för personer som inte är helt insatta i sjöfart eller dess begrepp.

Arbetets sammanfattning korrelerar med att autonomisk teknik och dess integration i sjöfarten, samt tillhörande lagstiftning fortfarande är under uppbyggnad, och därför krävs vidare utveckling och arbetsinsatser av sakkunniga instanser.

---

Språk: finska

Nyckelord: autonomisk, utsläpp, Östersjö

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Suvi Roos

Koulutus ja paikkakunta: Merenkulun koulutusohjelma, Turku

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Merikapteeni (AMK)

Ohjaaja(t): Ritva Lindell

Nimike: Katsaus autonomisen päästönmittausveneiden lupa- ja turvallisuusasioihin

---

Päivämäärä 12.02.2019 Sivumäärä 24

Liitteet 1

---

### Tiivistelmä

Tämä työ on kirjoitettu tilaustyönä turkulaiselle KINE Robot Solutions:ille käytettäväksi osana yhtiön laajempaa tutkimusprojektia autonomisesti liikkuvan päästönmittausvälineistön kehityksessä. Työ käsittelee käytännönläheisiä asioita ja teknisiä ratkaisuja mittausveneiden turvallisuuden parantamiseksi, nojaten jo olemassa olevaan tekniikkaan.

Työssä on hyödynnetty aiheeseen liittyviä ajankohtaisia julkaisuja, aikaisemmin julkaistua tutkimusmateriaalia sekä henkilökohtaisia haastatteluja asianomaisten asiantuntijoiden kanssa. Kerätty tieto on pyritty kirjoittamaan yhteen tavalla, joka pitää työn selkeänä myös niille, joille merenkulku ja sen sovellukset ovat vähemmän arkipäiväisiä.

Työn loppupäätelmä korreloi autonomisen tekniikan ja siihen liittyvien merenkulun sovellusten, sekä niitä koskevien lakien olevan yhä alkutekijöissään, ja näin ollen kaipaavan lisää kehitystä ja työpanosta asianomaisilta tahoilta.

---

Kieli: suomi

Avainsanat: autonominen, päästöt, Itämeri

---

**BACHELOR'S THESIS**

Author: Suvi Roos

Degree Programme: Degree programme in Maritime Management - Turku

Specialization: Seacaptain

Supervisor(s): Ritva Lindell

Title: A view on safety and law related issues of an autonomous emission measuring boat

---

Date 12.02.2019 Number of pages 24

Appendices 1

---

**Abstract**

This thesis is written as a project work for KINE Robot Solution based in Turku. The object is for this paper to be used as a part of a wider research project for their mobile autonomous emission measurement equipment. The paper deals with practical things and technical solutions for bettering the safety of the mobile measuring unit, leaning on the technical solutions already available.

This paper is written using available articles, previous research results as well as personal interviews with relevant experts. The author has, to their best abilities, tried to write the gathered information into a easy-to-read compilation, so that even those unfamiliar with seafaring and its applications, are able to enjoy a flowing entirety.

The conclusion of this paper is congruent with all previous researches and suggests that the applications of autonomous technology, and laws concerning them are still in an early stage of development, and therefore in a great need of further evolution and efforts from appropriate directions.

---

Language: Finnish

Key words: autonomous, emissions, Baltic sea

---

## Sisällysluettelo

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Johdanto.....  | 1  |
| 1.1   | Tavoite.....   | 1  |
| 1.2   | Ongelmanasettelu .....                                       | 1  |
| 1.3   | Rajaus.....  | 1  |
| 2     | Autonomiikka .....   | 2  |
| 3     | Päästöt ja mittauksen tarve.....                             | 2  |
| 3.1   | Ilmansaasteiden vaikutus ympäristöön .....                   | 2  |
| 3.2   | Itämerellä valvottavat alusperäiset ilmansaasteet .....      | 3  |
| 3.2.1 | Lainsäädäntö .....   | 3  |
| 4     | Suomessa suoritettava päästönmittaus nykyisellään.....       | 4  |
| 4.1   | Rajoitteet .....   | 4  |
| 5     | Liikkuva päästönvalvontayksikkö nyt ja tulevaisuudessa ..... | 5  |
| 5.1   | Yleistä.....   | 5  |
| 5.2   | Turvajärjestelmät.....                                       | 5  |
| 5.3   | Fail safe-järjestelmät.....                                  | 10 |
| 6     | Tutkimus.....  | 11 |
| 6.1   | Tutkimusmenetelmät.....                                      | 11 |
| 6.2   | Aikaisempi tutkimus .....                                    | 11 |
| 6.3   | Tutkimustulokset .....                                       | 12 |
| 6.4   | Päätelmät.....   | 13 |
| 7     | Lähdeluettelo .....  | 14 |
| 8.    | Liitteet.....  | 18 |
| 8.1   | Sanalista.....   | 18 |

## **1. Johdanto**

### **1.1 Tavoite**

Tämän työn tavoitteena on kartoittaa Suomen aluevesillä tulevaisuudessa toimivien autonomisten päästönmittausveneiden lupa- ja turvallisuusasioita yhteistyössä tilaajaorganisaation Kine Robot Solutions Oy:n kanssa. Työ keskittyy konkreettisiin turvallisuusseikkoihin, joilla parantaa mittausveneiden, päästönmittauksen kohteina olevien alusten sekä mittausalustan turvallisuutta ja siten seikkoihin, joilla minimoida tai kokonaan välttää onnettomuuksiin johtavia seikkoja.

### **1.2 Ongelmanasettelu**

Keskeinen työhön liittyvä ongelma on tällä hetkellä puutteellinen lainsäädäntö sekä jo olemassa oleva tutkimus tulevaisuuden autonomisiin alustyyppisiin. Osa Suomen kansallisista veneistä koskevista säädöksistä ovat osittain sovellettavissa myös autonomisiin aluksiin, mutta paljon kehitystyötä on yhä edessä eheän ja toimivan kokonaisuuden luomiseksi.

Tämä työ painottuu vastaamaan kysymyksiin päästönmittausalustien turvallisuuden parantamisesta jo tunnetuilla laitteilla ja välineillä. Tällä tekijä pyrkii välttämään mahdollisen spekuloinnin alati kehittyvän autonomisen tekniikan varmistus- ja turvallisuusseikoista.

