



LIIKKEELLÄ

Toimintaa ja tuloksia Logistiikan ja merenkulun
tutkimus- ja kehitystoiminnasta

Justiina Halonen & Pauli Potinkara (toim.)



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Justiina Halonen & Pauli Potinkara (toim.)

LIIKKEELLÄ

**Toimintaa ja tuloksia Logistiikan
ja merenkulun
tutkimus- ja kehitystoiminnasta**

XAMK KEHITTÄÄ 60

**KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
KOTKA 2018**

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Justiina Halonen

Taitto- ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-125-5 (nid.)

ISBN: 978-952-344-126-2 (PDF)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN 2489-3102 (verkkójulkaisu)

julkaisut@xamk.fi

LUKIJALLE

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun tehtävänä opetuksen rinnalla on monipuolinen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta (TKI). TKI-toiminnan ytimenä on soveltava, työelämää ja julkista sektoria tukeva tutkimus. Tavoitteenamme on alueen osaamisen ja yritystoiminnan kilpailukyvyyn vahvistaminen. Toimintamme keskiössä on aluekehittäminen Kymenlaakson ja Etelä-Savon alueilla, vaikka kansainvälisissä hankkeissa maantieteellinen fokus on toki suurempi.

Tämä julkaisu on logistiikan ja merenkulun vahvuusalan toinen tutkimusjulkaisu, joka kokoaa yhteen vahvuusalan TKI-toiminnasta kertovia artikkeleita. Osa artikkeleista kertoo hanketoiminnasta, osa muusta vahvuusalan tutkimuksesta. Artikkelit jakautuvat vahvuusalan tutkimuskärkien mukaan merenkulkuun, logistiikkaan ja rautatielogistiikkaan. Artikkelikokoelmassa esitellään TKI-toiminnan tuloksia vuosilta 2017 ja 2018.

Kokoelman kirjoittajat ovat logistiikan ja merenkulun asiantuntijoita, jotka pääosin työskentelevät tutkimusryhmän hankkeissa. Kirjoittajina on myös yritys- ja viranomaisedustajia, jotka ovat vahvuusalan tärkeitä sidosryhmiä. Lisäksi halusimme nostaa esiin TKI-toimintaan osallistuneita opiskelijoitamme. Kiitän kaikkia mukana olleita, rahoittajia, opinnäytteiden ja projektitöiden tekijöitä sekä muita yhteistyökumppaneitamme TKI-toiminnan mahdollistamisesta.

Ville Henttu, tutkimusjohtaja

Kotkassa 31.10.2018

KIRJOITTAJAT

ARTO AHLBERG, projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

ELIAS ALTARRIBA, TkL, TKI-asiantuntija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

OLLI-PEKKA BRUNILA, tutkuspäällikkö, logistiikka

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JUSTIINA HALONEN, tutkuspäällikkö, merenkulku

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

VILLE HENTTU, tutkimusjohtaja

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JUKKA HIETAPAKKA, logistiikan opiskelija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JONNE HOLMÉN, projektiasiantuntija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

TUOMO KETTULA, projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

PETRI KÄHÄRÄ, projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

ANTTI LANKI, merenkulun lehtori

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

MAX LÖNNQVIST, sotilasvirkamies

Merivoimat

JANI NEVALAINEN, palomestari

Pohjois-Karjalan pelastuslaitos, Hammaslahden asema

TOMI ORAVASAARI, projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

MARKO PIISPA, laboratorioteknikko

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia, Kymilabs laboratorion palvelut

TIINA POIKOLAINEN, tutkimuspäällikkö, rautatielogistiikka

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JUUSO PUNNONEN, palomestari

Etelä-Karjalan pelastuslaitos, Lappeenrannan paloasema

SIMO PÄIVINEN, kehittämisspäällikkö

Kouvola Innovation Oy

JUSSI SOPANEN, merikapteeniopiskelija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

HANS TANNER, merenkulun insinööriopiskelija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JEREMIAS TAPONEN, logistiikan opiskelija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

JORMA TIMONEN, ylitarkastaja, FM

Liikennevirasto, Liikenteen ohjaus ja hallinta, meriosasto

SISÄLTÖ

LUKIJALLE.....	3
KIRJOITTAJAT.....	4
POHJAPESUN VAIKUTUS ALUKSEN KULKUUN JA POLTTOAINETALOUDELLISUUTEEN	9
Max Lönnqvist, sotilasvirkamies	
MITTAUKSIA JA DATA-ANALYYSIÄ ALUSKOHTAISTEN KULKUVASTUSTEN SELVITTÄMISEKSI - COMPLETE-HANKKEEN TAVOITTEENA ON EHKÄISTÄ VIERASLAJIEN LEVIÄMISTÄ JA PARANTAA LAIVOJEN POLTTOAINETALOUTTA.....	37
Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija	
MELUTASOJEN JA TÄRINÄN MITTAUS JA HALLINTA LAIVOILLA.....	47
Hans Tanner, merenkulun insinööriopiskelija	
MERILIIKENTEEEN PÄÄSTÖVÄHENNYSTAVOITTEET	61
Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö & Marko Piispa, laboratorioteknikko	
LAIVOJEN PELASTAUTUMISHARJOITUKSISSA JA PELASTUSVÄLINEIDEN HUOLLOSSA TAPAHTUNEET ONNETTOMUUDET	73
Jussi Sopenan, merikapteeniopiskelija	
LUOTSAUS VESIKULJETUSTEN TURVAAMISEKSI POIKKEUSOLOISSA.....	87
Antti Lanki, merenkulun lehtori & Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö & Jorma Timonen, FM, ylitarkastaja	
KRIITTISEN NOPEUDEN KÄSITE ÖLJYVUODON PUOMITUKSESSA.....	92
Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö	
ÖLJYNTORJUNTAA SIMULAATIOYMPÄRISTÖSSÄ	100
Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö	
HARJOITUS TEKEE MESTARIN - KOKEMUKSIA ÖLJYNTORJUNTAHARJOITUKSISTA SAIMAALTA.....	110
Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö, Juuso Punnonen, palomestari & Jani Nevalainen, palomestari	

MATKUSTAJA-ALUKSEN KARILLEAJOSTA MERIPELASTUS- JA ÖLJYNTORJUNTATEHTÄVÄ – HARJOITUS SUUR-SAIMAALLA.....	120
Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija	
VIRANOMAIS-VAPAAEHTOISRAJAPINTA ON TUNNETTAVA – KOKEMUKSIA MERIPELASTUSKURSSILTA NORJASTA	125
Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija	
30MILES-HANKE KEHITTI MONIPUOLISESTI VENEILY- JA SATAMATURVALLISUUTTA	132
Tomi Oravasaari, projektipäällikkö	
SAIRAALOIDEN PIENJÄTELOGISTIKKAA TEHOSTETAAN ROBOTISAATIOILLA.....	137
Olli-Pekka Brunila, DI, tutkimuspäällikkö & Jonne Holmén, tekn. yo, insinööri, projektipäällikkö	
PÄIVÄKOTIEN JA ALAKOULUJEN PIHA-ALUEET TURVALLISEMMIKSI	144
Jukka Hietapakka, logistiikan opiskelija, Jeremias Taponen, logistiikan opiskelija & Olli-Pekka Brunila, DI, tutkimuspäällikkö	
INTOPORT TUOTTAAN LASTINKÄSITTELYN INNOVAATIO-, TESTAUS- JA KOULUTUSYMPÄRISTÖN SATAMAAN	150
Arto Ahlberg, projektipäällikkö	
JOUSTAVAA OPISKELUA JA YRITYSYHTEISTYÖTÄ OPPIMISYMPÄRISTÖISSÄ.....	153
Tuomo Kettula, projektipäällikkö & Jonne Holmén, projektiasiantuntija	
PALVELUNA MATKA	163
Petri Kähärä, insinööri, projektipäällikkö	
RAIDELIIKENTEEN OSAAJAT, AMMATTIKORKEAKOULUTASOISTA RAUTATIELOGISTIIKAN KOULUTUSTA VERKOSSA	168
Tiina Poikolainen, DI, tutkimuspäällikkö, rautatietologistiikka	
SUOMI-KIINA-RAIDEKULJETUSKÄYTÄVÄN KEHITYS JA NYKYTILA	172
Ville Henttu, tekniikan tohtori, tutkimusjohtaja & Simo Päivinen, kehittämispäällikkö, Kouvola Innovation Oy	

POHJAPESUN VAIKUTUS ALUKSEN KULKUUN JA POLTTOAINE-TALOUDELLISUUTEEN

Max Lönnqvist, sotilasvirkamies

Tämä artikkeli on tiivistelmä opinnäytetyöstäni (Lönnqvist 2017), jonka tavoitteena oli tutkia, kuinka aluksen pohjaan kiinnittyvä aines vaikuttaa aluksen polttoaineen kulu-
tukseen ja nopeuteen. Työssä kartoitettiin, mitä eliöitä aluksen pohjaan kiinnittyy, missä
olosuhteissa kiinnittyminen on voimakkainta ja miten kiinnittynyt aines vaikuttaa aluksen
virtausvastukseen. Polttoainetaloudellisuuden heikentymisen perusteella pyrittiin määrit-
tämään, milloin aluksen pohja olisi taloudellisesti optimaalisinta puhdistaa. Opinnäytetyö
laadittiin merenkulun TKI:n toimeksiannosta BallastRisk-hankkeen esiselvitykseksi. Työ
jatkuu Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa COMPLETE-hankkeen nimellä.

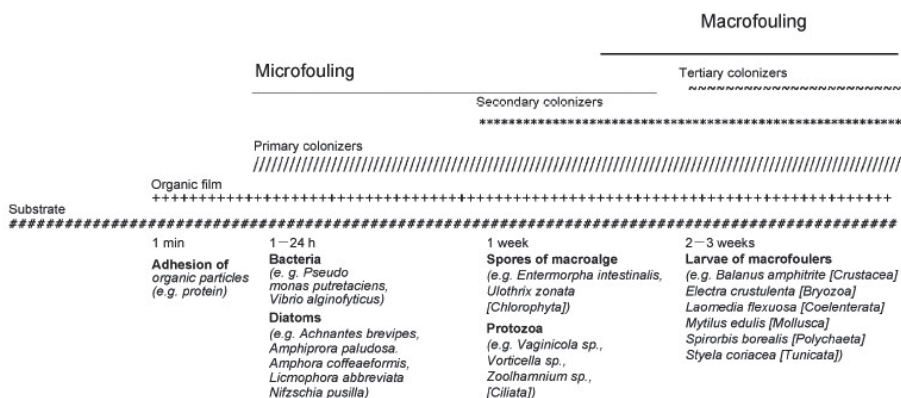
Aluksen propulsiotehon tuotto muodostaa suurimman osan aluksen vaatimasta energiasta,
ja samalla polttoaine on huomattavin säästökohde (Eniram 2012). Koska varustamon tarkoi-
tuksena on olla mahdollisimman tuottava yritys, on polttoainekustannusten vähentäminen
taloudellisesti mielekästä alusten omistajille. Myös kansainvälinen merenkulkujärjestö
IMO:n (International Maritime Organization) kiristyvät ympäristövaatimukset pakottavat
vähentämään polttoaineenkulutusta. Hypoteesina on, että aluksen pohjan likaantuminen
kasvattaa polttoainekuluja lisääntyneen virtausvastuksen kautta, jolloin aluksen vedenalais-
ten rakenteiden pitäminen mahdollisimman puhtaana on järkevää.

Opinnäytetyöni tavoitteena oli kartoittaa pohjan likaantumisen aiheuttavat kustannuk-
set. Työssä pyrittiin mallintamaan pohjan likaantuminen niin hyvin kuin mahdollista
ja tarkastelemaan matemaattisesti, miten likaantuminen vaikuttaa aluksen polttoaine-
taloudellisuuteen. Matemaattinen mallintaminen tehtiin tunnistamalla aluksen pohjaan
kiinnittyvät eliöt ja luomalla niiden ominaisuuksien perusteella parametri, joka on yh-
teensopiva laivanrakennuksessa käytettyjen laskentakaavojen kanssa. Työssä huomioidaan
myös pohjan puhdistamisesta aiheutuvat kustannukset, joiden suuruusluokka kartoitettiin
haastatteluilla. Haastatteluiden tuloksena määriteltiin puhdistamisen vaatimat henkilö-
työtunnit, telakkavuokra sekä muut mahdolliset kustannukset esimerkkialusta käyttäen.
Samaa esimerkkialusta käytetään matemaattisten mallien havainnollistamiseen. Työstä on
rajattu pois aluksen rungon korroosiovaikutukset virtausvastuksen heikkenemiseen. Laivaa
käsitellään muuttumattomana johdonmukaisten tulosten saamiseksi pohjan likaantumisen
kustannuksista. Myös propulsiolaitteiden likaantuminen rajattiin työstä pois, jotta työn
tulokset olisivat käytettävissä kaikilla aluksilla propulsiolaitteesta riippumatta.

POHJAKASVUSTON MEKANISMIT JA MALLINTAMINEN

IMO jakaa laivan pohjaan muodostuvan kasvuston mikrolikaantumiseen ja makrolikaantumiseen. Näistä kahdesta ainoastaan makrolikaantuminen on paljaalla silmällä havaittavaa. Mikrolikaantumisella tarkoitetaan bakteereiden ja piilevien muodostamaa ohutta kerrosta, jota joskus myös kutsutaan ”limakerrokseksi” (slime layer). (Resolution MEPC.207(62), 2011.)

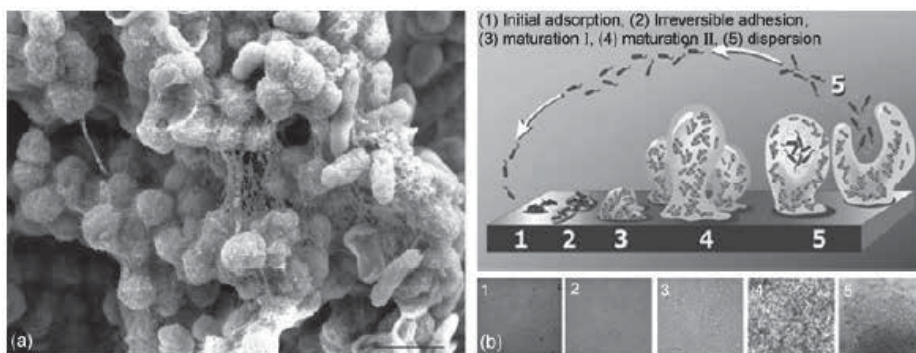
Maaailmanlaajuisesti on tunnistettu yli 4000 eläin- ja kasvilajia, jotka aiheuttavat alusten pohjien likaantumista. Suurin osa näistä lajeista elää matalissa vesissä rannikon läheisyydessä. Pohjan makrolikaantumista aiheuttavat erityisesti levät, sammaleläimet, monisukamadot, simpukat ja siimajalkaiset. (Shan ym. 2011.)



Kuva 1. Pohjakasvuston vaiheet ja niiden kertymisaika (kuva: Shan ym. 2011).

Pohjan likaantuminen alkaa välittömästi, kun laiva lasketaan veteen. Likaantuminen alkaa yksisolujen eliöiden kiinnittyessä proteiinipitoisen kasvualustan päälle. Kasvusto koostuu kolmesta kerroksesta, joista proteiinerkerros muodostaa ensimmäisen kerroksen. Toinen kerros koostuu bakteereista ja piilevistä ja kolmas makrokasvustosta. Proteiinerkerros muodostaa kasvualustan muille kerroksille. (CDA 2003.)

Kuvassa 1 on kuvattu aluksen pohjan likaantumisen kehitystä. Kasvuston kiinnittyminen alkaa orgaanisen kalvon (proteiinikalvon) kiinnittyessä pintaan. Tyypillisesti tämä tapahtuu minuuteissa aluksen laskemisesta veteen. Varsinainen mikrokasvusto kiinnittyy kahdessa vaiheessa, jotka jaetaan peruutettavissa olevaan ja peruuttamattomaan kiinnittymiseen. Kuva 2 kuvaa mikrolikaantumisen vaihteita. Makrolikaantumisen alkuvaiheet kiinnittyvät pinnalle mikrolikaantumisen houkuttelemana noin viikon kuluessa pinnan laskemisesta veteen. (Shan ym. 2011.)



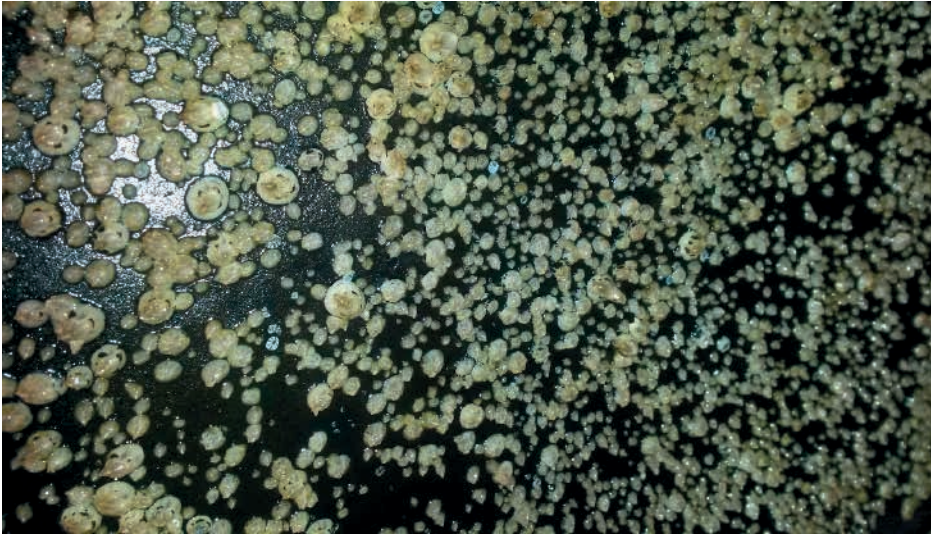
Kuva 2. Pohjakasvuston eri vaiheet ensimmäisestä kosketuksesta pintaan aina uudelleen levitykseen (kuva: Shan ym. 2011)

Pohjan mikrolikaantumisen vaiheet peruutettavissa olevaan ja peruuttamattomaan kiinnittymiseen on seurausta piilevien ominaisuudesta kulkea pinnan päällä etsimässä parasta kiinnityspaikkaa. Yleisesti ottaen peruutettavissa olevaa kiinnittymistä ohjaavat fyysiset reaktiot ja peruuttamattomaa kiinnittymistä biokemialliset reaktiot. Fyysiset reaktiot ovat mm. veden virtaus, painovoima ja staattinen varautuminen. Biokemialliset reaktiot ovat pääsääntöisesti eliöiden liikkuminen pinnalla. (Shan ym.2011.)

Kuvassa 4 näemme merirokon (*Balanus improvisus*) likaannuttaman pinnan. Pinta on vesisuihkupropulsio laitteen suulake, joka ajon aikana on vedenpinnan yläpuolella. Merirokko on alun perin laivojen mukana tullut vieraslaji, joka kuuluu siimajalkaisten sukuun. (SYKE 2012.)