### **1.3 Rajaus**

Tämä opinnäytetyö on rajattu Kine Robot Solutions Oy:n kehityksen alla oleviin autonomisiin päästönmittausveneisiin, jotka tulevat toimimaan Suomen aluevesillä, ja näin ollen veneiden tulevan lippuvaltion, Suomen, sovelluksiin kansainvälisistä laista ja asetuksista, sekä maamme omaan veneistä koskevaan lainsäädäntöön ja ohjeistuksiin. Työn tavoitteisiin ei lukeudu laajamittainen ehdotuksien luominen autonomisia aluksia koskevan tulevaisuuden lainsäädännön piiriin, ja tekijä jättää myös mahdollisen spekuloinnin aiheesta vähäiseksi.

## Autonomiikka

Autonominen teknologia on teknologian muoto, joka pystyy toimimaan itsenäisesti, ilman ihmisen toimintaa.<sup>1</sup> Autonomia merenkulun parissa on yleisesti yhä kehityksen alla, ja muun muassa Liikenteen Turvallisuusvirasto Trafín tukema<sup>2</sup> AAWA-hanke (Advanced Autonomous Waterborne Applications) on osa kehitystyötä. Hankkeessa on mukana eri yrityksiä sekä yliopistoja, jotka työstävät erilaisia autonomisia sovelluksia tulevaisuuden vesiliikenteeseen. Laivateollisuuden tunnettu jättiläisyritys Rolls Royce toimii hankkeen vetäjänä<sup>3</sup>. Automaatio on ollut merenkulun parissa sangen arkipäiväistä jo pitkään ja vaadittava tekniikka kokonaisen laivan saattamiseen eheäksi autonomiseksi kokonaisuudeksi on jo osittain olemassa<sup>2</sup>.

## Päästöt ja mittauksen tarve

### 3.1 Ilmansaasteiden vaikutus ympäristöön

Kaikenlaiset ilmansaasteet vaikuttavat ympäröiviin vesistöihin sekä maaperään. Ne aiheuttavat happamoitumista, rehevöitymistä ja vahingoittavat altistuvien alueiden kasvustoa.<sup>4</sup> Dieselmootoreiden pakokaasut koostuvat erilaisten pitoisuuksien yhdistelminä ilmasta, hiilimonoksidista, hiilidioksidista, hiilivedyistä, typen ja rikin oksideista, metalleista ja vedestä.<sup>5</sup> Näistä erityisen kiinnostavia ovat hiilidioksidi sekä typen ja rikin oksidit. Hiilidioksidia vapautuu suuria määriä kaikkien fossiilisten polttoaineiden käytön yhteydessä, ja kyseinen kaasu on vahvasti sidoksissa kasvihuoneilmiön etenemiseen.<sup>6</sup> Typpi- ja rikkidioksidit puolestaan happamoittavat vesistöjä sekä maaperää, joka johtaa muutoksiin paikallisessa floorassa ja faunassa.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Northwestern University – What is autonomy technology?

<sup>2</sup> Trafi – Merenkulun automaatiokokeilut

<sup>3</sup> Rolls Royce – Autonomous ships

<sup>4</sup> Helsingin seudun ympäristöpalvelut - Luontovaikutukset

<sup>5</sup> Teknologiateollisuus - Laivojen pakokaasupäästöjen vähentäminen

<sup>6</sup> Ilmasto.org – Kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos

## 3.2 Itämerellä valvottavat alusperäiset ilmansaasteet

Itämeri on vuonna 2005 määritelty Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n toimesta erityisen herkäksi merialueeksi, joka määritelmänsä mukaisesti on joko ekologisesti, kansantaloudellisesti tai tieteellisesti merkittävä merialue, joka voi olla altis kansainvälisen merenkulun synnyttämille vahingoille.<sup>7</sup> Vuonna 2008 IMO:n hyväksymä ja vuonna 2010 voimaan tullut kansainvälisen yleissopimuksen MARPOL:in ilmansuojeluliite määritteli Itämeren lisäksi rikkipäästöjen valvonta-alueeksi (SECA).<sup>8</sup>

### 3.2.1 Lainsäädäntö

Suomi on ollut Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n jäsenvaltio vuodesta 1959 lähtien, ja täten kuudenkymmenen vuoden ajan implementoinut sen asetuksia omaan kansalliseen lainsäädäntöönsä<sup>9</sup>. Valtiomme on ratifioinut IMO:n alaisen alusten aiheuttaman meren pilaantumista koskevan kansainvälisen yleissopimuksen MARPOL:in sekä tämän yleissopimuksen neljännen liitteen, joka tunnetaan yleisesti ilmansuojeluliitteenä. Vuonna 2010 voimaan tullut ilmansuojeluliite vaatii koko maailman merialueilla siirryttävän käyttämään vähäisen rikkipitoisuuden polttoaineita (0,5%) vuoteen 2020 mennessä. IMO voi myöntää tarpeen mukaan arvioitua siirtymäaikaan vuoteen 2025 asti. Euroopan unioni on puolestaan päättänyt jättää mahdollisuuden siirtymäaikaan käyttämättä, sillä suurin osa EU:n alueelle kuuluvista merialueista on jo luokiteltu erityisen herkiksi merialueiksi, mistä johtuen näillä alueilla on jo muutaman vuoden ajan ollut käytössä aiemmin mainittu tiukempi polttoaineen rikkipitoisuusmääräys. MARPOL:in ilmansuojeluliitessä esitelty niin kutsuttu rikkidirektiivi, jonka koskemilla alueilla tulee käyttää korkeintaan 0,1 prosentin rikkipitoisuuden polttoainetta, on ollut voimassa vuoden 2015 alusta lähtien<sup>8</sup>.

Suomessa alusten rikkipäästöjä valvoo Liikenteen turvallisuusvirasto TRAFI. Päästönvalvonnan pääpaino siirtyi satamissa suoritetuista alustarkastuksista kaukomonitorointiin kesällä 2016, joka mahdollistaa alusten pakokaasujen rikkipitoisuuden valvonnan paljon laajemmin verrattuna yksittäisiin alustarkastuksiin<sup>10</sup>.

---

<sup>7</sup> IMO - Particularly sensitive sea areas

<sup>8</sup> Öljy & bio polttoaineala – Rikkidirektiivi ja laivapolttoaineet

<sup>9</sup> IMO.org- Member states

<sup>10</sup> TRAFI – Alusten rikkipäästöjen kaukovalvonta alkoi



## **Suomessa suoritettava päästönmittaus nykyisellään**

Suomessa Kine Robot Solutions tuottaa laivojen rikkipäästöjen kaukovalvontaa palveluna Liikenteen turvallisuusvirasto TRAFI:lle. Nykyinen päästöjen etämittausta toimii kesäaikaan manuaalisesti operoitavilla mittausveneellä, sekä maihin sijoitetuilla kiinteillä mittausasemilla. Vuoden 2016 lopulla kiinteitä mittausasemia oli eri puolilla maan aluevesiä yhteensä viisi kappaletta, joilla on arvioitu valvottavan tuhansia ohikulkevia aluksia vuosittain<sup>11</sup>.

Päästönmittauksessa käytössä ollut venetyyppi on noin kahdeksan metrin pituinen, hytillä ja ulkolaitamoottorilla varustettu alumiinivene, jonka kokonaispaino mittaus- ja siihen liittyvän välineistön kanssa on noin kaksi tonnia. Kiinteät maamittausasemat ovat noin 80 kilogramman painoisia yksiköitä, jotka on sijoitettu saaristoon laivaväylien läheisyyteen. Onnistuneeseen päästönmittaukseen mitattavan aluksen on ohitettava mittausvälineistö 1,5 – 2 kaapelin päästä, siten että mittausasema jää tuulen alapuolelle<sup>12</sup>.

### **4.1 Rajoitteet**

Päästönmittaukseen vaikuttavat monenlaiset tekijät, joista ehdottomasti suurin on vallitseva säätila. Avovedessä eli veneellä tapahtuvaan päästönmittaukseen sää vaikuttaa luonnollisesti kiinteitä maa-asemia enemmän. Tähän asti käytössä olleella manuaalisesti operoitavalla päästönmittausveneellä suurin haaste liittyy vallitseviin tuuliolosuhteisiin – tuulen nopeuteen sekä suuntaan. Kova tuuli synnyttää avovedessä nopeasti pinta-aallokkoa, joka saattaa kasvaa lyhyessä ajassa kohtalaisen suureksi. Aallokon ylittäessä pienelle veneelle sopivan korkeuden, ei venettä voida turvallisesti operoida.

Suuntaa-antavana tuulirajana on pidetty yhdeksää metriä sekunnissa, joka on noin 17,5 solmua. Käytännössä jo tämä säärajaus rajoittaa otollisimmat mittausajankohdat alueemme kesäkuukausiin, noin toukokuusta heinäkuun loppuun<sup>12</sup>. Luonnollisesti päästönmittaukseen sopivia säätiloja löytyy myös mainitun aikahaarukan ulkopuolelta, mutta esimerkiksi talvella vallitsevat jääolosuhteet tekevät sujuvan veneellä liikkumisen lähestulkoon mahdottomaksi.

---

<sup>11</sup> DNA – Kinen etävalvonta mittaa laivojen rikkipäästöt

<sup>12</sup> Haastattelu: Urponen, Tero – Kine Robot Solutions

## **Liikkuva päästönvalvontayksikkö nyt ja tulevaisuudessa**

### **5.1 Yleistä**

Kuten jo mainittu, nykyisin käytössä oleva manuaalisesti operoitava päästönmittausvene on noin kahdeksan metrin mittainen ja kokonaispainoltaan noin kaksi tonnia. Veneen turvallisesta operoinnista ovat vastanneet kokeneet veneenkuljettajat.

Tulevat mittausveneet visioidaan kehittyvän asteittain autonomista tilaa kohti. Prosessin välivaiheita tulevat todennäköisesti olemaan niin kutsuttu ”person-on-board”-valvottu venetyyppi sekä etäohjattu venetyyppi. Tulevaisuudessa käytössä olevat mittausveneet tulenevat olemaan hieman suurempia, edellyttäen että autonomisointiin liittyvä tekninen laitteisto voidaan sijoittaa ja asentaa niihin oikein. Päästönmittauslaitteisto pysynee hyvin pitkälti ennallaan, sillä sen tekniikka on jo tänä päivänä hiottu toimivaan muotoon.<sup>12</sup>

### **5.2 Turvajärjestelmät**

Ajateltaessa tulevaisuuden liikkuvan päästönvalvontayksikön eli päästönmittausveneen turvajärjestelmiä, voidaan aloittaa hyvin yksinkertaisista, mutta turvallisuuden kannalta tärkeistä asioista. Näistä ensimmäisenä voidaan pitää veneen kokoa. Suurempi koko ja massa lisäävät lähestulkoon poikkeuksetta kaikkien vesillä liikkuvien kulkuvälineiden vakautta ja vastusta sääolosuhteille<sup>13</sup>.

Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan kuvitella moottoritonta soutuvenettä, joka itsessään painaa noin sata kilogrammaa ja on pituudeltaan noin viisi metriä. Sijoitettaessa kyseinen vene päästönmittauksessa raja-arvona pidettyyn 9 m/s tuuleen, jossa aallokko voi täysin kehittyneessä tilassaan olla jopa kolmen metrin korkuista, saadaan nopeasti aikaan sääolosuhde, johon venettä ei ole suunniteltu, ja joka voi olla jopa vaarallinen. Esimerkkisoutuveneenä tässä esimerkissä käytetään suosittua ’Kaisla 470’-venettä, joka painaa 85 kilogrammaa ja on 4,7 metriä pitkä. Tämä vene kuuluu hupivenedirektiivin suunnitteluluokkaan D, joka tarkoittaa että ”vesikulkuneuvo on suunniteltu käytettäväksi olosuhteissa, joissa tuulen voimakkuus on enintään neljä boforia ja merkitsevä aallonkorkeus enintään 0,3 metriä”.<sup>14</sup> Vertailun toinen kohde on päästönmittauksessa käytettävää vastaava kahdeksan metrin pituinen alumiinivene, joista suurin osa kuuluu

---

<sup>12</sup> Haastattelu: Urponen. Tero – Kine Robot Solutions

<sup>13</sup> J. Matusiak – Laivan kelluvuus ja vakavuus

<sup>14</sup> Trafi - Suunnitteluluokat

suunnitteluluokkaan B. Tämän luokan veneet on puolestaan suunniteltu käytettäväksi olosuhteissa, joissa tuulen voimakkuus on enintään 8 boforia ja merkitsevä aallonkorkeus enintään 4 metriä.<sup>7</sup> Esimerkkivenetyyppien säänkestävyys on siis jo pelkällä standardin tasolla merkittävän erilainen. Veneiden suunnitteluluokista löytyy myös suunnitteluluokka A, johon kuuluvat veneet on suunniteltu kestävämmän vieläkin kovempia sääoloja, poissulkien tavallisuudesta poikkeavat olosuhteet, kuten pyörremyrskyt.