Kuva 3. Pohjakasvuston esivaiheita. Huomaa punaiset pilkut, jotka ovat aluksen pohjan maalia. Pinnassa ei ole käsin tai visuaalisesti merkitsevää karheutta. (kuva: Max Lönnqvist)

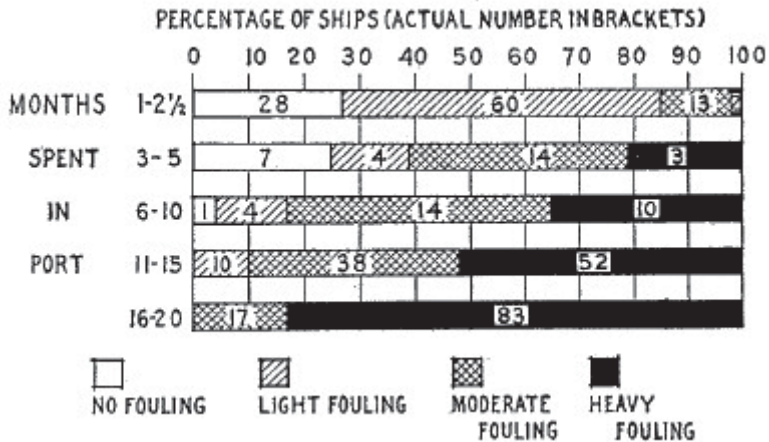


Kuva 4. Erään aluksen vesisuihkulaitteiston pinta. Kasvuston suurimmilla yksilöillä raekoko on noin 5 mm. Kuvilla 3 ja 4 on sama ottoajakohta. Aluksen viimeisestä telakoinnista on vuosi. (kuva: Max Lönnqvist)

Kasvuston syntyä edesauttavat tekijät riippuvat monista asioista, joihin aluksella ei pystytä vaikuttamaan. Suurin ryhmä koostuu toimintaympäristöön liittyvistä muuttujista kuten vuodenaika, lämpötila ja veden suolaisuus. Lisäksi ympäristöllisiin syihin voidaan lukea yksittäisten merialueiden rehevöityneisyys. Varustamo voi sen sijaan vaikuttaa huolto- ja telakointiväleihin ja esimerkiksi aluksen kulkunopeuteen. (Kovanen 2012.)

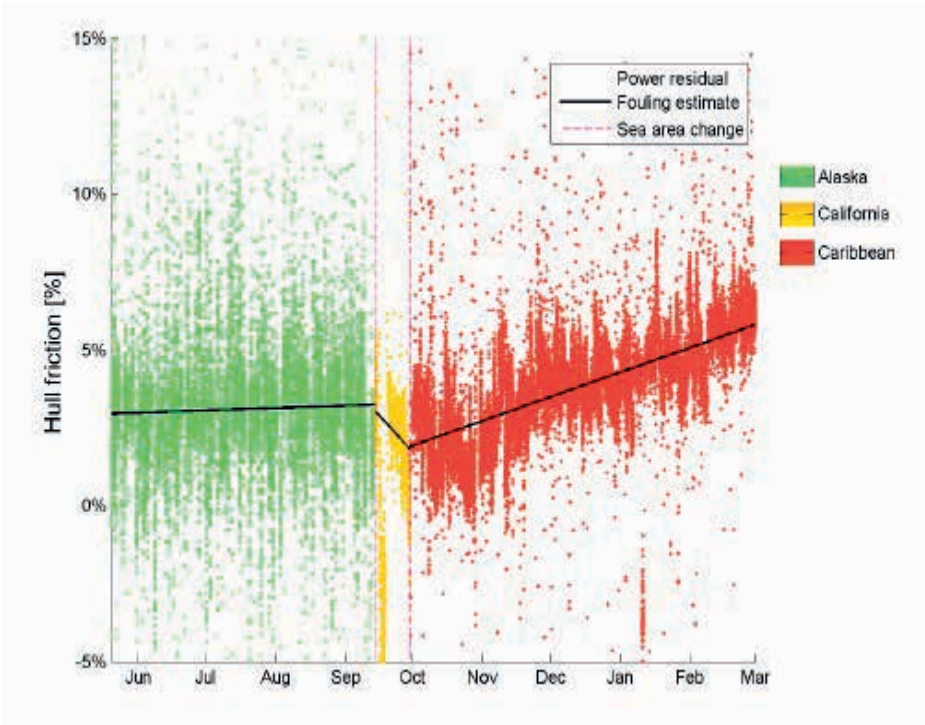
LIKENNÖINTIALUEEN VAIKUTUS POHJAKASVUSTON KERTYMISEEN

Yhdysvaltain laivaston vuonna 1952 teettämässä tutkimuksessa todettiin yhtäläisyys trooppisten merialueiden ja pohjakasvuston välillä. Tutkimuksesta ilmenee, että trooppisilla alueilla riski aluksen pohjan epäpuhtauksiin on suurempi kuin kylmemmillä vesillä. Samassa tutkimuksessa tutkittiin myös alusten likaantumista niiden ajorytmin perusteella. Tutkimuksessa havaittiin, että alukset, joiden toiminnan luonne edellyttää pidempiä ajanjaksoja satamassa, ovat herkempiä keräämään pohjaansa kasvustoa. (U.S. Naval Institute 1952.)



Kuva 5. Pohjakasvuston kertymä satama-ajan perusteella. Aluksilla, joilla satama-ajat ovat lyhem-
mät, on aluksen pohja välttynyt voimakkaalta likaantumiselta. (kuva: U.S. Naval Institute 1952)

Kovanen (2012) tarkasteli yli 60 alusta ja näiden pohjan kuntoa erilaisin laivasta mitattavien ominaisuuksien perusteella. Tulokset ovat linjassa Yhdysvaltain laivaston (1952) tutkimuk-
sen kanssa mitä tulee merialueen vaikutukseen aluksen pohjan likaantumiseen. Kovanen
tutkimuksessa aluksiin asennettiin antureita, joilla mitattiin mm. aluksen trimmiä, kulkua,
merenkäyntiä, nopeutta, moottorin kierroslukua ja vääntömomenttia sekä lämpötilaa.
Tuloksina liikennöintialueen vaikutuksesta voidaan todeta, että lämpimät merialueet ai-
heuttavat suurinta likaantumista. Kuva 6 osoittaa, miten kasvuston kehitysnopeus muuttuu
yhdeksän kuukauden aikana aluksilla, joiden pääsääntöinen kulkuala on Alaska, Kalifornia
ja Karibianmeri. Kuvan 6 musta kuvaaja on alusten likaantumisesta johtuva keskimääräi-
nen vastuksen lisäys. (Kovanen 2012.) Kuvasta 6 nähdään, kuinka Alaskan merialueella
liikkuvan aluksen pohjakasvuston kehitys on hidasta suhteessa Karibianmeren vastaavaan
likaantumisnopeuteen. Huomionarvoista on, että aluksen siirtyessä merialueelta toiselle,
tässä tapauksessa Alaskan merialueelta Kaliforniaan, vähenee kasvuston määrä. Kovanen
(2012) mukaan yksi mahdollinen selitys tälle on, että aluksen ollessa tietyllä merialueella
pohjakasvusto vastaa sen alueen ekosysteemiä ja se on tottunut omanlaisiin elinolosuhteisiin.
Elinympäristön nopea muutos tappaa sopeutumiskyvyttömät eläimet.



Kuva 6. Kovasen (2012) tulokset liikennöintialueen vaikutuksista pohjakasvuston kehitysnopeuteen.

Kuvasta 7 voimme päätellä, että Karibianmeri aiheuttaa laivoille suurinta kulkuvastuksen kertymää ja toisena tulee Välimeri. Viileämmillä merialueilla kasvuston kehitysnopeus on heikompaa. Aluksen kulkuvastuksen lisääntymisnopeudeksi osoitetaan 0,9–1,5 prosenttia kolmessa kuukaudessa merialueesta riippuen. (Kovanen 2012.) Keskimääräinen kulkuvastuksen lisääntymisnopeus on täten:

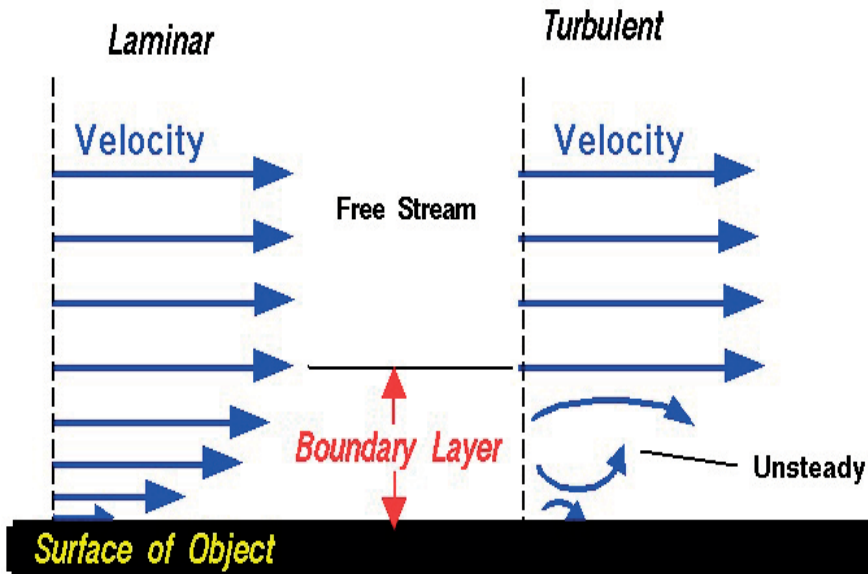
$$\frac{0,9 + 1,1 + 1,5 + 1,2}{4} = 1,175 \% / 90 \text{ päivää}$$

Area	Average	Standard deviation	Time in area (days)	Samples	% increase in fouling in 90 days
Alaska	2.00	1.35	3 371	25	0.9
California	2.47	1.56	1 405	14	1.1
Caribbean	3.35	3.55	9 228	74	1.5
Mediterranean	2.59	3.87	2 938	22	1.2

Kuva 7. Kulkuvastuksen kehitysnopeus eri merialueilla (Kovanen 2012).

POHJAKASVUSTON MATEMAATTINEN MALLINTAMINEN

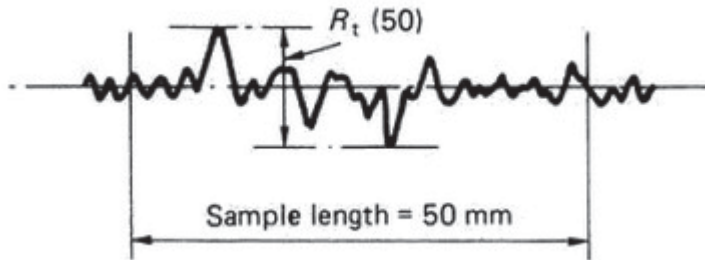
Kasvuston aiheuttaman pinnankarheuden muutoksen arvioiminen analyttisin menetelmin on huomattavan vaikeaa pinnan epähomogeenisuudesta johtuen, eikä sen vaikutusta turbulentiin virtaukseen vielä täysin ymmärretä. Kulkuvastuksen määrittämiseen on olemassa puoliempiirisiä menetelmiä, jotka perustuvat pienoismalli- ja täyden mittakaavan aluskokeisiin ja niistä saatuihin mittaustietoihin. Toinen lähestymistapa on tutkia nesteen rajakerroksien (boundary-layer) välisiä leikkausjännityksiä (shear stress). Rajakerrosmenetelmä on Ludwig Prandtin vuonna 1903 löytämä ilmiö, jonka peruseriaatteena on, että neste ”tarttuu” kiinni aluksen rungon (tai minkä tahansa kappaleen) pintaan kiinni ja virtausvastus muodostuu rajakerroksien välisten kerroksien välisistä leikkausjännityksistä. Toisin sanoen, aluksen ja veden välinen virtausnopeus rungon välittömässä läheisyydessä on 0, ja virtaus kasvaa etäisyyden kasvaessa rungosta. Termi ”boundary-layer” viittaa ainekerrokseen, jossa pinnan liike häiritsee nesteen liikettä. (Candries 2003.)



Kuva 8. Havainnekuva ainekerroksien käyttäytymisestä laminaarisessa ja turbulentiin virtauksessa. Aineen virtausnopeus kappaleen pinnassa on 0. (kuva: NASA 2016)

Tekemäni laskelmat edustavat edellä mainittuja ”puoliempiirisiä” menetelmiä. Näillä saavutetaan likimääräinen tulos laskettaessa aluksen hydrodynaamisia ominaisuuksia. Aluksen rungon karheuden matemaattisissa mallintamisissa käytetään yleisesti RT_{50} -menetelmää. Menetelmässä pinnan topologia luetaan analysointorilla. RT_{50} -lukema on korkeus näytteen korkeimman huipun ja alhaisimman laakson välillä, alaindeksi 50 on näytteen pituus millimetreinä. (Molland 2008.) RT_{50} -lukemista muodostetaan arvo MHR (mean hull

roughness), joka kuvastaa rungon paikallista karheutta. RT_{50} -mittauksia tehdään alueellisesti aluksen rungolla, esimerkiksi 10 mittausta aluetta kohden. Saaduista tuloksista lasketaan keskiarvo, joka muodostaa MHR-lukeman. Kaikista MHR-lukemista lasketaan keskiarvo, joka muodostaa AHR-lukeman (average hull roughness). AHR-lukemaa käytetään kuvaamaan aluksen rungon karheutta. Täten voidaan todeta, että AHR-lukema on kaikkien RT_{50} -mittausten keskiarvo. (Oksman 2012.)



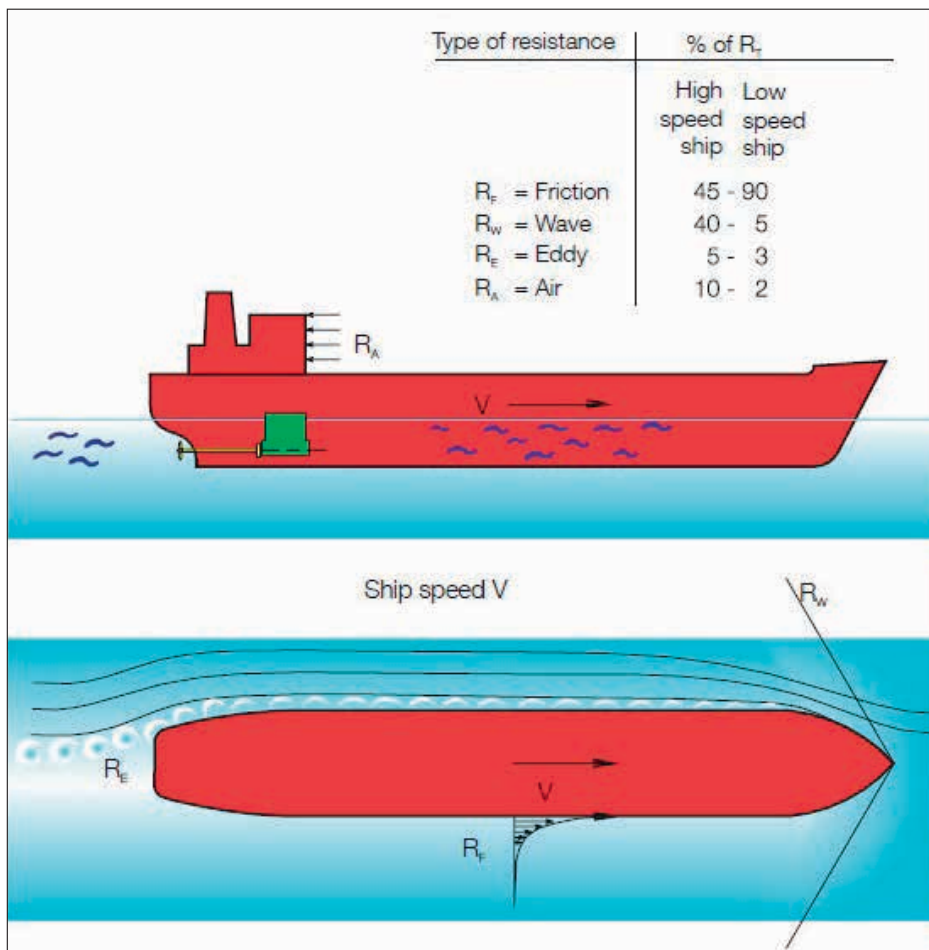
Kuva 9. RT_{50} -mittausmenetelmän havainnollistuskuva (kuva: Molland 2011).

Aluksen pohjan likaantuminen lisää pinnan karheutta huomattavasti. ITTC (International Towing Tank Conference) pitää ohjearvona uuden aluksen pinnankarheudelle 150 mikrometriä, mutta Mollandin mukaan pinnankarheus lisääntyy vuosittain 10–30 mikrometriä itsekiilloittavilla maaleilla. Sama lukema perinteisille maaleille on 40–60 mikrometriä. Tämä pinnankarheuden mittaustapa on ITTC:n pinnankarheuskertoimen kanssa yhteensopiva. (Molland 2008.) ITTC on kansainvälinen hydrodynamiikan tutkijoiden muodostama yhdistys, jonka tavoitteena on tarjota tietoa ja laskentamalleja alussuunnitteluun. (ITTC 2017.)

POHJAKASVUSTON AIHEUTTAMA KITKA

Aluksen kitka muodostuu kolmesta osatekijästä: kitkavastuksesta, aaltovastuksesta sekä ilmanvastuksesta. Aluksen kitkavastus aiheutuu aluksen ja veden välisestä kitkasta. Aaltovastus muodostuu aluksen keula- (wave) ja peräaallon (eddy) muodostamiseen vaaditun energian voittamisesta. Ilmanvastus on aluksen ilmassa olevan pinta-alan ja ilman muodostama kitka. Näistä kolmesta aluksen pohjan kasvustolla on vaikutusta kitkavastukseen. (MAN 2011.)

Hitaille aluksille voi kitkan muodostama vastus kokonaisvastuksesta olla 70–90 prosenttia, nopeilla aluksilla kitkavastuksen osuus voi olla niinkin alhainen kuin 40 prosenttia kokonaisvastuksesta. Tämä johtuu aaltovastuksen suuresta vaikutuksesta aluksen nopeuteen. Matalissa nopeuksissa aaltovastus on riippuvainen nopeuden neliöstä, mutta tämä kasvaa dramaattisesti nopeuden kasvaessa. (MAN 2011.)



Kuva 10. Aluksen kokonaisvirtausvastuksen koostumus nopeilla ja hitailla aluksilla prosentteina kokonaisvastuksesta. (kuva: MAN 2011.)

Aluksen rungon likaantuminen kasvattaa vastuskerrointa (C). Kansainväliset tutkimukset esittelevät matemaattisia keinoja, joilla rungon vastuskerrointa voi arvioida. On kuitenkin huomioitava, että aluksen rakennusvaiheessa tehtävien pienoismallikokeiden avulla saavutetaan tarkimmat tulokset aluksen kulkuvastuksen määrittämiseksi. (MAN 2011.)

ITTC:n laskentakaavat ovat muodostuneet olennaiseksi osaksi aluksen vastuksen ja tehontarpeen määrittämistä (ITTC 2017). Yleisesti aluksen suunnittelussa käytetty laskentastandardi on ITTC 1978. Tämä laskentakeino hyödyntää vanhempaa ITTC 1957 standardin kitkavastusosuutta, mutta hyödyntää pinnankarheuden osalta myöhemmin laadittua menetelmää (Bertram 2000).

Aluksen kokonaisvirtausvastuksen määrittäminen on prosessi, jossa kaikki vastuksen osat alueet määritellään tarkasti. Työssäni olen kiinnostunut ainoastaan siitä, miten kasvusto vaikuttaa kitkavastukseen. Koska aalto- ja ilmanvastuksen laskeminen ei ole kasvuston aiheuttaman virtausvastuksen lisääntymiselle olennaista, oletan aalto- ja ilmanvastuksen olevan 50 prosenttia kokonaisvirtausvastuksesta. Täten kitkavastuskerroin muodostaa 50 prosenttia kokonaisvastuksesta.

Laskuissa käytän esimerkkiläivää, jotta tulosten tarkastelu on havainnollisempaa. Aluksena käytän 155,7 metristä, yksipotkurista kuivarahtialusta, jonka uppouma on noin 20 000 tonnia ja keskisyväys 9,4 metriä. Kuten MAN:n (2011) materiaalista aiemmin totesin, kasvattaa aluksen pohjan likaantuminen aluksen kitkavastuskerrointa. Kitkavastuksen lisäksi alukseen vaikuttavat aalto- ja ilmanvastuskertoimet. Näihin vastuskertoimiin pohjan likaantuminen ei vaikuta, joten tehtävät laskelmat painottuvat kitkavastuksen määrittämiseen. Muut vastuskertoimet arvioidaan mahdollisimman tarkasti ja niitä käsitellään muuttumattomina aluksen koko elinkaaren ajan.