Seuraavana yksinkertaisena veneen turvallisuuteen vaikuttavana ominaisuutena voidaan pitää veneen näkyvyyttä ympäristössään. Alumiinirakenteinen vene hukkuu helposti harmaana päivänä taustaansa, mikä saattaa tehdä veneen huomaamisen ohitse kulkevasta aluksesta hankalaa, huonossa näkyvyydessä jopa mahdotonta. Veneen sattuessa väärään paikkaan väärään aikaan, on olemassa mahdollisuus sen jäämisestä suuremman aluksen alle ja siten vahingon aiheutumisesta sekä veneelle että mahdollisesti myös mukana olevalle mittauslaitteistolle.

Nopein ja mahdollisesti yksinkertaisin ajatus veneen näkyvyyden parantamiseksi on räikeä ulkoveritys, jolla veneen saa helposti erottumaan taustastaan. Käytännön esimerkkinä toimivat erilaiset luotsi- ja viranomaisveneet, joiden ulkopinnoissa käytetään maailmanlaajuisesti kirkkaita värejä niiden näkyvyyden parantamiseksi.

Vaikka nykyistä manuaalisesti operoitavaa päästönmittausvenettä on suuremmaksi osaksi ajettu valoisina vuorokaudenaikoina, ei pimeällä tapahtuvaan liikkumiseen veneellä ole suuria esteitä. Veneen havaittavuuden ylläpitämiseksi myös vähävaloisissa ympäristöissä on selkeästi paras ratkaisu kiinteät kulkuvalot, jotka ovat, erilaisilla sovelluksilla, pakolliset kaikilla vesikulkuneuvoilla sekä pimeällä että rajallisen näkyvyyden aikana. Alle kahdentoista metrin aluksissa valojen näkyvyysvaatimukset ovat kuitenkin pienet – kauimmaksi näkyvän valon vähimmäisetäisyys on kaksi meripeninkulmaa, kun taas suurien alusten kauimmaksi näkyvän valon vähimmäisetäisyys on tähän verrattuna kolminkertainen<sup>15</sup>. Ammattimerenkulkijan näkökulmasta kahden mailin valonäkyvyys on yleensä varsin riittävä, varsinkin jos kohde on havaittu jo kauempaa tutkalaitteiston avulla ja ympäröivä liikennetilanne sallii kohteen turvallisen ohituksen. Kuitenkin tunnistamattoman kohteen ilmestyminen näkyviin epäsuotuisassa paikassa vasta kahden meripeninkulman päässä tiheästi liikennöidyllä vesialueella, voi joissain tapauksissa olla

---

<sup>15</sup> van Dokkum, K. – The Colregs Guide

niin kutsuttu ikävä yllätys, joihin on pääsääntöisesti reagoitava asianmukaisella väistöliikkeellä turvallisen ohituksen takaamiseksi.

Tulevaisuuden päästömittausveneeseen voisi olla syytä harkita vähimmäisvaatimusta tehokkaampia kulkuvaloja, tai mahdollisesti jopa erityistä autonomista vesialusta tarkoittavaa merkkivaloa. Erilaisia alustyypeille spesifioituja merkkivaloja on jo paljon, ja uuden, selkeästi erilaisen merkkivalon valitseminen voikin siksi olla hankalaa, mutta mahdollisuutta kannattaa silti punnita asianomaisten viranomaisten toimesta.

Tutka on pakollinen navigointilaite kaikissa laivoissa, joiden bruttovetoisuus on yli 300. Tutka on radioaalloilla toimiva tekninen laite, joka havaitsee ympäristöstään kaikki kohteet, joihin tutkasignaali osuu ja joista se heijastuu takaisin vastaanottimeen. Tutkalla saadaan helposti erotettua kohteet ympäröivästä alueesta, ja laite tarjoaa myös tietoa kohteen paikasta, liikkeistä ja suuntimasta. Myös pienet kohteet erottuvat tutkanäytöllä selkeästi, kunhan häiriötekijät pysyvät maltillisina tai ne saadaan suodatettua pois. Erilaisia tutkahäiriöitä syntyy esimerkiksi sateesta, kovasta aallokosta, muista lähistöllä olevista tutkalaitteista ja isoista rakenteista, kuten esimerkiksi silloista<sup>16</sup>.

Metallit heijastavat hyvin tutkasäteitä, ja näin ollen mittausveneeseen alumiinirunko luo itsestään hyvän tutkakaiun, mutta huonoissa olosuhteissa pienen veneen erottaminen ja identifioiminen voi silti tuottaa haasteita. Vaikka KINEn nykyistä mittausvenettä on operoitu tähän asti suhteellisen hyvissä sääolosuhteissa, ei ole syytä olettaa, etteikö tämä tulisi muuttumaan tulevaisuudessa.

Veneen tutkanäkyvyyttä voi parantaa esimerkiksi tutkaheijastimella. Tutkaheijastin on tietynlainen toisiinsa 90 asteen kulmissa olevista metallilevyistä koostuva laite, jonka rakenne heijastaa tutka-aaltoja erittäin tehokkaasti<sup>16</sup>. Vaikka monen suussa tunnettu sanonta ”koolla ei ole väliä” ei päde kaikilla elämän osa-alueilla, pätee se kuitenkin tutkaheijastimiin. Isommilla tutkaheijastimilla on laajempi heijastuspinta-ala, joka luo paremman tutkanäkyvyyden verrattuna pienempiin heijastimiin. Kuitenkin kaiken kokoisilla tutkaheijastimilla on etunsa tutkanäkyvyyden kannalta, kunhan ne on asennettu riittävän korkealle siten, että tutkasignaaleilla on niihin vapaa pääsy eli esteetön heijastamismahdollisuus<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Ekblad, J.: Tutkakirja, s.8-12

<sup>16</sup> Ekblad, J.: Tutkakirja, s.12-13

Pienen veneen tutkanäkyvyyttä on mahdollista parantaa myös aktiivisella tutkaheijastimella eli niin kutsutulla kaiun vahvistimella. Tämä on yksinkertaisesti sähköinen vaihtoehto perinteiselle tutkaheijastimelle. Laite tunnistaa vastaanotetut tutkasignaalit, vahvistaa ne ja lähettää ne takaisin., jolloin saadaan aikaan paljon voimakkaampi tutkakaiku kuin itse veneestä ja sen rakenteista<sup>16</sup>. Vaikka aktiivinen tutkaheijastin on huomattavasti suurempi investointi passiiviseen tutkaheijastimeen verrattuna, voi se silti olla hintansa arvoinen sijoitus<sup>17</sup>.

Nopeasti suosiotaan kasvattaneen AIS-järjestelmään osallistuvia veneitä ja pienaluksia on Suomessa jo paljon. AIS-järjestelmä auttaa tunnistamaan lähellä liikkuvia aluksia, ja tarjoaa tarkkaa sijainti- ja liiketietoa kunkin aluksen liikkeistä. Järjestelmä yhdistää aluksen paikkatiedon muiden navigointiin käytettävien laitteiden, kuten hyrräkompassin, tietojen kanssa, ja lähettää sekä vastaanottaa dataa VHF-lähettimen välityksellä. AIS on pakollinen kansainvälisessä liikenteessä olevilla aluksilla, joiden bruttovetoisuus on yli 300, sekä kaikilla matkustaja-aluksilla<sup>18</sup>. AIS-järjestelmän hankkiminen on selkeästi hintava vaihtoehto<sup>17</sup> veneen näkyvyyden parantamiseksi, mutta sen etuihin kuuluu käyttäjäsyöttöisiä vaihtoehtoisia lisätietoja aluksesta, kuten määränpää ja aluksen tyyppi. Näillä lisätiedoilla voidaan helposti rationalisoida pienen veneen liikkeitä avomerellä ohittaville aluksille.

Liikkuvan mittausyksikön havaitsemisen ja tunnistuksen jälkeen otetaan esille kommunikaatio. Mittausveneen ollessa manuaalisesti operoitu tai ”person on board”-valvottu, on veneen ja ympäröivän liikenteen turvallisuuden kannalta edullista varustaa vene radiolaitteilla. Veneen liikkuessa Suomen aluevesillä, jotka ulottuvat noin kahdentoista meripeninkulman päähän rannikosta, ei vene ole lainsäädännössämme velvoitettu kantamaan radiolaitteistoa, sillä radiolaitteiston kantovaatimukset on määritelty kansainvälisessä ihmishengen turvallisuus merellä eli SOLAS-yleissopimuksessa. Kyseinen yleissopimus koskee vain kansainvälisessä liikenteessä olevia aluksia<sup>19</sup>. Kysyä voi kuitenkin veneen statuksesta – viranomaisveneille radiovarusteet ovat arkipäivää ja niiden käyttäjillä on asianmukainen koulutus niiden käyttöön, kun taas hupiveneilijöillä radiolaitteet ovat yhä hieman harvinaisempia.

Merenkulun piirissä yleisin ja todennäköisesti tunnetuin radiolaitte on VHF-radiolaitte, joka mahdollistaa verbaalisen kommunikaation kahden tai useamman aseman välillä.

---

<sup>16</sup> Ekblad, J.: Tutkakirja, s.14

<sup>17</sup> Marinea.fi – Erikoisliike ja verkkokauppa

<sup>18</sup> Wikipedia – Automatic identification system

<sup>17</sup> Marinea.fi – Erikoisliike ja verkkokauppa

<sup>19</sup> Finlex.fi - Solas

Riippumatta tulevaisuuden päästönmittausveneiden autonomian laadusta, on suotavaa taata mahdollisuus radiokommunikointiin muiden alusten kanssa hämmennyksen ja hätätilanteiden kehittymisen välttämiseksi. Itämeren kansainvälinen laivaliikenne kasvaa jatkuvasti, ja kansainvälisen ympäristöjärjestö WWF:n vuonna 2010 julkaiseman kehitysennusteraportin mukaan Itämeren alueen laivaliikenne kaksinkertaistuu seuraavien 20 vuoden aikana, eli vuoteen 2030 mennessä<sup>20</sup>. Tämän ennusteen mukainen kasvu tarkoittaa monia uusia aluksia, sekä merenkulkijoita myös Suomen omilla aluevesillä, joista osa todennäköisesti joutuu päästönmittauksen kohteiksi ennen pitkää. Ei voida siis olettaa uutisten päästönmittausveneestä kantautuvan jokaisen merenkulkijan korviin siten, että aluksen kuin aluksen vahtiapitävä henkilökunta osaisi automaattisesti reagoida veneeseen asianmukaisilla tavoilla ilman häivääkään ihmetystä tai epäilystä oman toimintansa oikeellisuudesta.

Toinen radiolaite mittausveneiden turvallisuuden parantamiseen on EPIRB-radiomajakka, jota käytetään ilmoittamaan vakavassa ja välittömässä hädässä olevan aluksen tai henkilön identiteetti ja sijainti etsintä- ja pelastusviranomaisille<sup>21</sup>. Käytännössä laite aktivoituu telineestään aluksen upotessa niin kutsutun float free – asennuksen myötä, joka laukeaa vedenpaineen avulla aluksen joutuessa meren pinnan alle. Laite kelluu pintaan, ja alkaa lähettää hätäsignaalia. Näin ollen, laitteesta on hyötyä lähinnä veneen upotessa, ja sen tarkan paikan määrittämisessä, mikä voi auttaa mahdollista meripelastus- ja talteenottoa. EPIRBin voi myös aktivoida manuaalisesti, jolloin se toimii tehokkaana paikanilmaisimena<sup>22</sup>.