Olellaisena muuttujana aluksen virtausvastuksen määrittämisessä on aluksen vedenalainen pinta-ala. Tämä muodostaa käytännön ongelman kyseisen tiedon puuttumisen vuoksi. Yleisesti ottaen eri alusten tietoja on melko hyvin saatavissa, mutta aluksen vedenalainen pinta-ala ei näihin tietoihin kuulu. Laivan vedenalaisen pinta-alan arvioimiseen on kuitenkin kaavoja, joilla saavutetaan melko tarkka tulos. Kristensen ja Lütsen Tanskan teknisestä yliopistosta tutkimuksessaan ”Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships” (2013) esittävät, että Mumfordin kaavalla saavutetaan +/- 7 prosentin virhetarkkuus pinta-alan määrittämisessä.

$$A = 1.025 * \left(\frac{\Delta}{d} + 1,7 * L_{pp} * d \right)$$

kun: A= Laivan vedenalainen pinta-ala [m²]
 Δ= Laivan uppouma [tonnia]
 d= Syväys [m]
 L_{pp} = Laivan vesiviivan pituus [m]

Kyseisellä kaavalla ja tiedossa olevilla esimerkkiläivän tiedoilla voimme määrittää aluksemme vedenalaisen pinta-alan seuraavasti:

$$A = 1,025 * \left(\frac{20000 \text{ ton}}{9,4 \text{ m}} + 1,7 * 155,7 \text{ m} * 9,4 \text{ m} \right) = 4731,14 \text{ m}^2$$

LASKELMAT

Jotta alus saavuttaisi nopeuden V , on aluksen voitettava vastus R , vastusarvo R taas riippuu referenssivoimasta ja vastuskertoimesta seuraavasti:

$$R = C * K$$

$$K = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * A$$

kun:	R=	Rungon kokonaisvastus [N]
	C=	Vastuserroin [-]
	K=	Referenssivoima [$\text{kgm/s}^2 = \text{N}$]
	ρ =	Veden tiheys [kg/m^3]
	A=	Aluksen rungon vedenalainen pinta-ala [m^2]

Aluksen liikuttamiseen vaadittu teho määritellään aluksen nopeuden ja rungon vastuksen avulla:

$$P = V * R$$

Tätä tehoa ei pidä sekoittaa aluksen kokonaistehon tarpeeksi, sillä kyseisillä kaavoilla saadaan selville ainoastaan rungon aiheuttaman vastuksen voittamiseen vaadittu teho. Kirjallisuudessa tästä käytetään yleisesti termiä ”hinausvoima”. Kaavat eivät ota kantaa aluksen propulsiojärjestelmän hyötysuhteeseen ja täten moottorin tehoon. (MAN 2011.)

Aluksen virtausvastuksen määrittämiseksi tulee selvittää kokonaisvastuserroin, C . Kuten aikaisemmin todettiin, koostuu kokonaisvirtausvastus ilman-, aalto- ja kitkavastuksesta. Aluksen kitkavastuserroin (C_{kitka}) saadaan ITTC 1957 standardin kaavasta:

$$C_{\text{kitka}} = \frac{0,075}{(\log_{10}(R_e) - 2)^2}$$

Kyseisessä kaavassa on ainoana muuttujan R_e , joka on aluksen Reynoldsin luku. Reynoldsin luku on yksikötön luku, joka ilmaisee virtauksen laatua. Aluksen Reynoldsin luku voidaan laskea kaavalla:

$$R_e = \frac{L_{pp} * \rho * V}{\nu}$$

kun:	L_{pp} :	Aluksen vesiviivan pituus [m]
	ρ :	Veden Tiheys [kg/m^3]
	V:	Aluksen nopeus [m/s]
	ν :	Veden dynaaminen viskositeetti [Pa/s]

Kun esimerkialuksemme nopeus on 20 solmua (1 solmu = 1,852 km/h) on aluksen Reynoldsin luku siis:

$$R_e = \frac{155,7 \text{ m} * 1025 \text{ kg/m}^3 * 10,29 \text{ m/s}}{0,001001 \text{ Pa/s}} = 1640389111$$

Määritettyämme aluksen Reynoldsin luvun, voimme määrittää aluksen kitkavastuskertoimen ITTC 1957 standardin kaavalla seuraavasti:

$$C_{kitka} = \frac{0,075}{(\log_{10}(1640389111) - 2)^2} = 0,00144$$

Koska tarkastelun kohteena ainoastaan kasvuston vaikutus aluksen kulkuun, ei aalto- ja ilmanvastuksella ole tarkastelun kannalta väliä. Oletan näiden olevan yhtä suuret kuin kitkavastuskerroin, eli tässä tapauksessa 0,00144. Näiden kertoimien lisäksi tulee aluksen pinnankarheus ottaa huomioon aluksen propulsiotehoa määrittäessä. ITTC 1957 standardin laskentamenetelmässä on lisätty pinnankarheuskerroin ($C_{karheus}$) kuvaamaan pinnankarheutta. $C_{karheus}$ on määritetty taulukkoarvoin, ja 150 metriä pitkälle alukselle kyseinen taulukkoarvo on 0,00035 – 0,0004. (Bertram 2000.)

Nykyaikaisemman lähestymismenetelmän pinnankarheuskertoimelle antaa ITTC 1978-standardin laskentamalli. Kyseisessä standardissa kerroin määritellään laskentakaa- valla, joka huomioi keskimääräisen pinnan karheuden. (Bertram 2000.)

$$C_{karheus} * 10^3 = 105 * \sqrt[3]{\frac{k_s}{L_{pp}}} - 0.64$$

kun: $C_{karheus}$ = Pinnankarheuskerroin [-]
 K_s = Keskimääräinen pinnan karheus (AHR) [m]
 L_{pp} = Aluksen vedenalaisen vesiviivan pituus [m]

Käytännössä 150 mikrometriä on paras rungonkarheustulos, mitä uudella aluksella voi olla (Faltinsen 2005). Esimerkkilaivan puhtaalla rungolla pinnankarheuskerroin on:

$$C_{karheus} = \frac{\left(105 * \sqrt[3]{\frac{150 * 10^{-6} \text{ m}}{155,7 \text{ m}}} - 0.64\right)}{1000} = 0,000397$$

Kun tiedämme kaikki aluksen osavastuskertoimet, voimme määrittää aluksemme kokonaisvastuskertoimen seuraavasti:

$$C_{kokonais} = C_{kitka} + C_{aalto+ilma} + C_{karheus}$$

Kun muodostamme kaikista vastuskertoimista ja aluksen hinaustehon kaavoista yhteisen lausekkeen, saamme aluksen liikuttamiseksi vaadittavaksi tehoksi:

$$P = (C_{kitka} + C_{aalto+ilma} + C_{karheus}) * \frac{1}{2} * \rho * A * V^3$$

$$P = (0,00144 + 0,00144 + 0,000397) * \frac{1}{2} * 1025 \text{ kg/m}^3 * 4731,14 \text{ m}^2$$

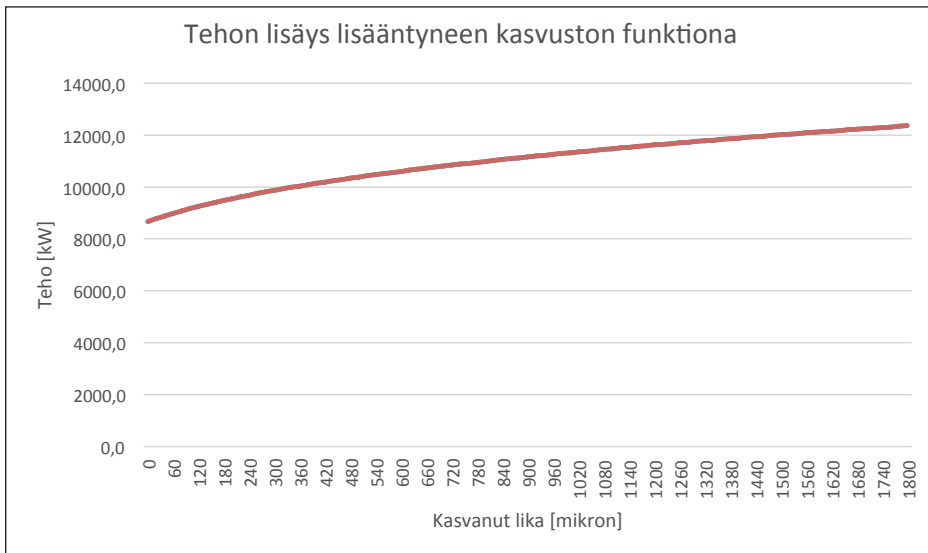
$$* \left(\frac{20 \text{ kn} * 1,852 \text{ km/h/kn}}{3600 \text{ s/h} / 1000 \text{ m/km}} \right)^3 = 8658635 \text{ W} \approx 8700 \text{ kW}$$

Koska olimme kiinnostuneita, miten aluksen pohjan likaantuminen vaikuttaa aluksen energiatehokkuuteen, voimme muodostaa ylläolevasta kaavasta funktion, kuinka aluksen liikuttamiseen vaadittu teho muuttuu kasvuston kasvaessa:

$$f(P) = \left(0,00144 + 0,0144 + \frac{\left(105 * \sqrt[3]{\frac{x + 150 * 10^{-5}}{155,7 \text{ m}}} - 0,64 \right)}{1000} \right) * \frac{1}{2} * 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$* 4731,14 \text{ m}^2 * \left(\frac{20 \text{ kn} * 1,852 \text{ km/h/kn}}{3600 \text{ s/h} / 1000 \text{ m/km}} \right)^3$$

Yhtälössä f(P) X:n kanssa summattu 150 mikrometriä kuvastaa ITTC:n määrittämää puhtaan rungon minimikarheutta. Kun piirrämme kuvaajan kyseiselle funktiolle, voimme todeta, että aluksen liikuttamiseksi vaadittu teho muuttuu pinnankarheuden kasvaessa seuraavasti:



Kaavio 1. Tehontarpeen lisäys lisääntyvän pohjakasvuston funktiona. Mikäli kasvuston annetaan kasvaa äärettömiin lineaarisella nopeudella, muodostuu aluksen tehontarve kuvaajan mukaisesti.

Kaaviosta voidaan visuaalisesti päätellä, että tehontarve (aluksen kulkuvastus) lisääntyy voimakkaammin kasvuston alkuvaiheessa. Kuvaajassa on havaittavissa, että aluksen kulkuvastus ei seuraa lineaarisesti pohjakasvuston lisääntymistä. Funktio on pikemminkin logaritminen kuin lineaarinen.

Käänteisesti kun tiedämme että:

$$P = R * V \text{ ja } R = C_{\text{kokonais}} * \frac{1}{2} * A * \rho * V^2$$

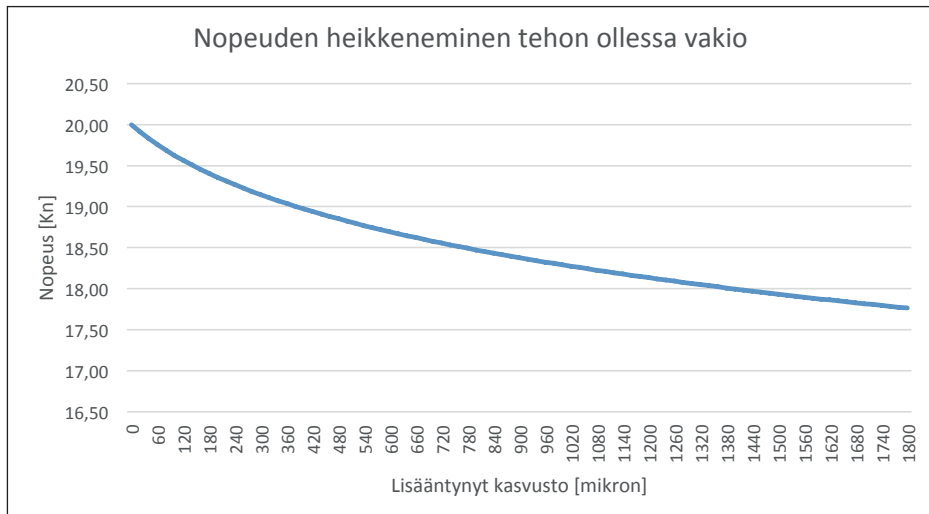
Koska käytännössä aluksen moottoriteho on vakio, voimme laskea, miten aluksen nopeus muuttuu rungon karheuden muuttuessa:

$$V = \sqrt[3]{\frac{P}{C_{\text{kokonais}} * \frac{1}{2} * A * \rho}}$$

V

$$= \sqrt[3]{\frac{8658635 \text{ W}}{\left(0,00144 + 0,0144 + \frac{\left(105 * \sqrt[3]{\frac{x + 150 * 10^{-5}}{155,7 \text{ m}}} - 0,64\right)}{1000}\right) * \frac{1}{2} * 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4731,14 \text{ m}^2}}$$

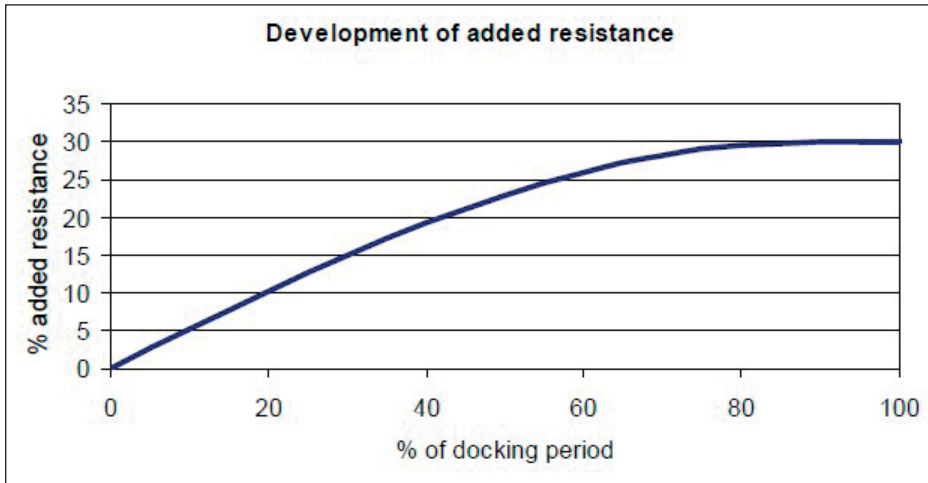
Kun piirrämme kyseisen funktion kuvaajan, voimme todeta, että nopeus heikkenee kaavion 2 osoittamalla tavalla.



Kaavio 2. Nopeuden heikkeneminen tehon ollessa vakio. Pohjakasvuston kasvun ollessa lineaarista, eikä aluksen pohjaa puhdisteta ja tehoa pystytään lisäämään, putoaa aluksen nopeus kuvaajan osoittamalla tavalla.

Kaavion 2 tulkinnessa tulee huomioida, että aluksen nopeus vaikuttaa aluksen Reynoldsin lukuun. Reynoldsin luku taas vaikuttaa aluksen kitkavastukseen. Nopeuden muuttuessa välillä 20–17,5 solmua muuttuu kitkavastus vastaavasti 0,00144–0,00146. Näin ollen todellisuudessa aluksen nopeus ei muutu yhtä dramaattisesti kuin kuvaaja antaa ymmärtää. Aluksen nopeudesta riippuva kitkavastuksen muutos aiheuttaa niin pienen virheen laskuissa, että voimme pitää tulosta likimääräisenä.

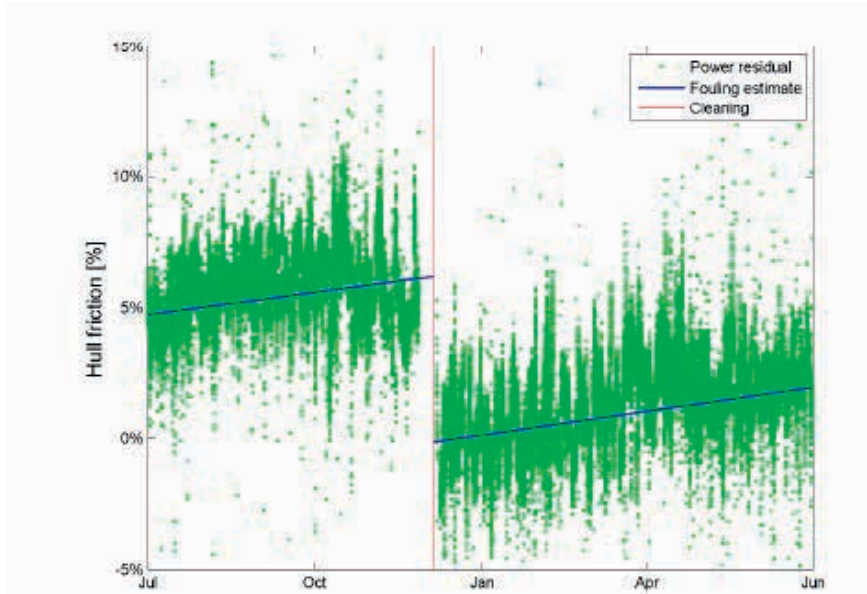
Torben Munk, (Propulsion Dynamics Inc.) kirjoitti tekstissään ”Fuel Conservation through Managing Hull Resistance”, että ensimmäisenä kuukautena aluksen telakoinnin jälkeen kulkuvastus lisääntyy tavallisesti 0,5–2 prosenttia ja myöhemmin, kun kasvusto on saavuttanut tietyn pisteen, on kasvuston lisääntyminen rajoitetumpaa (Munk 2006). Kuvasta 11 voimme päätellä, että kasvuston lisääntyminen on logaritmista. Eli alkuun aluksen kulkuvastus kehittyy nopeasti, mutta saavutettuaan tietyn pisteen ei vastuksen kasvaminen hidastu, vaikka kasvusto lisääntyisikin lineaarisesti. Kun tarkastelemme Munkin väittämää tyyppillisestä aluksen kulkuvastuksen kasvamisesta (kuva 11) ja vertaamme niitä teoreettisiin laskelmiimme (taulukot 1 ja 2), voimme huomata niissä yhtäläisyyksiä. Kaikissa kuvaajissa on havaittavissa logaritmisuutta kulkuvastuksen kehittämisessä. Laskelmia tarkasteltaessa täytyy kuitenkin huomioida, että kasvuston on oletettu kasvavan äärettömiin lineaarisella nopeudella.



Kuva 11. Tyypillinen vastuksen kehittyminen puhdistuksen jälkeen (kuva: Munk 2006).

LIKAANTUMISEN TORJUNTA

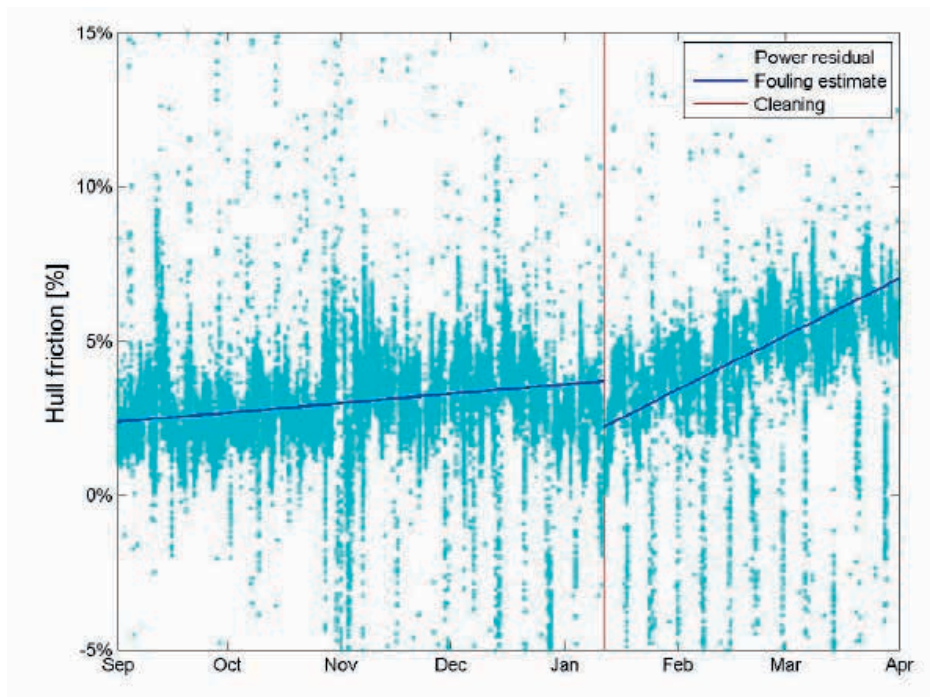
Likaantumisen torjunnalla tarkoitetaan menetelmiä, joilla aluksen pohjan likaantumista voidaan joko ehkäistä tai jo kertynyttä kasvustoa poistaa. Pohjan mekaaninen puhdistus voidaan tehdä joko telakoimalla alus tai puhdistamalla aluksen pohja sukeltajia käyttäen. Telakoimalla tehtävä puhdistus on helpompaa verrattuna vedenalaiseen puhdistukseen. (Kovanen 2012.) Kuvasta 12 näemme aluksen pohjan puhdistamisen kuivatelakassa vaikutuksen aluksen kulkuvastukseen. Kovanen raportoi noin 5 prosentin vähennyksen aluksen kulkuvastukseen.



Kuva 12. Kuivatelakoinnin vaikutus aluksen kulkuvastukseen. (kuva: Kovanen 2012.)

Pinnan alla suoritettava puhdistus on haasteellinen prosessi, joka voi toisinaan epäonnistua. Epäonnistuminen johtuu yleensä siitä, että puhdistuksen yhteydessä aluksen maalipinta vahingoittuu ja aluksen virtaus häiriintyy. Kuvassa 13 voidaan nähdä, miten aluksen virtausvastus muuttuu epäonnistuneen puhdistuksen jälkeen. Virtausvastuksessa tapahtuu pudotus pohjan karheuden vähentyessä, mutta vastus kasvaa nopeasti. Tämä johtuu vahingoittuneen maalipinnan toimimattomuudesta eliöiden torjunnassa. (Kovanen 2012.)

Laivapohjan vedenalainen puhdistus suoritetaan hydraulisella puhdistuskalustolla (Sukellus Takala 2017). Telakassa suoritettava puhdistus puolestaan tehdään korkeapainepesurilla. Verrattuna vedenalaisen puhdistukseen on telakassa suoritettava puhdistus tehokkaampaa. (Langh 2017.) Vedenalaisen puhdistuksen tehokkuudessa on havaittavissa heikkenemistä ajan mittaan. Mikäli puhdistusta ei suoriteta riittävän usein, jää puhdistustulos vajavaiseksi. Tämä johtuu levän suuremmasta kertymisestä ja kovettumisesta ajan mittaan. (Sukellus Takala 2017.)



Kuva 13. Epäonnistuneen pesun vaikutus aluksen vastukseen. (kuva: Eniram 2012)

POHJAKASVUSTON ENNALTAEHKÄISY

Perinteisesti pohjan kasvustoa ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä on käytetty tributyltina-pohjaisia TBT-maaleja. Suurin osa maailman aluksien pohjista oli 1970-luvulla maalattu TBT-maaleilla. Tutkimukset osoittivat kuitenkin suhteellisen nopeasti, että TBT-maalien käytöllä on vakavia vaikutuksia: eläimissä havaittiin suuria myrkyjäämiä. Maalien on todettu aiheuttavan mm. epämuodostumia, neurologisia vaikutuksia sekä sukupuolen vääristymiä (imposex) kotiloissa, mutta aineiden tiedettiin myös siirtyvän ruokaketjun mukana ihmisiin. Eräänlainen ”viimeinen niitti” oli kalatalouden romahtaminen Ranskan rannikolla. Näiden seurauksena IMO kielsi poikkeuksetta TBT-maalien käytön vuonna 2008. (IMO 2002.)

TBT-maalien teho perustuu itsekiillottuvaan ilmiöön. Ilmiön perustana on TBT:n ja maalin pohja-aineena toimivan polymeerin kemiallinen side: TBT on polymeerin kanssa säännöllisessä molekyylikentässä. Tullessaan meriveden kanssa kosketuksiin, hajoaa TBT:n ja polymeerin välinen side ja paljastaa puhtaan maalikerroksen. Siinä missä vanhojen ei-itsekiillottuvien maalien teho heikkeni nopeasti, säilyy TBT-maalien teho koko elinajan samana. TBT-maalien kasvustoa torjuva elinikä oli noin viisi vuotta, kun ei-itsekiillottuvien maalien elinikä oli noin kaksi vuotta. (IMO 2002.)

POHJAKASVUSTON TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tämän luvun tarkoituksena on tarkastella aiemmin esitettyjen tietojen pohjalta, kuinka alusoperoinnin taloudelliset kustannukset muuttuvat pohjan likaantumisen seurauksena. Luvussa tarkastellaan polttoainetaloudellisuuden heikkenemistä ja rungon puhdistuksesta aiheutuvia kustannuksia. Taloudellisten vaikutusten tarkastelussa ei huomioida mahdollisia ansionmenetyksiä, jotka aiheutuvat aluksen käyttökatkoksista.

Taloudellisten vaikutusten tarkastelussa keskeisenä tiedonhankintamenetelmänä käytettiin sähköpostikyselyä. Tietopyynnöt lähetettiin yhdeksälle (9) meriteollisuusyritykselle. Tietopyynnöissä kysyttiin, paljonko aluksen pohjan puhdistaminen maksaa ja mitä menetelmiä puhdistuksessa käytetään. Yrityksiltä, joiden liiketoiminta-alue on vedenalainen urakointi, kysyttiin, mitä pohjan vedenalainen puhdistaminen maksaa ja kuinka kauan työ kestää. Telakoilta ja merenkulun urakointiyrityksiltä tiedusteltiin telakassa suoritettavan puhdistuksen hintaa. Yhdeltä meriteollisuuden teknologiateollisuuden yritykseltä kysyttiin, miten pohjan likaantuminen kehittyy. Tietopyyntöihin saatiin vastaukset neljältä (4) yritykseltä, jotka kieltäytyivät antamasta tietoja hinnoitteluperusteistaan. Muilta yrityksiltä ei saatu vastausta. On todettava, että tutkimuksessa ei onnistuttu saamaan tietoja pohjanpuhdistuksen todellisista hinnoista, jolloin luotettavia laskelmia siitä, milloin puhdistus tulee tehdä, ei voida tehdä. Hintatietojen luottamuksellisuuden vuoksi työssä esitetyt laskelmat pohjautuvat oletettuihin hintoihin sekä Kovasen (2012) tutkimuksen mukaiseen 1,175

prosentin pinnankarheuden lisääntymisnopeuteen. Jotta välttyttäisiin liian yksipuoliselta näkökulmalta, suoritettiin samat laskelmat kolmella toisistaan poikkeavalla aluksella.

POHJAKASVUSTON VAIKUTUS POLTTOAINEKUSTANNUKSIIN

Kuten aiemmin todettiin, kasvuston negatiivinen vaikutus polttoainetaloudellisuuteen johtuu aluksen rungon karheuden lisääntymisestä: aluksen kitka lisääntyy ja saman nopeuden ylläpitäminen vaatii enemmän tehoa. Tämä tehon lisäys on suoraan verrannollinen aluksen kuluttamaan polttoaineeseen. Jotta pystyttäisiin arvioimaan pohjakasvuston vaikutuksia polttoainekustannuksiin, tulee tietää polttoaineen hinta, polttoaineen laatu ja luonnollisesti kulutus. Polttoaineena tässä laskemassa käytetään IFO380-laatua. Laatu on nimensä (Intermediate Fuel Oil) mukaisesti eräänlainen keskitason polttoainelaatu, joka sijoittuu viskositeetiltaan raskaan polttoöljyn (HFO) ja kevyiden tisleiden (dieselöljy) välimaastoon. Sen viskositeetti on 380 cSt ja lämpöarvona käytetään 42 000 kJ/kg. Laskelman polttoaineiden hinnat perustuvat www.shipandbunker.com sivuston hintoihin, jossa hinnoittelualueena käytetään maailman keskiarvoa. IFO380-polttoaineen hintana käytetään tässä 359,50 \$ tonnilta.

Kuiken (2012) arvioi, että kaikesta päämoottorille polttoaineen muodossa syötettävästä energiasta ainoastaan yksi kolmasosa työntää laivaa eteenpäin. Koska laskemamme tehokukset kertovat ainoastaan, millä teholla aluksen runko voittaa sen virtausvastuksen tietyllä nopeudella, olettamamme, että aluksen propulsiolaitteiston hyötysuhde on 0,33, kuten Kuiken arvioi. Mikäli emme tekisi kyseistä olettamusta, olisi rungon, potkurin ja moottorin hyötysuhde 100 prosenttia, mikä ei vastaisi todellisuutta. Tämän lisäksi oletamme, että esimerkkialus on keskimäärin liikkeellä neljänä päivänä viidestä, eli toisin sanoen on käyttösuhteemme 0,80.

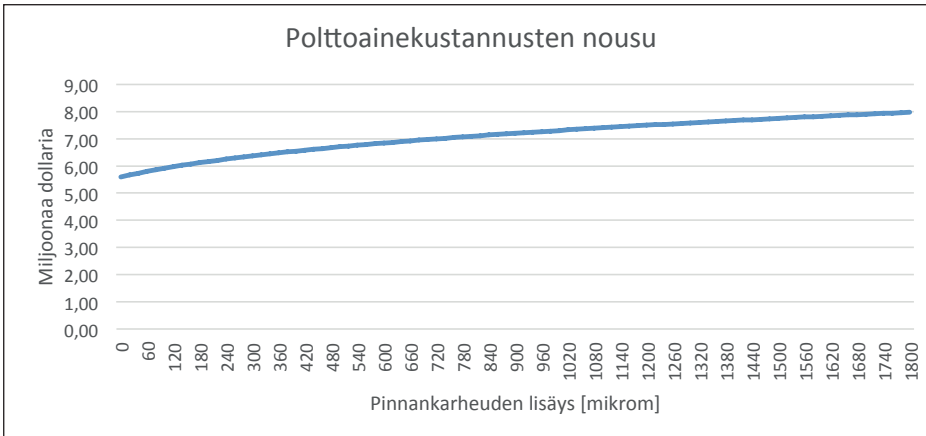
Polttoainekulutuksen kaava muodostuu seuraavasti:

$$Kulutus \left[\frac{kg}{s} \right] = \frac{Teho [kW]}{Lämpöarvo \left[\frac{kJ}{kg} \right] * hyötysuhde [-]}$$

Polttoaineen hinnan ollessa 359,5 \$/tonni (=0,3595 \$/kg) ja vuodessa on 31 104 000 sekuntia, saamme vuosittaisen polttoaineen kokonaishinnaksi:

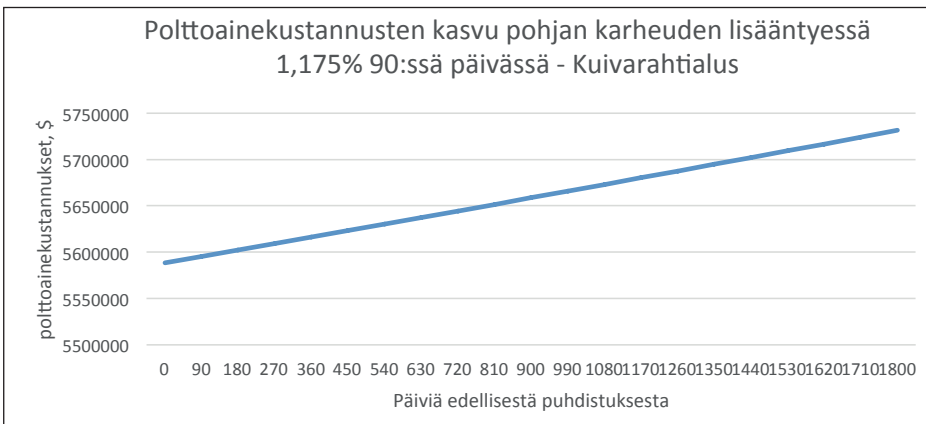
$$Vuosittaiset\ kustannukset\ [\$] = \frac{Teho [kW] * 31104000 \frac{s}{vuosi} * 0,80 * 0,3595\ \$/kg}{42000 \frac{kJ}{kg} * 0,33}$$

Aluksen liikuttamiseen vaaditun tehon olemme laskeneet jo aiemmin. Yhdistämällä edellä oleva kaava aiempiin laskelmiimme, saamme aluksen polttoainekustannukset lisääntyneen kasvuston funktiona seuraavasti:



Kaavio 3. Vuotuisten polttoainekustannusten nousu pinnankarheuden funktiona.

Huomioitavaa on, että kaavion 3 kuvaajassa havainnollistetaan, miten polttoainekustannukset kasvavat, mikäli kasvuston lisääntyminen on lineaarista äärettömiin. Jos käytämme kasvuston lisääntymisnopeutena Kovasen (2012) tutkimuksessa esiin tuomaa 1,175 prosentin lisäystä 90:ssä päivässä, kuvaajasta muodostuu kaavion 4 mukainen.



Kaavio 4. Funktio aluksen vuotuisten polttoainekustannusten kasvusta, mikäli pohjaa ei puhdisteta. Kaaviossa käytetty tarkasteluväli on viisi vuotta eli 1800 päivää. Kasvuston lisääntymisnopeutena käytetään 1,175 prosenttia 90 päivässä.

Kaavion 4 kuvaaja näyttää, miten pohjakasvuston aiheuttama kitka ilman puhdistusta lisää polttoainekustannuksia viiden vuoden ajanjaksolla. 1,175 prosentin lisääntymisnopeudella pinnankarheus muuttuu välillä 150–189 mikrometriä. Kuvaajasta voidaan tehdä nopea johtopäätös, että jos aluksen pohjaa ei puhdisteta kahteen vuoteen, kasvavat vuotuiset polttoainekustannukset noin 50 000 dollaria. Olettaen että pohja puhdistetaan säännöllisesti puolen vuoden välein, pysyvät vuosittaiset polttoainekustannukset alle 5,6 miljoonan dollarin. Polttoainekustannukset kasvavat 5,58 miljoonasta dollarista puhtaalla rungolla 5,73 miljoonaan dollariin viiden vuoden ajalla, mikäli puhdistusta ei tarkasteluvälillä suoriteta. Kyseisessä tapauksessa kokonaiskustannusten kasvu on noin 143 000 dollaria.

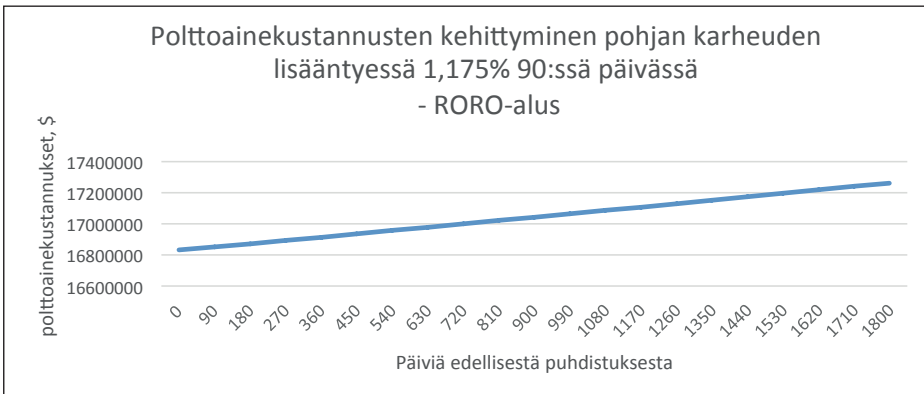
Tarkasteluvälinä on käytetty viittä vuotta, käytännössä tämän pidempää tarkasteluväliä ei kannata käyttää koska alus täytyy telakoida luokitustarkastusta varten viimeistään viiden vuoden välein (Dokkum 2013). Puhdistus kannattaa ajoittaa viimeistään luokitustelakoinnin ajalle, kun alus joka tapauksessa on telakassa.

PUHDISTUSKUSTANNUKSET

Työn tavoitteena oli määrittää ajankohta, milloin aluksen pohjan puhdistus olisi taloudellisesti järkevintä. Johtuen yritysten haluttomuudesta kertoa hintatietojaan, käsitellään hypoteettisia hintatietoja. Työssä esitellään kolme mahdollista kustannusskenaariota kolmella eri aluksella, joissa kaikissa muuttujana on puhdistuksen hinta. Aluksen pohjan puhdistaminen telakassa muodostaa oman kategoriansa johtuen korkeammaksi oletetusta hinnasta: telakassa suoritettava puhdistus arvioidaan kymmenen kertaa kalliimmaksi kuin vedenalainen puhdistus. Sekä vedenalainen että telakassa suoritettava puhdistus lasketaan kolmella hinnalla. Vedenalaisen puhdistuksen hinnoiksi oletetaan 2 000, 4 000 ja 6 000 dollaria ja vastaavasti telakassa suoritettavan puhdistuksen hinnoiksi oletetaan 20 000, 40 000 ja 60 000 dollaria.

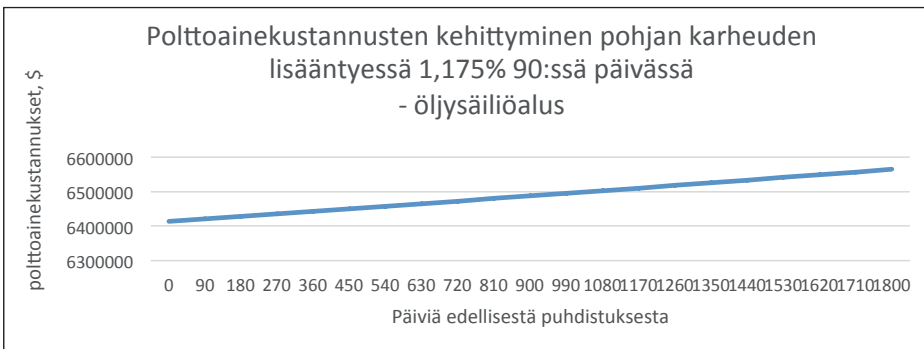
Skenaariot esitellään kolmen esimerkkialusten avulla. Aiemmin esiteltyyn 155,7-metriseen kuivarahtialuksen lisäksi tarkastelemme 185 metriä pitkää RORO-alusta, jonka uppouma on 36 000 tonnia, matkanopeus 25 solmua ja syväys 6,55 metriä. Kolmantena aluksena käytetään 110 000 tonnin öljysäiliöalusta, joka on 233 metriä pitkä, jonka syväys on 15,4 metriä ja matkanopeus 15 solmua. Aluksilla lasketaan ajankohta, jolloin lisääntyneet polttoainekustannukset ylittävät puhdistuksen kustannukset.

Puhdistuksen ajankohdan määrittämisen ensimmäinen vaihe on muodostaa jokaiselle alukselle kaavion 4 mukainen kuvaaja. Kaaviosta voimme laskea lineaarisen regressiosuoran ja määrittää, milloin polttoainekustannusten kasvu ylittää puhdistuksen kustannukset. Aiemmin kuvattua laskentatapaa käyttäen RORO-aluksen polttoainetaloudellisuus kehittyy kaavion 5 mukaisesti. Vastaava öljysäiliöaluksen polttoainekustannusten kehittyminen on esitetty kaaviossa 6.