Liikkuvan päästönmittausyksikön autonomian kehittyessä pisteeseen, jossa voidaan luopua lähivalvotusta operaatiosta, tulee kysymykseen ihmissilmällä havaittava ympäristö ja kysymyksiä siitä, mitä itsenäisesti toimiva vene pystyy tunnistamaan mahdollisesti uhkaaviksi asioiksi. Esimerkiksi vesilinnut eivät ole vaarallisia, mutta voivat oikeissa olosuhteissa näkyä tutkakaikuina kun puolestaan yksittäiset ajotukit saattavat jäädä kokonaan havaitsematta, ja osuessaan epäsuotuisaan kohtaan veneen vesilinjalta, tai sen alla, saattavat ne aiheuttaa vahinkoja. Tällä ajattelukaavalla ympäristön tarkkailu kameralaitteiston avulla, voi osoittautua hyväksi vaihtoehdoksi turvallisuuden lisäämiseksi etävalvotussa veneenkäytössä.

---

<sup>20</sup> WWF – Merenkulku Itämerellä

<sup>21</sup> eGMDSS.com - Sanasto

<sup>22</sup> Virrankoski, A – GOC course material

Säätilan valvonta tulee autonomian etenemisestä huolimatta olemaan ratkaisevan tärkeä tekijä veneen omassa turvallisuudessa. Sopiva laitteisto säähavaintojen analysoimiseksi löytyy jo osittain käytössä olevasta manuaalisesti operoitavasta mittausveneestä. Myös visuaalinen havainnointi auttaa sään arvioimisessa, eli edellä mainittu kameralaitteisto on hyödyksi myös tässä.

Koska on selvää, että liikkuva päästönmittausyksikkö tulee operoimaan Suomen aluevesillä, on veneen etäisyys rannikosta varsin kohtalainen. Suomen aluevesillä sijaitsevat avomerialueet ovat laajat, mutta varsin rajatut, samalla kun rannikot kuhisevat suojasatamiksi soveltuvia rauhallisia alueita.

Samalla kun etäisyys rannikosta pysyy maltillisena, on ehkä tarpeen miettiä mittaustilanteen etäisyyttä mittausyksikön ja mittauskohteen välillä. Nykyinen suosittu mittausetäisyys kohteen ja mittausyksikön välillä on noin puolestatoista kahteen kaapelia, mikä tarkoittaa noin 300 metrin välimatkaa. Tällainen välimatka on suhteellisesti hyvin pieni koulutetun kauppamerenkulkijan silmin. Havaitessaan liikkuvan, lähelle lähestyvän kohteen, mutta ollessaan epävarma sen tarkoituksesta, tai reittivalinnasta, saattaa aluksen komentasillalla vahtiapitävä henkilö tehdä väistöliikkeen, johon kenties autonominen tekniikka ei ole varautunut. Ennen kuin tällaiset epävarmuustekijät voidaan ratkaista ja siten poistaa mittaustilanteesta, voisi paras väliaikaisratkaisu olla mittausetäisyyden kasvattaminen.

### 5.3 Fail safe-järjestelmät

Fail-safe on yleisesti suomenkielessä käytössä oleva ilmaisu koneen rakenneratkaisuista tai sähköisistä kytkennöistä, jotka on toteutettu siten, että niissä ilmenevä vikatilanne ei johda välittömiin vaaratilanteisiin.

Tunnetuin merenkulun fail-safe-järjestelmä on kriittisimpien navigointijärjestelmien toiminnan sähkövian aikana takaava UPS-laite. Laite tuottaa keskeytymätöntä virransyöttöä lyhytaikaisesti elektronisille laitteille akkujen tai erillisen varavoimalaitteiston kautta<sup>23</sup>. Kansainvälisessä SOLAS-yleissopimuksessa määritellään vähimmäisvaatimukset merenkulun hätävirtajärjestelmille, sekä sen varassa toimivien laitteistojen yksityiskohdat.

Autonomisten alustyyppien tapauksessa on edellistenkin tutkimustöiden mukaan keskityttävä varmistamaan käytettävän tekniikan luotettavuus, materiaalien laatu sekä

---

<sup>23</sup> UPS - Wikipedia

testattava järjestelmiä kaikissa mahdollisesti ilmenevissä vikatilanteissa saadakseen tietoa siitä, miten erilaiset viat sekä mahdolliset puutteet vaikuttavat autonomisten alusten operointiin<sup>24</sup>.

## **Tutkimus**

### **6.1 Tutkimusmenetelmät**

Tässä opinnäytetyössä esitetyt tiedot ja päätelmät pohjautuvat ajankohtaisiin artikkeleihin, relevantteihin julkaisuihin, sekä alan asiantuntijoiden näkemyksiin, joita on saatu esille suorilla haastattelukysymyksillä.

### **6.2 Aikaisempi tutkimus**

Aiempaa tutkimusta autonomisista aluksista, niiden turvallisuudesta ja niihin kohdistuvasta lainsäädännöstä on yhä rajallisesti tarjolla. Aihe on suhteellisen uusi, ja suurin osa saatavilla olevasta tiedosta, ovat esitteinä tai artikkeleina julkaistuja projektiselostuksia. Aiemmin julkaistu tutkimusmateriaali kohdistuu tarkennettuna autonomisiin kauppamerenkulun aluksiin, eli tätä työtä suurempiin yksiköihin. Siitä huolimatta ei ole syytä olettaa, etteivätkö niissä löydetty tutkimustulokset ja päätelmät voisi päteä myös pienempiin, viranomaiskäytössä oleviin autonomisiin vesikulkuneuvoihin.

Aiemmin mainittuun AAWA-projektiin osallistuneiden tahojen julkaisemaa materiaalia on tarjolla Internetissä. Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulun meritekniikan laitoksen julkaisu ”Safety of unmanned ships: safe shipping with autonomous and remote controlled ships” (Jalonen, Tuominen, Wahlström 2017) on laaja tutkimusraportti autonomisten laivojen turvallisuudesta. Raportin loppupäätelmissä mainitaan tarpeesta saada tulevaisuuden autonomiset alukset vähintään yhtä turvallisiksi, kuin perinteiset, samankaltaisissa tehtävissä olevat alukset<sup>23</sup>. Tutkimusraportissa on nostettu esille ympäristölähtöisiä riskejä, tietotekniikkaan ja cyber-turvallisuuteen liittyviä riskejä, kaukovalvonnan ihmislähtöisyyteen liittyviä riskejä, sekä rahti- ja hätätilannehallintaan

---

<sup>24</sup> ”Safety of unmanned ships: safe shipping with autonomous and remote controlled ships” (Jalonen, Tuominen, Wahlström 2017)

<sup>23</sup> ”Safety of unmanned ships: safe shipping with autonomous and remote controlled ships” (Jalonen, Tuominen, Wahlström 2017)



liittyviä riskejä. Näihin esitetään erinäisiä klinisiä ratkaisuehdotuksia, kuten esimerkiksi rahdinhallinnan riskeihin vastuun siirtämistä alukselta satamalle ja sen työntekijöille<sup>25</sup>.