Kaavio 5. Tyypillisen RORO-aluksen vuotuisten polttoainekustannusten kasvu pohjan karheuden lisääntyessä. Kaaviossa käytetty tarkasteluväli on viisi vuotta eli 1800 päivää. Kasvuston lisääntymisnopeutena käytetään 1,175 prosenttia 90 päivässä.

Kaaviosta 5 voidaan tehdä johtopäätös, että tavanomaisen RORO-matkustaja-aluksen polttoainekustannukset kasvavat noin 40 000 dollaria, mikäli pohja puhdistetaan säännöllisesti kerran vuodessa verrattuna tilanteeseen, jossa pohja puhdistetaan puolen vuoden välein.



Kaavio 6. Öljysäiliöaluksen vuotuisten polttoainekustannusten kasvu. Kaavion tarkasteluväli on viisi vuotta eli 1800 päivää. Kasvuston lisääntymisnopeutena käytetään 1,175 prosenttia 90 päivässä.

Linearisella regressiosuoramenetelmällä lasketaan kuvaajasta kulmakertoimen (k) tiedettyjen x -, ja y -koordinaattien avulla:

$$k = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Laskettaessa tiedettyjen arvojen avulla kulmakertoimet kolmelle esimerkialukselle, saamme kulmakertoimiksi taulukossa 1 esitetyt arvot.

Taulukko 1. Polttoainetaloudellisuuden heikentymisen kulmakerroin.

Kulmakertoimet		
Kuivarahtialus	RORO	Öljytankkeri
79,53	240,07	84,16

Kulmakerroin kuvaa, miten nopeasti funktio muuttuu. Kun kulmakerroin on tiedossa, voidaan laskea ajankohta, missä kasvaneet polttoainekustannukset ylittävät puhdistuksen aiheuttamat kustannukset.

$$f(x) = k * x + b$$

k = Kulmakerroin

x = Päivät edellisestä puhdistuksesta

b = Vakio, Polttoainekustannukset puhtaalla rungolla

Kun yllä olevan funktion tulokseksi merkitään puhdistuksen hinta, voimme ratkaista x:n arvoksi taulukon 2 mukaiset puhdistusajankohdat. Taulukkoa 2 voidaan käyttää työkaluna määrittäessä oman aluksen pohjan puhdistusajankohtaa. Esimerkiksi, mikäli pienehkön kuivarahtialuksen varustaja saa tarjouspyyntöjen perusteella kilpailukykyisimmäksi tarjoukseksi 4 500 \$ sukeltamalla tehtävästä puhdistustyöstä, voidaan taulukon 2 perusteella todeta, että saman tyyppisellä aluksella hieman matalammalla hinnalla optimaaliseksi puhdistusajankohdaksi muodostuu 50 päivää edellisestä puhdistuksesta. Koska saadun tarjouksen hinta on hieman taulukossa esitettyä hintaa korkeampi, voidaan puhdistusväliä hieman pidentää. Esimerkin tapauksessa alus kannattaisi puhdistaa noin kahden kuukauden välein. Huomioitavaa on, että menetelmä on suuntaa antava ja perustuu moneen muuttajaan aluksen ominaisuuksista, likaantumisenopeudesta sekä polttoaineen ja puhdistustyön hinnasta.

Taulukko 2. Ajankohta edellisestä puhdistuksesta, jolloin likaantumisen kustannukset ylittävät puhdistuksen kustannukset eri puhdistusmenetelmin ja hinnoin. Kaikki hinnat ovat dollareina. Taulukon lukuarvot kuvaavat päiviä edellisestä rungon puhdistuksesta. Telakassa suoritettavien puhdistusten keskiarvo on 382 päivää, sukeltamalla puhdistus 38 päivää.

Puhdistuksen optimi			
Puhdistus	RORO	Kuivarahti	Öljytankkeri
Telakassa suoritettava halvin (20000 \$)	83	251	238
Telakassa suoritettava mediaani (40000 \$)	167	503	475
Telakassa suoritettava kallein (60000 \$)	250	754	713
Sukeltamalla suoritettava halvin (2000 \$)	8	25	24
Sukeltamalla suoritettava mediaani (4000 \$)	17	50	48
Sukeltamalla suoritettava kallein (6000 \$)	25	75	71

YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

IMO on tunnistanut alusten pohjien likaantumisen uhaksi meriekosysteemien monimuotoisuudelle. Alueelle saapuvat tulokaslajit voivat syrjäyttää paikallisia lajeja (IMO 2016a). IMO listaa internetsivuillaan joitakin esimerkkejä tulokaslajeista, jotka ovat aiheuttaneet suurta vahinkoa paikalliselle ekosysteemille. Listaan mahtuu ainoastaan jäävuoren huippu – alusten mukana kulkeutuu huomattavasti useampia eliölajeja (IMO 2016c).

Tulokaslajit voivat siirtyä alusten avulla pitkiäkin matkoja joko aluksen pohjaan kiinnittyneenä tai painolastivedessä. Painolastivesien eliökulkeutumiseen IMO ottaa kantaa vuoden 2004 BWM-sopimuksella (Ballast Water Management), joka määrittelee, miten painolastivettä tulee käsitellä ja vaihtaa jotta lajien siirtyminen minimoituisi. (IMO 2016b.) Toisin kuin painolastivesiä käsittelevä BWM-sopimus, ei alusten pohjalikaantumisen torjuntaa käsittelevä AFS-sopimus (Anti-Fouling Systems) juurikaan tarkastele ongelmaa tulokaslajien näkökulmasta. Sopimus käsittelee enemminkin pohjalikaantumista ehkäisevien maalien ympäristövaikutuksia. (IMO 2016a.) Myös pohjaan kiinnittyvien lajien kulkeutumisen ehkäisemiseksi on tulossa uutta sääntelyä. Tiedon kerääminen tämän sääntelyn tueksi on yksi COMPLETE-hankkeen päätavoitteista.

TULOKSET JA JATKOTUTKIMUKSET

Tutkimuksessa tavoiteltiin tietoa siitä, missä vaiheessa aluksen pohja olisi syytä puhdistaa ja millä menetelmillä. Työssä tarkasteltiin likaantumista ilmiönä ja todettiin, että eliöiden lukumäärä sekä kiinnittymismekanismit ovat lukuisat. Työn matemaattisen osuuden tuloksista voidaan tehdä johtopäätös, että riippumatta alustyyppistä, polttoainekustannusten tavanomaisesta tasosta, olosuhteista tai käyttötavasta, kannattaa aluksen varustajan pitää hyvää huolta aluksen pohjan kunnosta. Riippuen puhdistusmenetelmästä, hinnasta sekä aluksen tavallisesta polttoainekulutuksesta, on optimaalinen puhdistusväli yhdestä kolmeen kuukautta, ja telakassa suoritettava puhdistusväli on vuodesta kahteen. Pienikin pinnankarheuden lisäys lisää merkittävästi aluksen virtausvastusta ja siten polttoainekustannuksia. Kaaviosta 5 voimme todeta, että esimerkkialuksellamme pinnankarheuden lisääntyessä 120 mikrometrillä, kasvavat vuotuiset polttoainekustannukset noin puoli miljoonaa dollaria.

Virtausvastuksen heikkenemisen mekanismeihin ja matemaattiseen tarkasteluun liittyy suuria epävarmuustekijöitä, koska turbulenttisen virtauksen mekanismit eivät ole täysin tunnettuja. Virtausvastuksen arvioimiseen on tässä työssä hyödynnetty menetelmiä, jotka perustuvat puoliempiirisiin kokeisiin. Laskelmissa käytettyjen laivojen ominaisuuksia on myös jouduttu arvioimaan erilaisilla empiirisiin kokeisiin perustuvilla kaavoilla. Näihin menetelmiin liittyy aina epävarmuustekijöitä, ja siksi työn matemaattiset tulokset ovat vähintäänkin suuntaa antavia. Kyseiset matemaattiset menetelmät ovat kuitenkin hyviksi havaittuja. Lisäksi laivanvarustajalla on olemassa aluksestaan tarkat tiedot, jotka tässä työssä

on jouduttu arvioimaan, jolloin laivanvarustaja voi samoja menetelmiä hyödyntämällä laskea optimaalisen puhdistusajankohdan omalle alukselleen. Edellä mainitut argumentit huomioiden tutkimuksen voidaan sanoa täyttäneen sille asetetut tavoitteet. Työssä käytettyjen alusten eroavaisuudet optimaalisissa puhdistusajankohdissa johtuvat eroavaisuuksista polttoainetaloudellisuudesta puhtaalla rungolla. Laskelmissa ei ole otettu huomioon puhdistuksen aiheuttamia ansionmenetyksiä laivanvarustajalle.

Jatkossa tulee tutkia, miten tämän työn tuloksia voi sovittaa yhteen todellisen aluksen kanssa, eli vastaavatko tämän työn matemaattiset menetelmät todellisuutta. Myöskin turbulentsin virtauksen ymmärtäminen helpottaisi muodostamaan matemaattiset mallit, joilla aluksen virtausvastus kyetään määrittämään ilman empiirisiin menetelmin muodostettuja kaavoja. Tämän aikaansaaminen poistaisi prosessiin liittyvät epävarmuustekijät.

LÄHTEET

Babicz J. 2015. Wärtsilä encyclopedia of ship technology 2015. Wärtsilä Oyj. Helsinki, Suomi.

Bertram, V. 2000. Practical ship hydrodynamics, 1. painos, Butterworth-heinemann. Oxford, UK.

Candries, M. 2001. Drag, boundary-layer and roughness characteristics of marine surfaces coated with antifouling, väitöskirja, University of Newcastle upon-Tyne, Department of marine technology, UK.

CDA 2003. Copper development association, Wilhelm Schleich and Klaus Steinkamp: Biofouling Resistance of Cupronickel: Basics and Experience, 2003. Saatavissa: https://www.copper.org/applications/marine/cuni/properties/biofouling/basics_and_experience.html#development. [viitattu 9.11.2018]

Dokkum. V. K. 2013. Ship knowledge. 8. painos. Dokmar, Enkhuisen, Alankomaat.

Kovanen L. 2012. Eniram hull fouling study, Eniram Oy, Saatavissa: <http://www.eniram.fi/resource/hull-fouling-study>. [viitattu 26.11.2016]

Faltinsen O. 2005. Hydrodynamics of high speed vessels, 1. painos. Cambridge university press. New York, USA

Hirsjärvi S. Remes P & Sajavaara P. 2009. Tutki ja kirjoita, 15. painos. Tekijät ja kirjayhtymä Oy. Hämeenlinna.

ITTC 2017. Description and Rules of the ITTC. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.ittc.info/about-ittc/rules/> [viitattu 9.11.2018].

IMO 2002. Focus on IMO: Anti-fouling Systems (2002 paper) for background information. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Documents/FOULING2003.pdf> [viitattu 9.11.2018]

IMO 2016a. Biofouling. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Biofouling/Pages/default.aspx> [viitattu 9.11.2018]

IMO 2016b. Ballast water management. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx> [viitattu 9.11.2018]

IMO 2016c. Common Hull Fouling Invasive Species. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Biofouling/Pages/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx> [viitattu 9.11.2018]

Kristensen H. O. & Lützen, M. 2013. Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ship, Project no. 2010-56, Emissionsbeslutningsstøttesystem. Work Package 2, Report no. 04. Technical University of Denmark.

Kuiken K. 2012. Diesel Engines 1, 2. Painos. Target Global Energy Training. Alankomaat.

Lönnqvist, M. 2017. Aluksen energiatehokkuus. Pohjavesun vaikutus aluksen kulkuun, polttoaine-taloudellisuuteen ja käyttöön. Opinnäytetyö. Merenkulku, Merenkulun insinööri. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

MAN 2011. Basic Principles of Ship Propulsion. Saatavissa: <http://marine.man.eu/propeller-aft-ship/basic-principles-of-propulsion>. MAN Diesel & Turbo. Kööpenhamina, Tanska.

MEPC 2011. RESOLUTION MEPC.207 (62), Annex 26, 2011 GUIDELINES FOR THE CONTROL AND MANAGEMENT OF SHIPS' BIOFOULING TO MINIMIZE THE TRANSFER OF INVASIVE AQUATIC SPECIES. Saatavissa: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.207\(62\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.207(62).pdf) [viitattu 9.11.2018].

Molland A. 2008. The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation. Butterworth-Heinemann. Oxford, UK.

Munk T. 2006. Fuel Conservation through Managing Hull Resistance, Propulsion Dynamics Inc. Motorship Propulsion Conference. Kööpenhamina, Tanska.

NASA 2016. National Aeronautics And Space Administration, USA, Saatavissa: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/boundlay.html>. [viitattu: 9.11.2018].

Oksman J. 2012. Telakan mahdollisuudet kitkavastuksen pienentämiseen uudisrakennuksissa, Diplomityö, Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden laitos, Espoo.

Shan C. Wang JiaDao, Chen HaoSheng & Chen DaRong, Progress of marine biofouling and antifouling technologies, Chinese science bulletin, Marraskuu 2011 numero 56.

Sukellus Takala 2017. Sukellus Takala Oy internetsivut. <http://www.sukellustakala.fi/palvelut/>

SYKE 2012. Suomen ympäristökeskus, [http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info/Viestintaa-ineistot/Tiedotteet/Ehkaise_merirokkokasvusto__puhdista_vene\(2502\)](http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info/Viestintaa-ineistot/Tiedotteet/Ehkaise_merirokkokasvusto__puhdista_vene(2502)), Tutkija Leena Karjalainen, 25.7.2012.

U.S. Naval Institute 1952. Marine fouling and its prevention, Annapolis, Maryland, USA. Saatavissa: <https://hdl.handle.net/1912/191> [viitattu: 9.11.2018].

Wilckens Baltic Ltd. 2016. Marine protective coating. Verkkodokumentti. Saatavissa http://www.wilckens.ee/marine_coatings/noa_ecoloflex_spc.htm#performance [viitattu: 9.11.2018].

MITTAUKSIA JA DATA-ANALYYSIÄ ALUSKOHTAISTEN KULKUVASTUSTEN SELVITTÄMISEKSI – COMPLETE-HANKKEEN TAVOITTEENA ON EHKÄISTÄ VIERASLAJIEN LEVIÄMISTÄ JA PARANTAA LAIVOJEN POLTTOAINETALOUTTA

Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija

COMPLETE on kansainvälinen tutkimushanke, jonka tavoitteena on rajoittaa vieraslajien leviämistä Itämeren alueella. Tutkimustiedon tuottamisen lisäksi hankkeella on hyvin konkreettisia tavoitteita. Yksi tällainen on tavoite luoda työkalu laivojen pohjien puhdistusten optimoimiseksi. Työkalun avulla laivayhtiöt voivat parantaa suunnitelmiaan alusten pohjien pesemiseksi levistä ja muusta biologisesta aineksestä ja saavuttaa näin säästöjä polttoaineen kulutuksessa ja ehkäistä samalla vieraslajien leviämistä pohjakasvuston mukana merialueelta toiselle. Suunnitellun optimointityökalun ja muun hankkeessa tuotetun tutkimustiedon siirtäminen käytäntöön onnistuu tarvittaessa tehokkaasti, koska HELCOM on yksi hankkeen yhteistyökumppaneista. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun rooli hankkeessa painottuu mittausten tekemiseen ja erityisesti niiden tuottaman datan analysointiin. Hankkeen pääkoordinaattorina toimii Kotkassa sijaitseva Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Merikotka. Muut yhteistyökumppanit ovat Helsingin, Chalmersin, Gdanskin, Klaipeidan, Latvian ja Tarton yliopistot, BSH Saksasta sekä Suomen ympäristökeskus ja Pidä Saaristo Siistinä ry.

MITTAUSYMPÄRISTÖ JA TAVOITTEET

Optimointityökalu voi parhaimmillaan edistää ympäristöarvoja ja auttaa varustamoita myös taloudellisesti. Alusten pohjien likaantuminen lisää kulkuvastuksia, minkä seurauksena polttoaineenkulutus kasvaa ja alusten taloudellisuus heikkenee (Schultz, 2010; Tokunaga & Baba, 1982; Townsin, 2003). Jotta varustamot voisivat hyödyntää optimointityökalua tehokkaasti, on sen laskentarutiinien käytännössä perustuttava alusten fysikaalisiin perusmittoihin ja -suureisiin. Työkalun on myös oltava sovellettavissa erityyppisiin aluksiin ilman,

että sen sisältämä koodi, laskentatehon tarve ja ennen kaikkea alkuarvojen tuntemusvaatimukset kasvavat kohtuuttomasti. Tämän vuoksi teoreettinen viitekehys on valittava siten, että varustamoilla on realistinen mahdollisuus selvittää aluksistaan tarvittavat lähtötiedot. Nämä on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Optimointityökalun perusteena olevat fysikaaliset muuttujat ja vakiot.

Tekijä	Symboli	Tunnettavuus
Vesilinjan pituus	L_{wl}	Vakio, selvitetävissä
Hydrodynaaminen pituus	L_{os}	Vakio, selvitetävissä
Perpendikkelipituus	L_{pp}	Vakio, selvitetävissä
Leveys	B	Vakio, selvitetävissä
Syväys (max.)	T	Muuttuja (*)
Korkeus veden pinnasta	H	Oletettavissa vakioksi
Aluksen uppouma	W_{alus}	Oletettavissa vakioksi
Kuollut paino	DWT	Muuttuja (*)
Kokonaisuppouma	V	Muuttuja (*)
Keskilaivankaaren ala	A	Oletettavissa vakioksi
Veden lämpötila	t	Muuttuja (**)
Veden suolapitoisuus	sal	Muuttuja (**)
Veden tiheys	ρ_{vesi}	Muuttuja (**)
Veden kinemaattinen viskositeetti	ν_{kin}	Muuttuja (**)

Taulukossa 1 esitetyistä fysikaalisista lähtöarvoista aluksen vesilinjan pituus, leveys, korkeus veden pinnasta, omamassa (uppouma), sekä hydrodynaaminen ja perpendikkelipituus ovat pääsääntöisesti selvitetävissä teknisistä tiedoista ja näitä arvoja voidaan pitää optimointityökalua ajatellen vakioina. Keskilaivankaaren ala voidaan laskea rakennepiirustuksista huomioiden vallitseva syväys. Meriveden ominaisuudet muuttuvat suolapitoisuuden ja lämpötilan mukaan, mutta nämä tiedot ovat saatavissa taulukoista ja merialueilla vallitsevat olosuhteet Itämeren merihavaintoasemilta. Syväys, kuollut paino ja kokonaisuppouma vaihtelevat jokaisella matkalla riippuen aluksen lastitilanteesta. Nämä arvot on optimointityökaluun määriteltävä muuttujiksi.

Perusmittojen avulla (Bertram, 2000; Biran, 2003; Carlton, 1994) voidaan määrittellä aluskohtaisesti uppouman (C_b), keskilaivankaaren (C_m) ja prismaattinen (C_p) täyteläisyys, sekä uppouman hoikkuusluku (C_v):

$$C_b = \frac{V}{L_{os}BT} \quad (1)$$

$$C_m = \frac{A}{BT} \quad (2)$$

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} \quad (3)$$

$$C_v = \frac{V}{L_{os}^3} \quad (4)$$

Aluksen pohjan karheudella on merkittävä vaikutus sen kulkuvastukseen (Akinlade, 2005; Oliveira et al., 2018; Schultz, 2004; Schultz, 2007). Optimointityökalussa pohjan likaantumisen aiheuttama vastuslisä käsitetään vettä vasten olevan rungon pinnankarheuden muutoksena (Demirel et al., 2017a; Demirel et al., 2017b). Tämän vuoksi aluksen märkäpinta-alalla on suuri vaikutus lopputulokseen. Märkäpinta-ala riippuu syvyyksestä. Varustamoille tämän pinta-alan tunteminen on usein niitä suureita, joiden tarkkaa arvoa ei tunneta. Sitä voidaan kuitenkin arvioida soveltamalla yhtälöitä 5–8 (Carlton, 1994; Harvald, 1983; Tupper, 1996). Yksinkertaisimmillaan arviointi onnistuu yhtälöllä:

$$S_1 = 2,65 \sqrt{VL_{os}}. \quad (5)$$

Lewisin (1988) tuotannosta on löydettävissä hieman pienemmän pinta-ala-arvion antava yhtälö:

$$S_2 = L_{wl}(2T + B)\sqrt{C_m} \left(0,4530 + 0,4425C_b - 0,2862C_m - 0,003467\frac{B}{T} + 0,3696(0,18 + 0,86C_p) \right) + 2,38\frac{A_{bt}}{C_b}. \quad (6)$$

Usein arviointi on toteutettu Mumfordin yhtälöllä:

$$S_{mum} = 1,025 * L_{pp} * (C_B B + 1,7 * T) = 1,025 * \left(\frac{V}{T} + 1,7 * L_{pp} T \right), \quad (7)$$

mistä Itämerellä paljon käytetyille, kaksipotkurisille ROPAX-alustyypeille on johdettu seuraavanlainen versio (Harvald, 1983; Kristensen & Lützen, 2013; Kristensen & Psaraftis, 2016):

$$S_3 = 1,21 * \left(\frac{V}{T} + 1,3 * L_{wl} * T \right) (1,2 - 0,34 * C_b). \quad (8)$$

Märkäpinta-alan yhtälöistä S_2 antaa selkeästi pienimmät arvot ja S_3 selkeästi suurimmat. Ero on noin 10 prosentin luokkaa. Toisaalta, koska tavoitteena on selvittää lähinnä karheuden aiheuttamaa muutosta kulkuvastukseen, pitäisi tämän muutoksen olla selvitettävissä useal-

lakin märkäpinta-alan laskentamenetelmällä, vaikkakin laskennallinen kulkuvastusteho muuttuu märkäpinta-alan funktiona.

Aluskohtaiset Reynoldsin ja Frouden luvut (Carlton, 1994; Lewis, 1988; Molland et al., 2011) lasketaan yhtälöillä 9 ja 10:

$$R_n = \frac{v_{nop} L_{wl}}{v_{kin}} \quad (9)$$

ja

$$F_n = \frac{v_{nop}}{\sqrt{gL_{os}}} \quad (10)$$

Hydrostaattinen kulkuvastus ja vastuksen vaatima teho lasketaan yhtälöillä 11 ja 12:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho_{vesi} S C_T v_{nop}^2 \quad (11)$$

ja

$$P_T = \frac{1}{2} \rho_{vesi} S C_T v_{nop}^3 \quad (12)$$

Kulkuvastuskerroin C_T määritetään usean tekijän summana:

$$C_T = C_f + C_r + \Delta C_f + \Delta C_a + \Delta C_{bl} + \Delta C_l, \quad (13)$$

missä C_f on kitkavastus, C_r jäännösvastus, ΔC_f karheusvaikutus, ΔC_a mittakaavakerroin, ΔC_{bl} bulbin vaikutus ja ΔC_l akselirakenteista ja ohjailusta muodostuva vastuslisä. Tässä tutkimuksessa aluksen akseli- ja keulapotkurakenteiden muodostamat vastukset joudutaan arvioimaan, samoin ohjailuvastus vallitsevien olosuhteiden mukaan. Kitkavastuskertoimen laskenta voidaan toteuttaa yhtälöissä 14–17 esitetyillä menetelmillä (Carlton, 1994; International towing tank conference, 2002; Kristensen & Lützen, 2013; Kristensen & Psarafitis, 2016). Näistä ensimmäinen on ITTC-57:n mukainen laskentatapa:

$$10^3 C_{f(ITTC-57)} = \frac{0,075}{(\lg Re - 2)^2} \quad (14)$$

Grigsonin yhtälöä käytetään harvemmin, vaikka se antaa ITTC-78:n verrattavissa olevia tuloksia:

$$10^3 C_{f(Grigson)} = (0,93 + 0,1377(\lg Re - 6,3)^2 - 0,06334(\lg Re - 6,3)^4) * \frac{0,075}{(\lg Re - 2)^2} \quad (15)$$

kun $1,5 * 10^6 < Re < 2 * 10^7$,

tai

$$10^3 C_{f(Grigson)} = (1,032 + 0,02816(\lg Re - 8) - 0,006273(\lg Re - 8)^2) * \frac{0,075}{(\lg Re - 2)^2} \quad (16)$$

kun $10^8 < Re < 4 * 10^9$.

Yhtälö 17 on ITTC-78:n mukainen:

$$10^3 C_{f(ITTC-78)} = (1 + k) \frac{0,075}{(\lg R_n - 2)^2} \quad (17)$$

missä k on Granvillen muotokerroin:

$$k = -0,030 + \frac{32,8 C_b^2}{\left(\frac{L_{OS}}{B}\right)^2 \left(\frac{B}{T}\right)} \quad (18)$$

Jäänösvastuksen arviointi voidaan toteuttaa Taylor-Gertlerin ja Harvald-Guldhammerin jäänösvastuslausekkeella (Carlton, 1994; Harvald, 1983; Lewis, 1988):

$$10^3 C_r = 1,2 * 10^{-3} (10 * F_n - 0,8)^4 (10 * C_p - 3,3)^2 (10^3 C_v + 4) \quad (19)$$
$$+ 0,05 * 10^3 C_v + 0,2 + 0,17 \left(\frac{B}{T} - 2,5\right),$$

mikä pätee seuraavien ehtojen täyttyessä:

$$F_n = 0,17 - 0,30,$$
$$10^3 C_v = 2 - 11,$$
$$C_p = 0,5 - 0,8,$$
$$C_b < 1,08 - 1,68 F_n + 0,06. \quad (20)$$

Yhtälössä 19 esitetty jäänösvastuslauseke ei huomioi bulbin vaikutusta. Bulbin vaikutus aluksen hydrodynaamiseen vastukseen on monimutkainen. Parhaimmillaan bulbirakenne voi optimaalisilla nopeuksilla vähentää aluksen kulkuvastusta huomattavasti. Toisaalta optimaalisen nopeusalueen ulkopuolella bulbin vaikutus sen rakenteesta riippuen heikkenee nopeasti. Voidaan kuitenkin olettaa, että pääosalla aluksista pyritään operoimaan optimaalisella matkanopeusalueella, jolloin bulbin vastuksia vähentävän vaikutuksen voidaan olettaa olevan parhaimmillaan. Koska bulbin ja keulan muoto vaihtelee alustyypeittäin, joudutaan bulbin vaikutusta arvioimaan työkalua ajatellen Frouden lukuun perustuvalla yleisimmällä yhtälöllä (Kristensen & Lützen, 2013; Kristensen & Psaraftis, 2016):

$$10^3 \Delta C_{bl} = -0,2 - 1,1 * F_n \quad (21)$$

Kitkavastukseen syntyvät muutokset aluksen pohjan karheuden funktiona voidaan arvioida yhtälöllä 22 (Kristensen & Lützen, 2013; Kristensen & Psaraftis, 2016):

$$10^3 \Delta C_f = 0,044 * \left(\sqrt[3]{\frac{k_s}{L_{wl}}} - \frac{10}{\sqrt[3]{R_n}} \right) + 0,000125, \quad (22)$$

missä k_s on pohjan pinnankarheuden arvo. Käytännössä pohja likaantuu eniten veden pinnan läheltä. Alusten pohjien satamissa tehtävät puhdistukset toteutetaankin yleensä vesirajan alueen puhdistuksina. Puhdistettava alue ulottuu yleensä noin metrin syvyyteen. Tämä merkitsee, että yhtälöllä 22 laskien kokonaispinnankarheus muuttuu alustyyppistä riippuen noin 5–10 prosentin osuudella märkäpinta-alasta. Pinnankarheusyhtälöä on lisäksi täydennettävä korrelaatiokertoimella (International towing tank conference, 2002):

$$10^3 \Delta C_a = 5,68 - 0,6 \log_{10} R_n. \quad (23)$$

Ilmanvastuksen vaikutus voidaan arvioida yhtälöllä (Lewis, 1988):

$$F_v = \frac{1}{2} C_{ilma} \rho_{ilma} A v_{ilma}^2, \quad (24)$$

minkä jälkeen aluksen laskennallinen kulku- eli hinausvastusteho saadaan yhtälöstä 25:

$$P_T = R_t v_{nop} + F_v v_{ilma}. \quad (25)$$

MITTAUKSIA JA TOOREETTISTA VIITEKEHYSTÄ TARVITAAN KULKUVASTUSMUUTOSTEN SELVITTÄMISEEN

Edellisessä luvussa esitetty teoreettinen viitekehys määrittää fysikaaliset puitteet sille, miten aluksen pohjan karheuden vaikutukset vaikuttavat alusten kulkuvastuksiin. Aluksilla tehdyillä mittauksilla ja datan tallennuksilla saadaan lisätietoa siitä, miten hyvin teoria pätee kyseisen aluksen kulkuvastuksien mallintamiseen. Toisaalta, ilman teoreettista viitekehystä mittausdatasta on vaikea sanoa, mikä osuus pohjan likaantumisen on vastuksen kasvamiseen. Tilastollisin menetelmin tätä voitaisiin approksimoida, mutta tuolloinkin asiaa helpottaisi merkittävästi, jos aluksen pohjan annettaisiin likaantua kunnolla. Reittiliikenteessä olevilla aluksilla näin ei kuitenkaan voida toimia. Lisäksi alusten kulkuvastuksiin vaikuttavia muuttujia on merkittävästi: Syväyksen ja DWT:n muutosten lisäksi aallokko, tuuliolosuhteet ja virtaukset ovat selkeitä kulkuvastuksiin vaikuttavia muuttujia. Lisäksi aluksen operoinnista johtuvat tekijät on otettava huomioon. Näitä ovat potkurien pyörimisnopeudet ja lapakulmien muutokset, pohjaefektin huomioiminen liikuttaessa matalissa vesissä, vakaajien käyttäminen ja aluksen normaali ohjailu.

Säätilan havainnointi aluksella on käytännössä ongelmallista. Aluksen rakenteet aiheuttavat ohitse virtaavaan ilmassaan merkittävää turbulenssia ja tuuliolosuhteet maston huipulla ovat todennäköisesti poikkeavat verrattuna esimerkiksi 10 metrin korkeuteen merenpinnas-

ta. Tämän vuoksi tuuliolosuhteet ovat luotettavammin havainnoitavissa rannikkoasemilta, mistä niitä on saatavissa pääsääntöisesti hyvin. Suomen, Ruotsin ja Saksan meteorologiset instituutit tarjoavat avoimesti mittausdataa ja muun muassa Virossa data on saatavilla pyytämällä. Voimakkaita, esimerkiksi Englannin kanaalivirtausten kaltaisia usean solmun nopeudella eteneviä virtauksia ei Itämerellä esiinny, mutta alle puolen solmun nopeuksilla tapahtuvia virtauksia ilmenee jatkuvasti. Yleensä sääolosuhteista riippuu, mihin suuntaan nämä virtaukset etenevät, vaikkakin pääsääntöinen virtaussuunta on alueesta riippuen pitkällä aikavälillä tarkasteltuna suhteellisen pysyvä.



Kuva 1. Pakokaasuanalysointilaitteisto (kuva: Elias Altarriba 2018).

Kesällä 2018 hankkeen mittauksissa kerättiin dataa sekä pakokaasuista että aluksen kulutiedoista. Pakokaasuista mitattiin korsteenista rikkipesurien jälkeen pakokaasujen sisältämät pitoisuudet häkää, hiilidioksidia, rikkidioksidia, jäännöshappia, typen oksideja ja hiukkasia. Operoinnista kerättiin dataa aluksen moottoreiden polttoaineen kulutuksesta, akselitehoista, akseleiden pyörintänopeudesta, lapakulmista, aluksen nopeudesta, trimmistä ja syvyyksestä. Datanäytteitä on tallennettu minuutin välein.

Kerätyn datan suuren määrän ansiosta voidaan pohjan likaantumisen aiheutuvan efektin vaikutusta arvioida tilastollisesti vertaamalla sitä teoreettisen viitekehysten laskennalliseen kulkuvastukseen. Suomen, Viron ja Ruotsin ilmatieteen laitosten sääasemien antaman tuulidatan sekä Saksan BSH:n virtausmallinnusten avulla voidaan saada suhteellisen luotettava

kuva aluksen toimintaympäristössä vallitsevasta säätilasta. Aluksen maantieteellinen sijainti voidaan selvittää tarkasti HELCOMin tallentaman AIS-datan avulla. Näin voidaan huomioida datasta sellaiset aikaikkunat, jolloin säätilan vaikutus aluksen kulkuun on vähäinen ja alus riittävän syvässä vedessä, jotta pohjaefektin vaikutus poistuu.

Tunnettaessa ajankohdat, jolloin alusten pohjat on pesty varustamojen toimeksiannosta, voidaan havainnoida kulkuvastuksen lisääntymistä pohjan oletetun likaantumisen kasvaessa ajan mittaan. Kesä 2018 on ollut lämmin ja merivesi monin paikoin yli 20°C asteista, mikä on tarjonnut erinomaiset puitteet eliöstöjen kasvulle. Tämä on tietysti sattumaa, mutta edesauttaa hankkeen kannalta luotettavien tuloksien saamista.

Toistaiseksi tehdyn analyysin perusteella näyttäisi siltä, että likaantumisen vaikutus Itämeren skaalalla lämpimissä olosuhteissa aluksen kulkuvastuksiin on suuruusluokaltaan noin 1–2 prosenttia kuukaudessa. Tämä on aika paljon, sillä data on kerätty aluksilta, jotka ovat pääsääntöisesti reittiliikenteessä eivätkä ne viivy satamissa pitkiä aikoja. Mikäli mittaukset toistettaisiin pitkään satamassa seisovilla aluksilla, luku todennäköisesti kasvaisi tästä havaittavasti. COMPLETE-hanke jatkuu vuoteen 2020 asti, joten analyysijä tullaan tekemään vielä lisää. Tavoitteena on havainnoida kulkuvastuksen muutoksia eri vuodenaikoina, erilaisissa merivesien lämpötiloissa ja erilaisilla alustyypeillä.

LÄHTEET

- Akinlade, O.G. 2005. Effects of surface roughness on the flow characteristics in a turbulent boundary layer. Doctoral thesis, University of Saskatchewan. Saskatoon, Canada.
- Bertram, V. 2000. Practical ship hydrodynamics. Butterworth-Heinemann.
- Biran, A. 2003. Ship hydrostatics and stability. Butterworth-Heinemann.
- Carlton, J.S. 1994. Marine propellers and propulsion. Butterworth-Heinemann.
- Demirel, Y.K.; Uzun, D.; Zhang, Y.; Fang, H.C.; Day, A.H. & Turan, O. 2017. Effect of barnacle fouling on ship resistance and powering. *Biofouling*, vol. 33(10), pp. 819–834.
- Demirel, Y.K.; Turan, O. & Incecik, A. 2017. Predicting the effect of biofouling on ship resistance using CFD. *Applied ocean research*, vol. 62, pp. 100–118.
- Harvald, S.A. 1983. Resistance and propulsion of ships. Wiley.
- ITC 2002. International Towing Tank Conference. ITTC Recommended procedures. Resistance, uncertainty analysis, example for resistance test.
- Kristensen, H.O. & Psaraftis, H. 2016. Prediction of resistance and propulsion power of Ro-Ro ships. Technical university of Denmark, Project no 2014-122, WP2.3, report nro. 1.
- Kristensen, H.O. & Lützen, M. 2013. Prediction of resistance and propulsion power of ships. Technical university of Denmark, Project no 2010-56, WP2, report nro. 4.
- Lewis, E.V. (ed.) 1988. Principles of naval architecture, second revision. Volume II: Resistance, propulsion and vibration. Jersey City: The society of naval architects and marine engineers.
- Molland, A.F., Turnock, S.R., Hudson, D.A. 2011. Ship resistance and propulsion. Practical estimation of ship propulsive power. Cambridge university press, USA.
- Oliveira, D., Larsson, A.I., Granhag, L. 2018. Effect of ship hull form on the resistance penalty from biofouling. *Biofouling*, vol. 34(3), pp. 262–272.
- Schultz, M.P., Bendick, J.A., Holm, E.R., Hertel, W.M., 2010. Economic impact of biofouling on a naval surface ship. *Biofouling*, vol. 27(1), pp. 87–98.

Schultz, M.P., 2007. Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling*, vol. 23(5), pp. 331–341.

Schultz, M.P., 2004. Frictional resistance of antifouling coating systems. *Journal of fluids engineering*, vol. 126, pp. 1039–1047.

Tokunaga, K., Baba, E., 1982. Approximate calculation of ship frictional resistance increase due to surface roughness. *Journal of the society of naval architects of Japan*, n:o. 152, pp. 55–61.

Townsin, R.L., 2003. The ship hull fouling penalty. *Biofouling*, vol. 19(S1), pp. 9–5.

Tupper, E., 1996. *Introduction to naval architecture*. Butterworth-Heinemann.

MELUTASOJEN JA TÄRINÄN MITTAUS JA HALLINTA LAIVOILLA

Hans Tanner, merenkulun insinööriopiskelija

Laivalla on harvoin täysin hiljaista. Koneistojen ja laitteiden aiheuttama melu ja värinä vaikuttavat merenkulkijoiden työturvallisuuteen, terveyteen ja yleiseen hyvinvointiin. Merenkulkijoiden turvaksi on laadittu säädöksiä, joissa asetetaan raja-arvoja melutasoille ja värinälle sekä tarjotaan keinoja niiden vähentämiseksi. Myös koneistojen ja rakenteiden kestävyys takaamiseksi on rajoitettava erityisesti runkoa pitkin välittyvää värähtelyä. Tämä artikkeli on tiivistelmä opinnäytetyöstä Melutasot ja värinä laivoilla (Tanner 2017). Opinnäytetyössä tarkastellaan laivojen melutasoihin ja värinään liittyviä vaikutuksia sekä niiden mittaustapoja. Lisäksi työssä esitellään tapoja vähentää melun ja värinän syntymistä laivan suunnitteluvaiheessa sekä olemassa olevissa laivoissa rakenteellisilla muutoksilla. Työ on tehty merenkulun TKI-toimeksiantona.

MITÄ MELU ON?

Melu on terveydelle haitallista ja epätoivottavaa ääntä, joka muodostuu aaltoliikkeen muotoisesta ilmanpaineen vaihtelusta. Ihminen kokee kuuloaistimuksena. Melu syntyy yleensä mekaanisesti värähtelevästä eli tärisävästä pinnasta. Melua voidaan mitata, ja se ilmaistaan desibeleinä (dB). Ihmisen kuuloon liittyvien terveysvaikutusten raja-arvona pidetään 80 desibelin äänenpainetasoa, joka käytännössä vastaa tilannetta, jossa normaalia puhetta ei kuule metrin etäisyydeltä. Äänen taajuudella eli korkeudella tarkoitetaan äänivärähdysten lukumäärää sekuntia kohti, ja sen yksikkö on hertsi (Hz). Ihmisen kuuloalue on noin 20–20 000 hertsiä, raja-arvona matalille bassoäänille sekä korkeille diskanttiäänille voidaan pitää 500 hertsin taajuutta. Ihmiselle tärkeimpänä taajuusalueena voidaan pitää puheen kuulemisen taajuuksia, jotka ovat 200–4000 hertsin alueella. Äänen ominaisuuksia kuvaava suure on myös mekaanisen värähtelyn amplitudi, joka määrittää äänen voimakkuuden. Äänen absorptio tarkoittaa ääniaallon vaimenemista, joka aiheutuu energiahäviöistä ääniaallon edetessä väliaineessa tai heijastuessa rajapinnasta. (Starck & Teräsvirta 2009,11; Lambacka 2015; Häkkinen 1998,217; Hentinen ym. 2002.)