Miehittämättömien alusten teknisiin riskeihin sekä lainopillisiin ongelmiin pureutuva opinnäytetyö löytyy Theseus-verkkopalvelusta. Vuonna 2018 kirjoitettu työ näkee autonomisten alusten suurimpina teknisinä ongelmina langattomat yhteydet sekä cyber-turvallisuuden ja lainopillisesti puolestaan kansainvälisen lainsäädännön puuttumisen ja suuren tarpeen ennemmin muokata olemassa olevaa, kuin kirjoittaa kokonaan uutta<sup>25</sup>.

Toinen aiheeseen liittyvä opinnäytetyö käsittelee miehittämättömien alusten ja kansainvälistä yleissopimusta säännöistä yhteentörmäämisen ehkäisemiseksi merellä (COLREGS). Koska autonomisia aluksia ei mainita, eikä niitä ole määritelty voimassaolevassa lainsäädännössä, pohjautuu työn analyysi olettamukseen että, miehittämätöntä alusta kohdeltaisiin näiden sääntöjen puitteissa kuin mitä tahansa muuta kulussa olevaa konealusta<sup>26</sup>.

### 6.3 Tutkimustulokset

Tähän työhön liittyvä tutkimus ja sen tulokset indikoivat kaikinpuolin autonomisiin aluksiin liittyvien julkaisujen ja lainsäädännön olevan täysin alkutekijöissään. Aiheesta on julkaistu todella rajallisesti materiaalia, eivätkä yhteydenotot liikenteen turvallisuusvirasto Trafiin tuottaneet tuloksia. IMO:n alustavat ponnistelut lainsäädännön laatimiseksi ovat hyvin summittaisia, jonka johdosta on mahdotonta pitää koottuja tietoja minään muuna kuin viitearvoina tulevasta.

Konkreettisiin turvallisuusasioihin esitetyt pohdinnat pohjautuvat jo olemassaoleviin tekniikan sovelluksiin, ja autonomisen alusten lainsäädännön ollessa yhä puutteellinen, ovatkin autonomisten pienalusten varustelun vaatimukset täysin auki. Lainsäädännön kehittyessä, on siis säilytettävä valmius ryhtyä muokkaamaan varustelua ja jatkamaan kehitystyötä autonomisten alusten parissa.

---

<sup>25</sup> Challenges of unmanned vessels (Aro, Heiskari 2018)

<sup>26</sup> Interaction between unmanned vessels and COLREGS (Öhland, Stenman 2017)

## 6.4 Päätelmät

Tämän työn puitteissa tehdystä tutkimuksesta voidaan yleisesti päätellä autonomisten alusten turvallisuus- ja lupa-asioiden tarvitsevan yhä paljon ponnisteluja sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla saavuttaakseen johdonmukaisen ja käyttökelpoisen laki- ja asetuskokonaisuuden. Ennen kuin on määritelty tarkat vaatimukset autonomisille aluksille, ei voida sortua villin lännen lakeihin – vaikka sääntöjä ei sinällään ole, pitäisi hyvän merimiestavan sekä riittävän maalaisjärjen ulottua myös autonomisen vesiliikenteen sovelluksiin.

Tarkennetusti, voidaan juuri Kine Robot Solutions Oy:n päästömittausveneen turvallisuuden parantamiseksi jättää työssä esitetyt veneen varustelumahdollisuudet, jotka ovat yksinkertaisen käytännöllisiä asioita ja jo olemassa olevaa tekniikkaa.

Tekijä itse suhtautuu autonomisiin aluksiin aavistuksen skeptisesti, ja miettiikin tulevaisuuden toimivuutta miehitettyjen ja miehittämättömien alusten välillä. Inhimillinen virhe on tunnettu käsite merenkulun piirissä, eikä niitä todennäköisesti voida ikinä eliminoida kokonaan. Voidaanko siis miehittämättömät alukset mahdollisesti saada ymmärtämään ihmisen tekemiä virheitä lähiympäristössä?

## **Lähdeluettelo**

**1.** Northwestern University – What is autonomy technology?

<http://www.qrg.northwestern.edu/projects/vss/docs/mission/1-what-is-autonomy-tech.html>

Haettu 07.11.2018

**2.** Trafi – Merenkulun automaatiokokeilut

[https://www.trafi.fi/liikennejarjestelma/automaatiokokeilut/merenkulun\\_automaatiokokeilut](https://www.trafi.fi/liikennejarjestelma/automaatiokokeilut/merenkulun_automaatiokokeilut)

Haettu 07.11.2018

**3.** Rolls Royce – Autonomous ships

<https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>

Haettu 07.11.2018

**4.** Helsingin seudun ympäristöpalvelut – Luontovaikutukset

<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/tietoilmasta/Sivut/Luontovaikutukset.aspx>

Haettu 05.11.2018

**5.** Teknologiateollisuus – Laivojen pakokaasupäästöjen vähentäminen

[http://new.teknologiateollisuus.fi/file/8487/Lahtinen\\_jari\\_1805010.pdf.html](http://new.teknologiateollisuus.fi/file/8487/Lahtinen_jari_1805010.pdf.html)

Haettu 05.11.2018

**6.** Ilmasto.org – Kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos

<http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos>

Haettu 05.11.2018

**7.** IMO.org – Particularly sensitive sea areas

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PSSAs/Pages/Default.aspx>

Haettu 05.11.2018

**8.** Öljy- & biopolttoaineala – Rikkidirektiivi ja laivapolttoaineet

<http://www.oil.fi/fi/ymparisto/rikkidirektiivi-ja-lai vapolttoaineet>

Haettu 05.11.2018

**9.** IMO.org – Member states

<http://www.imo.org/en/About/Membership/Pages/MemberStates.aspx>

Haettu 05.11.2018

**10.** Trafi – Alusten rikkipäästöjen kaukovalvonta alkoi

[https://www.trafi.fi/trafi/ajankohtaista/4200/alusten\\_rikkipaastojen\\_kaukovalvonta\\_alkoi](https://www.trafi.fi/trafi/ajankohtaista/4200/alusten_rikkipaastojen_kaukovalvonta_alkoi)