Äänikentästä aiheutuvan hetkellisen ja staattisen paineen erotuksesta syntyy äänenpaine. Äänenpainetaso taajuuspainotettua arvoa sanotaan äänitasoksi. Standardoiduista mittausta varten tehdyistä taajuuspainotussuodattimista yleisin on melun haitallisuutta mittaava A-suodatin, jonka käyttöön useimmat säädökset ja määräykset perustuvat. A-painotettua äänenpainetasoa käytetään arvioimaan henkilöön kohdistuvan äänen vahingollista vai-

kutusta. A-suodattimen painotus pyrkii vastaamaan ihmiskorvan herkkyyttä. Mittausten tulokset ilmoitetaan A-äänenpainetasona (dB(A)), joka määrittää A-suodattimen mukaan painotettuna eri taajuuksien äänenpainoiden summan. Toinen yleinen mittauksissa käytetty on C-taajuuspainotus, joka kuvaa herkellisen äänenpaineen suurinta arvoa. Sen avulla voidaan arvioida impulssimelulle altistumisen haittavaikutuksia. (Hentinen ym. 2002; Euroopan komissio 2007a; Häkkinen 1998, 217.)

TÄRINÄ

Tärinä syntyy kappaleen heilahdellessa ulkoisten tai sisäisten voimien seurauksena. Käsitärinä aiheutuu työkappaleen tai -koneen pinnan värähdellessä nopeasti, mikä välittää liikkeen käyttäjän käteen. Kokokehontärinä aiheutuu koneiden tai ajoneuvon tärinän välityksessä istuimen tai jalkojen kautta kehoon. (Euroopan komissio 2007b.) Oleellisia tärinään liittyviä suureita ovat voimakkuus ja taajuus. Tärinän voimakkuudella voidaan tarkoitetaan sen siirtymää metreinä (m), nopeutta metreinä sekunnissa (m/s) tai kiihtyvyyttä metreinä sekunnissa sekuntia kohden (m/s²). Yleensä tärinää kuvataan kiihtyvyyden mukaan, koska useimmat tärinämittarit antavat kiihtyvyyteen liittyvän mittaustuloksen. Taajuus tarkoittaa tärisevän kappaleen edestakaisen liikkeen määrää. Sen yksikkönä käytetään hertsiä, joka kertoo syklien määrän sekuntia kohden. Merkittävänä pidetyt taajuusalueet ovat käsitärinässä 8–1000 Hz sekä kokokehontärinässä 0,5–80 Hz. (Euroopan komissio 2007b.)

MELUA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT ALUKSELLA

Aluksella melua aiheuttavat pääasiassa koneistot, propulsiojärjestelmät, pumput ja tuuletinimet. Toissijaisia melun lähteitä ovat järjestelmissä liikkuvat nesteet, sähkömuuntajat sekä laivan liikkeet. (Watson, Farley & Williams 2014; Rawson & Tupper 2001, 359.) Melu välittyy lähdeä ympäröivää ilmaa tai runkoa pitkin, johon lähde on kiinnitetty. Toimenpiteet melun rajoittamiseksi ovat haastavia, sillä ilmassa liikkuva ääni voi aiheuttaa herätteitä runkorakenteessa, johon se törmää aiheuttaen rakenteen melusäteilyn ympäröivään ilmaan. Esimerkiksi propulsorin toiminnassa suuri osa melusta välittyy veteen, joka aiheutuu painenvaihtelun vaikuttaessa laivan runkoon. Tämä aiheuttaa runkorakenteessa värähtelyä, joka välittää melua laivaan sekä takaisin veteen. Muut välitysmenetit kulkevat potkuriakselin ja sen tukilaitteiden kautta. (Rawson & Tupper 2001, 359.)

Ilmaa ja runkoa pitkin välittyvän melun suuria aiheuttajia ovat keskinopeat dieselmoottorit. Ne aiheuttavat melua hyvin laajalla taajuusalueella noin 8000 hertsiin saakka. Moottorin viritysaste vaikuttaa aiheutuvan melutason voimakkuuteen ja moottoreiden väliset yksilölliset erot hankaloittavat ennusteiden ja laskelmien tekoa. Moottorista aiheutuvaa runkoa pitkin välittyvää melua syntyy varsinkin sylinterin palamistapahtumasta, kaasujen virtauksista sekä mekanismien iskumaisista kontakteista. Kuormituksen ja pyörimisnopeuden nostaminen lisää herätteitä. (Räisänen 2000, 13-3; Häkkinen 1997, 231.)

Hidaskäyntisen dieselmoottorin aiheuttama melutaso painottuu keskinopean moottorin tavoin matalille taajuuksille. Korkeilla taajuuksilla moottorista aiheutuva ilmaa pitkin välittyvä melu johtuu usein ahtimen vihellyksestä. Se ei yleensä kuitenkaan kantaudu haitallisena tiloihin, jotka sijaitsevat kauempana moottorista. Hidaskäyntisen moottorin aiheuttama ilmaa pitkin välittyvä melu on vaimeampaa kuin vastaavan tehoisen keskinopean moottorin ja se on myös miellyttävämpi konehuoneessa työskenteleville. (Räisänen 2000, 13-3.)

Hammasvaihteet aiheuttavat ilmaa ja runkoa pitkin välittyvää melua. Yksittäisen melupiikin takia niistä aiheutuva melu voi olla häiritsevää jo matalillakin melutasoilla. Hammasvaihteista aiheutuvan melun taajuusalueet ovat hammastaajuudet, niiden monikerrat ja hammasrattaiden akseleiden pyörimistaajuuksiin yhdistyneet taajuudet. (Räisänen 2000, 13-3.)

Potkurin kavitoinnin aiheuttamat painepulsit rungon pinnalla synnyttävät värähtelyä ja melu etenee runkoa pitkin välittyvänä äänenä. Potkurin aiheuttamaa melua voidaan vähentää käyttämällä potkureissa highly-skew-lapoja, joilla on suora vaikutus melun vähentymiseen ja välillistä vaikutusta värähtelyn pienemiseen. (Räisänen 2000, 13-4.)

TÄRINÄÄ AIHEUTTAVAT TEKIJÄT ALUKSELLA

Mekaanisen värähtelyn eli värähtelyn herätevoimat aiheutuvat muun muassa aallokosta, potkurista, pää- ja apumootoreista sekä talvella jään murtamisesta. Erilaiset värähtelyherätteet jaotellaan niiden esiintymistaajuuden mukaan. Toinen tärkeä ominaisuus on värähtelyn kesto: se voi olla transienttia eli lyhytkestoista tai stationääristä eli jatkuvaa värähtelyä. (Räisänen 2000,14-1.)

Aallokossa kulkevan laivan runko on altis vaihteleville paineille. Runko on joustava, ja siksi osa aaltojen aiheuttamasta energiasta välittyy runkoon aiheuttaen värähtelyä siinä sekä paikoittain muissa kohteissa. Nämä värähtelyt jaetaan tyypillisesti kimmoiseen värähtelyyn, joka on kohtalaisen jatkuvaa ja vakaata värähtelyä sekä vipuvoimaiseen värähtelyyn, joka on lyhytkestoista värähtelyä. Yleisesti pystysuorat värähtelyt ovat tärkeimpiä huomioida, sillä aaltojen aiheuttamien voimien pystysuorat komponentit ovat vallitsevia. Kuitenkin myös vaakasuoralla ja vääntävällä värähtelyllä voi olla suuri vaikutus erityisesti aluksilla, joilla on suuria avoimia alueita, kuten konttialuksilla tai lentotukialuksilla. (Rawson & Tupper 2001, 351.)

Laivan rungon dieselmoottorin perustuksiin sekä siihen kytkettyihin laitteisiin aiheuttaman kuorman värähtelyominaisuuksia pystytään yleensä arvioimaan valmistajan antamien arvojen perusteella. Ongelma syntyy, jos värähtelyn kuorman taajuus on lähellä rungon tai kytkettyjen laitteiden luontaista taajuutta. Silloin pienestäkin häiriöstä aiheutuu resonoivaa vastetta. Moottorin aiheuttamat häiriöt voidaan jakaa ulkoisista voimista ja momenteista tai propulsiojärjestelmän voimansiirron aiheuttamasta vääntävästä värähtelystä johtuviksi.

Moottorin sisäiset voimat ja momentit yleensä imeytyvät moottorin käyntiin. Edestakaisin liikkuvat koneistot tuottavat voimakkaita voimia matalilla taajuuksilla. Pyörivät koneistot, kuten turbiinit ja sähkömoottorit tuottavat yleensä voimia, jotka ovat voimakkuudeltaan matalia ja taajuudeltaan korkeita. Propulsiojärjestelmästä aiheutuvat värinäherätteet voivat aiheutua linjaamattoman akselin ja epätasapainoisen potkurin aiheuttamien voimien ollessa samalla taajuusalueella akselin pyörimisnopeuden kanssa. (Harrington 1992, 113; Rawson & Tupper 2001, 350-351.)

Moottorin ulkoiset voimat ja momentit kasvavat mäntien ja käyntikoneiston liikkeestä, joka aiheuttaisi kiinnittämättömälle moottorille kääntymistä poikkiakselin, pituusakselin ja pystyakselin suhteen. Moottorin ollessa asennettuna laivaan nämä häiriöt voivat kasvattaa runkorakenteen antamaa vastetta. (Harrington 1992, 113.)

Poikkiakselin suhteen vaikuttavia voimia kompensoivat niin sanotut guide force -voimat voivat olla suuria ristikkapalemoottoreissa. Tämä johtuu moottorien pitkäskuisuudesta. Näiden voimien seurauksena tukemattoman moottorin yläpään poikittaissuuntainen heiluminen voisi olla niin suurta, että koneperustaan aiheutuisi repeämiä. Tämän vuoksi moottorin yläpää on kiinnitetty aluksen runkoon. Koneperustan lujuuden ja massan ollessa riittävän suuria, voidaan momenttien aiheuttamat ongelmat välttää. Ongelmallisissa hidaskäyntisissä 4-, 5- ja 6-sylinterisissä moottoreissa ongelmien syntyä voidaan välttää tasapainotuslaitteilla, jotka ovat epäkeskomassoja kiinnitettynä moottorin molempiin päihin. Näiden pyörivien massojen yhteisvaikutuksen seurauksena ulkoiset momentit kumoutuvat. (Häkkinen 1998, 216.)

Vääntävää värähtelyä syntyy jaksoittaisen vääntömomentin esiintyessä päällekkäin moottorin kuormalleen lähettämän vakaan vääntömomentin kanssa. Jaksoittaisen vääntömomentin lähteenä on moottorin erilliset työtahdit, jotka kehittävät vääntöpulsseja aina jokaisen työtahdin kohdalla kampiakselin kierroksen aikana. Tämä ilmiö on yleensä vallitseva vääntävän värähtelyn lähde laivoilla, jotka on varustettu hidaskäyntisellä dieselmoottorilla ja suoralla kytkennällä potkuriakseliin. (Harrington 1992, 113.)

Laivalla esiintyvää värähtelyä voidaan arvioida värähtelyanalyysien avulla, jotka tyypillisesti koostuvat herätteen arvioinnista, rakenteen värähtelyominaisuuksien arvioinnista sekä vaimennuksen huomioinnista. Herätteen arvioimisessa määritetään amplitudi, jaksollisuus, taajuus ja vaikutuspaikka. Rakenteen ominaisuuksista määritetään ominaistaajuuudet ja -muodot sekä niihin vaikuttavat rakenteen massa ja jäykkyys. Vaimennus vaikuttaa oleellisesti värähtelyyn pienentämällä värähtelyamplitudeja erityisesti resonanssitaajuuksien lähellä. (Räisänen 2000, 14-1.)

MELUUN JA TÄRINÄÄN LIITTYVÄT SÄÄDÖKSET

Aluksella esiintyvää melutasoa ja tärinää säädellään eri asetuksin ja kansainvälisin säädöksin. Näitä ovat muu muassa SOLAS-konventio (Chapter II-1/ Regulation 3-12), joka on kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (*International Convention for the Safety of Life at Sea; SOLAS*). Konvention mukaan laivat tulee rakentaa Merenkulun turvallisuuskomitean MSC:n resoluutiolla MSC.337(91) hyväksymän Code on Noise Levels On Board Ships -säädöksen mukaisesti tavalla, jolla vähennetään laivan sisäistä melua ja suojataan miehistöä melulta. Koodissa esitettyjä mittauksia on suoritettava, jotta koneosaston melutasot saadaan lippuvaltion määräämille tasoille. (IMO 2014, 52–53.) Jos melua ei saada riittävästi vähennettyä lähteestään, pitää melun lähde eristää tai erottaa. Tilan vaatiessa miehitystä tulee tilassa olla melulta suojainen paikka. Meluisissa tiloissa työskentelemään velvoitetulla henkilöllä tulee olla kuulosuojaimet. (IMO 2014, 52.)

Code On Noise Levels On Board Ships on kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n laatima säädös, joka asettaa kansainväliset standardit kuulon suojaamiseen laivoilla SOLAS chapter II-1/ regulation 3-12 -säädöksen nojalla. Päätöslauselmalla MSC.337(91) se on hyväksytty pakolliseksi säännöstöksi kansainväliselle liikenteelle. Standardeja on kehitetty huomioiden tyypillisimpiä matkustaja- ja rahtialuksia. Vaikka koodi on lakimääräinen SOLAS-säädöksen alla, jotkut koodin sopimusehdot ovat vain suosituksia tai informatiivisia. (IMO 2012.)

Melutasojen ja altistumisen mittaamista varten on laadittu suosituksia, joiden tarkoituksena on suojella merenkulkijaa kuulon heikentymisen riskiltä olosuhteissa, joissa melun vähentäminen turvalliselle tasolle ei ole mahdollista. Lisäksi puhekommunikoinnin tarvetta sekä hälytysäänien kuuluvuutta ajatellen, on annettu suosituksia ylärajojen asettamiseksi hyväksyttävillä melutasoilla kaikkiin tiloihin, joihin merenkulkijat pääsevät. Koodissa huomioidaan ainoastaan aluksen koneistojen ja propulsiolaitteiston aiheuttama melu. Tuulen, aaltojen tai jään aiheuttamaa melua ei huomioida. (IMO 2012.)

Koodissa asetetaan vaatimukset myös luotettavalle mittauslaitteistolle sekä mittausajankohdan ja -paikan määrittämiselle. Lisäksi koodi asettaa vaatimukset, jotka koskevat suurinta äänenpainetasoa huoneissa ja tiloissa, miehistön melualtistusta, asuintilojen välistä akustista eristystä sekä kuulosuojainten ja varotuskylttien käyttöä. Koodin loppuun on liitetty pohja äänitutkimusraportille, ohjeistus turvallisuusjohtamisjärjestelmän meluun liittyville ongelmille sekä yksinkertaistettu menettelytapa melulle altistumisen määrittämiseksi. (Watson, Farley & Williams 2014.)

Euroopan Unionin meludirektiivissä 2003/10/EY määritellään työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät vähimmäisvaatimukset, jotka koskevat melulle altistumisen aiheuttamia riskejä. Vaatimuksia sovelletaan toimintaan, jossa työntekijä altistuu tai saattaa

altistua työtehtävissään melulle. Suomessa valtioneuvoston asetus 85/2006 asettaa vastaavat ohjeet. (Lambacka 2015; Meludirektiivi 2003/10/EY.) Meluallistuksen tarkoituksenmukaista arviointia varten käytetään objektiivista mittausten menetelmää viittaamalla yleisesti tunnustettuun ISO-standardiin 1999:1990, jossa määritellään meluallistus kaiken työmelun osalta sekä työnantajan velvoitteet riskien määrittämisessä ja arvioinnissa. (Lambacka 2015; Meludirektiivi 2003/10/EY.)

Euroopan Unionin laatimassa tärinädirektiivissä 2002/44/EY asetetaan vähimmäisvaatimukset työntekijöiden terveyttä ja turvallisuutta koskien työtehtävissä, joissa altistutaan tärinän aiheuttamille riskeille. Suomessa vastaavat altistuksen toimintaraja-arvot on määritetty myös valtioneuvoston päätöksessä 48/2005. Direktiivi sallii poikkeuksia meri- ja lentoliikenteeseen, sillä näillä aloilla ei aina ole mahdollista noudattaa kokokehotärinälle laadittuja altistuksen raja-arvoja. Poikkeustapaukset kuitenkin vaativat asianmukaisia perusteluja. (Tärinädirektiivi 2002/44/EY.)

Merenkulkijoiden työympäristön melusta ja tärinästä säädetään lisäksi Valtioneuvoston päätöksellä työympäristöstä aluksessa (417/1981), Valtioneuvoston asetuksella työntekijöiden suojelemisesta tärinästä (48/2005) sekä Valtioneuvoston asetuksella työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006 ja työturvallisuuslailla (738/2002).

MELUTASON MITTAUKSET

Melutason mittauksissa äänenpainetason lukemat otetaan käyttämällä päivittäistä meluallistusta kuvaavaa A-taajuuspainotettua suodatinta sekä kovien impulssiäänien huippuarvoa kuvaavaa C-taajuuspainotettua suodatinta. (Euroopan komissio 2007a.)

Merikoeajossa suoritetuissa melutason mittauksissa IMO:n Code on Noise Levels Onboard Ships mukaan laivan tulisi olla lastattuna tai ottanut painolastia. Lisäksi laivan kurssin tulisi olla mahdollisimman suora ja nopeuden tulisi olla normaali operointinopeus. Kaikkien koneistojen, navigaatiojärjestelmien, radioiden ja tutkien tulee olla normaalissa operointitilassa läpi koko mittausjakson. (IMO 2012.)

Satamassa tehtävissä mittauksissa laivan lastinkäsittelylaitteista aiheutuvan melun ylittäessä sille asetetut ylärajat työalueella tai asumistiloissa, ovat melutason mittaukset aiheellisia. Mittausten aikana koneistojen tulee olla normaalissa satamaoperointitilassa. (IMO 2012.) Melutasoa voidaan mitata äänitasomittarilla, joka antaa suoran lukeman melutasosta. Äänitasomittarin käyttäjä valvoo mittausta, ja siksi se on yleensä tarkempi kuin meluanosmittari. Mittaus suoritetaan jokaisessa meluisassa tilassa, jossa miehistö työskentelee siten, että mittari on asetettu henkilön pään kohdalle ja se osoittaa äänenlähdetä kohti. Yksinkertaisilla äänitasomittareilla voidaan mitata työtilojen keskimääräistä äänitasoa, monipuolisemmilla mittareilla saadaan laaja-alainen kuva melun ominaisuuksista ja erityispiirteistä. (Euroopan komissio 2007a; MIP.)

Meluannosmittari on henkilökohtaisen melualtistuksen mittaamiseen tarkoitettu äänitasomittari, jota käyttäjän on tarkoitus kantaa mukana esimerkiksi työvuoron ajan. Lähelle käyttäjän korvaa kiinnitetään laitteesta lähtevä kaapeli, jonka päässä on mikrofoni. Melualtistusta mitataan tavallisesti 6–8 tuntia. (Euroopan komissio 2007a; MIP.) Mittauksilla saadaan selvitettyä prosentuaalinen meluannos verrattuna ylempään toiminta-arvoon, korkein huippuäänepainetaso ja sen esiintymisajankohta sekä keskimääräinen äänitaso, jolle käyttäjä on altistunut työvuoron aikana. Näiden tuloksien perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä meluntorjuntaohjelman tarpeellisuudesta ja kuulosuojainten käytöstä työtiloissa. (MIP.)