Haettu 07.11.2018

**11.** DNA – Kinen etävalvonta mittaa laivojen rikkipäästöt

<https://www.dna.fi/yrityksille/blogi/-/blogs/kinen-etavalvonta-mittaa-lai vojen-rikkipaastot>

Haettu 07.11.2018

**12.** Haastattelu – Urponen, Tero – Kine Robot Solutions Oy

Keskiviikkona 31.10.2018 Turussa

**13.** J. Matusiak – Laivan kelluvuus ja vakavuus

1995, sivu 32

**14.** Trafi – Suunnitteluluokat

<https://www.trafi.fi/veneily/veneilyturvallisuus/huvivenedirektiivi/suunnitteluluokat>

Haettu 05.11.2018

**15.** The Colregs Guide – A fully illustrated textbook

van Dokkum, K. : The Colregs Guide  
Neljäs painos, 2012, ISBN 978-90-71500-21-3

**16.** Tutkakirja

Ekblad, J: Tutkakirja  
Ensimmäinen painos, 2008, ISBN 978-952-468-163-6

**17.** Marinea.fi - Erikoisliike ja verkkokauppa

<https://www.marinea.fi/tutkaheijastin>

Haettu 07.11.2018

**18.** Wikipedia – AIS-järjestelmä

<https://fi.wikipedia.org/wiki/AIS-j%C3%A4rjestelm%C3%A4>

Haettu 07.11.2018

**19.** Finlex.fi – Solas

[http://finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1981/19810011/19810011\\_2](http://finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1981/19810011/19810011_2)

Haettu 08.11.2018

**20.** WWF – Merenkulku Itämerellä

<https://wwf.fi/alueet/itameri/merenkulku/>

Haettu 08.02.2018

**21.** eGMDSS – Sanasto

<https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/glossary/showentry.php?courseid=34&concept=EPIRB>

Haettu 08.11.2018

**22.** Virrankoski, A. : GOC- course material

Printed copy, 2014

**23.** UPS – Wikipedia

<https://fi.wikipedia.org/wiki/UPS>

Haettu 28.11.2018

**24.** ”Safety of unmanned ships: safe shipping with autonomous and remote controlled ships” (Jalonen, Tuominen, Wahlström 2017)

<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/28061/isbn9789526074801.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[Haettu 11.11.2018](#)

**25.** Challenges of unmanned vessels (Aro, Heiskari 2018)

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140907/Aro Tommi Heiskari Lauri.pdf;jsessionid=CBF69BA1401EEFAB4A8B291500B4B395?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140907/Aro_Tommi_Heiskari_Lauri.pdf;jsessionid=CBF69BA1401EEFAB4A8B291500B4B395?sequence=1)

Haettu 11.11.2018

**26.** Interaction between unmanned vessels and COLREGS (Öhland, Stenman 2017)

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125252/Ohland Sebastian-Stenman Axel.pdf;jsessionid=AB19F376243DECC48444EE0A2571588E?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125252/Ohland_Sebastian-Stenman_Axel.pdf;jsessionid=AB19F376243DECC48444EE0A2571588E?sequence=1)

Haettu 11.11.2018

**27.** Nykymerenkulun sanakirja

*Söderholm, P. & Vähäkyrö, I : Nykymerenkulun sanakirja  
Ensimmäinen painos, 1998, ISBN 951-9440-73-9*

**28.** Oriveden yhteiskoulu – Luonnon happamoituminen

<https://peda.net/orivesi/perusopetus/yhteiskoulu/oppiaineet/kemia/anne-valjakka/8aksjh/lh/nimet%C3%B6n-6c88/lh>

*Haettu 07.11.2018*

## **8. Liitteet**

### **8.1 Sanalista**

#### **AIS**

”Automatic Identification System”. Alusten tunnistamiseen ja sijainnin määrittämiseen käytetty järjestelmä<sup>18</sup>

#### **Aluevesi**

Merialue, joka kuuluu valtion alueisiin.<sup>27</sup>

#### **Bofori**

Tuulen mittayksikkö.<sup>27</sup>

#### **EPIRB**

(engl. Emergency Position Indicating Radio Beacon)

#### **Happamoituminen**

Luonnon neutralointikyvyn heikkeneminen hapanta laskeumaa kohtaan<sup>27</sup>.

#### **IMO**

”International Maritime Organization”. YK:n alainen merenkulun kysymyksiä käsittelevä elin.<sup>27</sup>

#### **Kaapeli**

Meripeninkulman kymmenys, 185 metriä.<sup>27</sup>

#### **Kulkuvalot**

Aluksille määrätty, pimeään aikaan kulussa käytettävät valot.<sup>27</sup>

#### **Laivaväylä**

Vesiliikennereitti<sup>27</sup>

**Merimaili**

Kaariminuutin pituus maapallon pinnalla, 1852 metriä<sup>27</sup>

**Merkitsevä aallonkorkeus**

Mitataan kolmannes kaikista merialueen aallonkorkeuksista ja lasketaan niiden keskiarvo<sup>27</sup>

**PSSA**

”Particularly sensitive sea area”. IMO:n määrittelemä erityisen herkkä merialue.<sup>271</sup>

**Rikkidirektiivi**

Asetus meriliikenteessä käytettävien polttoaineiden rikkipitoisuuden arvoista.<sup>1</sup>

**Rikkipesuri**

Pakokaasulauhdutin, jolla vähennetään ilmakehään pääsevän pakokaasuseoksen rikkipitoisuutta

**SECA**

”Sulphur emission control area”. Kansainvälisen merenkulkujärjestön määrittelemä alue, jolla valvotaan laivoista johtuvia rikkipäästöjä<sup>1</sup>

**Tutka**

Navigointilaitte, joka mittaa ympäristöä signaaliaalloilla, sekä niiden paluuheijastuksilla.<sup>27</sup>

**Tutkavahvistin**

Laite, joka heijastaa tutkalaitteen lähettämiä aaltoja tehokkaasti takaisin.<sup>27</sup>

---

<sup>1</sup> IMO – Particularly sensitive sea areas

<sup>27</sup> Söderholm & Vähäkyrö: Nykymerenkulun sanakirja