TÄRINÄN MITTAUS

Tärinämittauksia suoritetaan tärinään liittyvien ongelmien ilmaantuessa tai kunnonvalvonnan ja huollon yhteydessä. Pyörivässä koneistossa mittauslukemat otetaan pääasiallisesti laakeripesiltä mahdollisimman läheltä akselia. Lukemia voidaan ottaa myös koteloilta, tuilta ja muista olennaisista pisteistä. Tärinän voimakkuuteen ja taajuuteen liittyvät mittauslukemat tallennetaan tavallisissa mittauslaitteissa manuaalisesti, mutta jotkut laitteet sisältävät myös mittaustiedonkerääjän, josta mittauslukemat voidaan syöttää tietokoneeseen analyysiä varten. Saatavissa on myös erilaisia näyttöpäätteitä sekä laitteita, joissa on sisäänrakennettu analyysitoiminto. (McGeorge 1991, 153.)

Aluksen tärinää voidaan mitata myös seuraavilla kokonaisuuksilla, jotka voidaan jakaa suoritustavan ja päämäärän perusteella täristinkokeeseen laiturissa ja merikoeajomittaukseen. Täristinkokeella pyritään todentamaan laivalle lasketut tärinäominaisuudet sekä määrittämään tarvittavat suureet, jotta todellisten käyttötilanteiden värähtelyä olisi mahdollista ennustaa. Kokeessa täristin sijoitetaan lähelle aluksen pääasiallisia herätelähteitä ja hiljalleen muutetaan täristimen taajuutta, jotta löydetään rakenteen resonointitaajuuDET. Lisäksi määrätään jokaiseen ominaistaajuuteen liittyvä värähtelymuoto, yleistetty massa ja vaimennus. Merikoeajomittauksissa voidaan määrittää aluksen värähtelytaso todellisissa käyttöolosuhteissa sekä verrata mitattuja ja sallittuja arvoja. Tulosten pohjalta saadaan kartoitettua mahdolliset ongelma-alueet sekä kehitettyä hallintakeinot värähtelyn pienentämiseksi näillä alueilla. (Räisänen 2000, 14-18.)

Työntekijän tärinälle altistumisen taso on mitattava sekä arvioitava sen aiheuttaman terveys- ja työturvallisuusriskin suuruus. Tärinäaltistuksen mittaukset on suunniteltava ja toteutettava asianmukaisesti, ja mittaajan täytyy olla työterveyshuollon ammattilainen tai muu henkilö, joka on kykenevä suorittamaan tärinämittauksia ja -arvioita. (Työsuojeluhallinto 2007.) Käsitärinämittauksista saatujen tulosten pitäisi vastata työkalun tai prosessin työntekijälle aiheuttamaa keskimääräistä tärinäaltistusta työpäivän aikana. Käyttöolosuhteet ja mittausjaksot on tärkeää valita sen mukaan, esimerkiksi kaksin käsin pideltävästä työkalusta on tehtävä mittaukset molemmista käsistä ja tärinäaltistuksen määrittämiseen

on käytettävä suurinta mittaustulosta. (Euroopan komissio 2007b.) Käsitärinämittauksia voidaan tehdä kolmiakselisella kiihtyvyyssanturilla, joka kiinnitetään kiinnitysadapterin avulla käytettävään työkaluun. Mittauksia voidaan tehdä myös hanskoilla, joihin kiihtyvyyssanturi on integroitu ja joiden mukana on mittausten rekisteröintilaitte. (MIP.)

Kehontärinämittauksissa käytetään myös kolmiakselista kiihtyvyyssanturia, joka on niin sanotun istuintyynyn sisällä. Riippuen tärinän välittymisreitistä, käyttäjä istuu tai seisoo tyynyn päällä. Kehontärinässä merkittävänä taajuusalueena pidetään 0,5–80 Hz, ja koska vaurioriski ei ole sama kaikilla taajuuksilla, vaurion todennäköisyyden arvioimiseen eri taajuuksilla käytetään kahta erilaista taajuuspainotusta. Toinen taajuuspainotus on W_d -painotus, jota käytetään kahdella sivuakselilla X ja Y. Toinen taas on W_k -painotus, jota käytetään kohtisuoralla z-akselilla. (MIP; Euroopan komissio 2007b.)

MELUN EHKÄISEMINEN

Melun syntyminen koostuu kolmesta elementistä, joita ovat heräte, siirtotie ja vaste. Heräte on voimavaikutus, joka toimii melun alkusyynä, ja vaste on mitattava suure, jossa määritellään yleensä melun tai värähtelyn voimakkuus tietyssä pisteessä. (Tanttari & Saarinen 1995, 11.)

Melun esiintymisen kannalta laivan yleisjärjestelyssä sijoitettavat tilat ovat hyvin eriarvoisia. Tämän vuoksi tehokas melunhallintakeino on sijoittaa meluttomaksi haluttu tila mahdollisimman kauas melun herätteistä. Esimerkiksi pituussuunnassa yhdellä kaarivälillä saavutetaan melutasossa noin 0,5 desibelin vaimennus. Lisäksi tilojen välille on hyvä sijoittaa toisarvoisia tiloja, kuten varasto, messit ja pesutilat, jotka toimivat puskurialueina melua vastaan. Paksujen laipioiden tai laidoituksen viereen ei kannata sijoittaa meluttomaksi haluttuja tiloja, sillä kantavat laipiot ja laidoitus siirtävät hyvin runkoa pitkin välittyvää ääntä. (Räisänen 2000, 13-7.)

Meluberätteiden aiheuttamien melutasojen määrittämisen jälkeen voidaan herätteet asettaa suuruusjärjestykseen. Tämä voi olla hyödyllistä melua vähentäviä komponentteja valittaessa, jotta saavutettaisiin suurin kokonaishyöty sekä tehokkain tapa melutason vähentämiseen. (Harrington 1992, 467.) Hallitsevien meluberätteiden melutasojen arvioimisen jälkeen on tunnistettava melun mahdolliset siirtotiet jokaisen heräte- ja vastepaikan välillä. Esimerkiksi pumpun mekaaninen värähtely voi kulkeutua pumpun jalustan tai putkilyn kautta ympäröiviin rakenteisiin. Tällainen ääni luokitellaan runkoa pitkin välittyväksi ääneksi. Rakenteiden värähtelevät pinnat tuottavat myös ilmaa pitkin välittyvää ääntä. Usein huomiomatta jää putkiston sisällä kulkevan nesteen välityksellä välittyvä ääni, joka on pumpun aiheuttamien painepulssien muodossa ja voi aiheuttaa merkittävää rakenteellista värähtelyä alavirtaan kulkevissa putkistoissa ja komponenteissa. Kaikki herätteen aiheuttamat äänet eivät välity vastaanottajalle asti. Ääni voi kulkeutua eri suuntaan, sen eteneminen voi olla

estynyt, se voi heijastua takaisinpäin tai se voi vaimentua muuntuessaan lämpöenergiaksi. Näitä ilmiöitä on tärkeä ennakoida jokaisen siirtotien kohdalla, jotta saadaan mahdollisimman tarkka arvio äänen vastaanottajien melutasoista. Edellä mainittujen vaiheiden jälkeen lasketaan melutaso jokaisessa äänen vastepaikassa. Voi olla tarpeen myös laskea ilmaa pitkin välittyvän äänen vastepaikkojen akustiset ominaisuudet. (Harrington 1992, 468.)

Melutason analysoinnin jälkeen on tunnistettava mahdolliset keinot meluntorjunnalle, jotka sopivat yhteen laivan muiden suunnitteluvaatimusten kanssa. Melua imeviä ratkaisuja voidaan tehdä monenlaisista materiaaleista, mutta jotkut niistä aiheuttavat riskin laivapalolle. Siksi monet kaupalliset materiaalit ovat sopimattomia. Muita suunnittelun rajoituksia, jotka voivat vaikuttaa materiaalivalikoimaan, ovat painon ja tilavuuden rajoitukset, kustannukset ja kestävyys. (Harrington 1992, 468.)

RAKENTEELLINEN EHKÄISY

Tehokkain keino meluongelman ratkaisemiseksi on vähentää äänen herätteen voimakkuutta, jolloin muita keinoja ei välttämättä tarvitakaan. Herätteen melutasot voidaan minimoida käyttämällä hiljaisimpia saatavilla olevia komponentteja. Nämä voivat kuitenkin olla myös kaikkein kalleimpia eikä välttämättä tarpeeksi hiljaisia. (Harrington 1992, 469.)

Äänenvaimentimia voidaan kiinnittää esimerkiksi mäntämoottorien, kaasuturbiinien, tuuletin ja kompressoreiden imu- ja pakopuolelle vähentämään niiden aiheuttamaa ilmassa välittyvää melua. Useimmat äänenvaimentimet on suunniteltu toimimaan reaktiivisena, dissipatiivisena tai näiden kahden periaatteen yhdistelmänä. (Harrington 1992, 469.)

Reaktiivisen äänenvaimentimen toiminta perustuu heijastamiseen osan akustisesta energiasta takaisin äänenlähdettä kohti. Yksinkertaisin tällaisen äänenvaimentimen rakenne on paisuntakammio sijoitettuna pakolinjaan. Poikkileikkauksellisen alueen muutos aiheuttaa äkillisen muutoksen akustisessa impedanssissa, joka puolestaan estää osaa akustisesta energiasta etenemään pakolinjassa. Tämän tyyppisen äänenvaimentimen akustinen suorituskyky riippuu paisuntakammion pituudesta, paisuntakammion ja pakolinjan poikkileikkauksellisesta suhteesta sekä kulkeutuvan äänen taajuudesta. (Harrington 1992, 469.)

Dissipatiivinen absorptiovoimennin toimii heikentämällä ääntä imukykyisillä materiaaleilla. Mineraalivillaa käytetään usein tällaisena materiaalina. Periaatteena on äänienergian muuttuminen villan sisällä lämmöksi kitkan ansiosta. Vaimentimen rakenne on yleensä toteutettu ns. lamellirakenteella, jossa ääniaalto ja -virtaus liikkuu kapeassa solassa, jonka molemmilla puolilla on absorptiomateriaali. Ne ovat erityisen tehokkaita vaimennettavan melun esiintyessä useilla eri taajuuksilla. Tehdasvalmisteisten äänenvaimentimien akustinen suorituskyky riippuu niiden muodosta, koosta ja niiden yli vaikuttavasta staattisesta paineenpudotuksesta, mutta ne toimivat käytössä laaja-alaisemmin kuin reaktiiviset äänenvaimentimet. (Harrington 1992, 470; Hentinen ym. 2002.)

Koneistojen suuret värähtelevät pinnat ja kevyt rakenne voivat tehokkaasti säteillä ilmaa pitkin välittyvää ääntä ympäröiviin tiloihin. Värähtelevä pinta voidaan erottaa ympäröivästä ilmasta peittämällä pinnat päällysteellä, joka usein on pehmeää vaahtoa, jossa on jäykkä kalvo. Tällä voidaan vähentää kohteen aiheuttamaa ilmaa pitkin välittyvää ääntä. (Harrington 1992, 470.)

Koneistojen jäykistämättömät pinnat, kuten kotelot ja suojat voivat resonoida ja lisätä runkoa pitkin välittyvää ääntä. Asianmukaiset vaimennuskeinot sovellettuna näille pinnoille voivat vähentää merkittävästi värähtelytasoja. Tällaisia keinoja on kahdentyyppisiä, joista toinen on ns. vapaa kerrosvaimennus, jossa vaimentava materiaali on kiinnitetty suoraan värähtelevälle pinnalle. Ydinaineena vaimennuskerroksessa käytetään yleensä polymeerejä, kuten polyuretaani (PU), polyvinyylikloridi (PVC) ja polymetakryylimidi (PMI), jotka ovat tyyppillisiä viskoelastisia materiaaleja. Pinnan muuttaessa muotoaan värähtelyn seurauksena, vaimennuskerros tiivistyy ja laajenee. Samalla osa värähtelyenergiasta imeytyy vaimennuskerrokseen ja hajoaa lämmöksi. Toinen keino on ns. pakotettu kerrosvaimennus, jossa ohut levy on liimattu vaimennuskerroksen päälle. Pakotettu kerros aiheuttaa leikkausvoimia alempaan vaimennuskerrokseen värähtelevän pinnan muuttaessa muotoaan, jolloin leikkaava liike alemmassa vaimennuskerroksessa hajottaa osan värähtelyenergiasta. (Harrington 1992, 471; Hentinen ym. 2002.)

Useiden melua aiheuttavien koneiden ollessa samassa osastossa kuten tuuletinhuoneessa tai pumppuhuoneessa, yksittäisen koneiston sijaan koko osastoa voidaan pitää yhtenä äänen herätteenä. Tämä perustuu siihen, että melutaso osastossa syntyy laitteiden aiheuttaman äänienergian säteilyn lisäksi osaston omien akustisten ominaisuuksien perusteella. Vaihtoehto melutason vähentämiseksi heräteosastossa on muuttaa osaston akustisia ominaisuuksia. Tämä voi olla yksinkertaisempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto yksittäisen koneen käsittelemisen sijaan. (Harrington 1992, 472.)

ILMAA PITKIN VÄLITTYVÄN ÄÄNEN SIIRTOTEIDEN HALLINTA

Suurin osa aluksen meluntorjuntaongelmista liittyy ilmaa pitkin välittyvää meluun. Sitä pystytään käsittelemään monin eri keinoin, jotka kaikki sisältävät jonkinlaisen yhdistelmän kolmesta periaatteesta, jotka ovat siirtotien katkaiseminen, pidentäminen sekä vaimennuksen lisääminen. (Harrington 1992, 472-473.)

Siirtotien katkaiseminen on tehokas meluntorjuntakeino, ja se saavutetaan sijoittamalla este kuten väliseinä herätteen ja vastepaikan välille. Osittaisia esteitä voidaan käyttää, jos melua aiheuttavaan kohteeseen vaaditaan toistuvaa pääsyä. Ääni voi kuitenkin kulkeutua heijastussiirtoteitä kuten kohteen yläpuolella tai lähellä olevia laipioita pitkin. Tämä vähentää meluntorjuntakeinon tehokkuutta. (Harrington 1992, 473.)

Kotelot ovat jäykkiä rakenteita, jotka on asennettu yleensä tiiviisti melunlähteen ympärille. Ne voidaan jakaa akustisen toimintaperiaatteen mukaan pieniin ja suuriin koteloihin, jotka määräytyvät koneen ja kuoren välimatkan mukaan. Pieni kotelo toimii säteilyeristeenä sekä joustavana lisäkuorena koneen pinnalla. Suuri kotelo puolestaan toimii samankaltaisesti kuin ääntä eristävä huone. Vaatimus molemmille kotelotyypeille on pitää ne erillään rungosta sekä mahdollisuuksien mukaan tehdä niistä ilmatiiviitä. Kohde täytyy varustaa omalla äänenvaimentimella, jos koteloon on tehtävä aukko esimerkiksi tuloilmaa varten. Kotelomateriaaleina käytetään yleensä 1–2 millimetrin paksuista teräslevyä tai 5–10 millimetrin paksuista muovimateriaalia. Lisäksi kotelon sisäpinnoissa käytetään vähintään 30–50 millimetrin paksuisia absorptiomateriaaleja. Koteloinnilla saavutettava vaimennus on yleensä käytännössä noin 20 dB. (Hentinen ym. 2002; Tanttari & Saarinen 1995, 71.)

Herätteen ja vasteen välisen siirtotien pidentämisellä saavutetaan akustisen intensiteetin vähenemistä, ja samalla myös äänenpainetaso vastepaikassa pienenee. Kaksinkertaistamalla siirtotien pituus saavutetaan 6 desibelin melutason pieneneminen vastepaikassa. Siirtoteiden pidentäminen on mahdollista laivan suunnitteluvaiheen alussa ennen muiden järjestelyiden päättämistä. (Harrington 1992, 474.)

Ilmaa pitkin välittyvää melua voidaan vähentää myös asentamalla lisävaimennusta siirtoteiden varrelle. Äänenpainetaso tietyssä osastossa voi aiheutua suoraan säteilevästä äänestä tai takaisin heijastuvasta kaikuisasta äänestä. Kaikuisan äänen siirtoteiden ja osaston rajapintojen välillä voi olla monia vuorovaikutuksia. Lisäämällä vaimennusta rajapinnoille saadaan vähennettyä kaikuisan äänen intensiteettiä ja kokonaisäänepainetasoa. Tällaiset vaimentavat absorptiomateriaalit ovat huokoisia aineita, kuten mineraali-, lasivilla tai vaah tomuovi. (Harrington 1992, 475; Hentinen ym. 2002.)

Ilmanvaihtokanavissa ilmaa pitkin liikkuva ääni voi välittyä jokaiseen kanavistoon kuuluvaan osastoon. Ääni voi aiheutua tuulettimista, korkeanopeuksista ilmavirrasta tai se voi välittyä muista meluisista osastoista. Tätä ääntä voidaan tehokkaasti vaimentaa lisäämällä ilmanvaihtokanavaan vaimennusta. Se toteutetaan yleensä vuoraamalla kanavan sisäseinä lasivillatäytteellä, joka kiinnitetään rei'itetyllä metallilevyverhouksella. Vaimennus ilmaistaan desibeleinä jalkaa kohden ja siihen vaikuttaa vuorauksen paksuus sekä kanavan koko. (Harrington 1992, 475.)

RUNKOA PITKIN VÄLITTYVÄN ÄÄNEN SIIRTOTEIDEN HALLINTA

Runkoa pitkin välittyvään ääneen voidaan vaikuttaa samoilla kolmella periaatteella kuin ilmaa pitkin välittyvään ääneen. Kaikkein tehokkain tapa vähentää runkoa pitkin välittyvää ääntä on katkaista herätelähteen ja tukirakenteen välinen siirtotie. Tämä voidaan tehdä eristämällä värähtelevä kohde tukirakenteesta. Esimerkiksi generaattorisettien valmistajat

käyttävät elastomeerisiä tärinäeristimiä erottamaan moottorit ja generaattorit tukirakenteistaan. Tärinäeristimien tehtävänä on katkaista energian siirtotie pyörivän koneiston ja sen ympäristön välillä. Niiden on myös tarkoitus suojella herkkiä laitteita värähtelyltä. (Harrington 1992, 475; Bloxsom 2013.) Elastomeerisillä tärinäeristimillä ei yleensä pystytä erottamaan niin suuria massoja kuin jousikuormitteisilla tärinäeristimillä, mutta ne ovat ihanteellisia pienemmille massoille. Niiden värähtelyvaimennus on tehokkainta korkeilla taajuuksilla sekä ennalta arvaamattomien kasvavien voimien esiintyessä. Joissakin tapauksissa kohde on erotettava jousikuormitteisilla tärinäeristimillä, jotka tyypillisesti välittävät ainoastaan 5–10 prosenttia kohteen aiheuttamasta värähtelyenergiasta tukirakenteisiin. (Bloxsom 2013.)

Runkoa pitkin välittyvän äänen vähentämistä lisäämällä siirtotien pituutta herätteen ja vasteen välillä pidetään tehokkaana keinona aikaisessa suunnitteluvaiheessa, mutta myöhemmin sitä on harvoin mahdollista toteuttaa. Siirtotien vaimennuksen lisääminen on myös tehokas keino tapauksissa, joissa ääni leviää rakennetta pitkin taivutusaaltojen muodossa. (Harrington 1992, 476.)

ÄÄNEN VASTEPAIKAN HALLINTA

Äänen tavoittaessa vastepaikan sen hallinta tulee rajoittuneemmaksi, mutta hallinnalle on olemassa sovellettavia keinoja. Tavallisin keino on kuulosuojainten käyttäminen. Korvatulppien ja -kuppien yhdistelmää käytettäessä voidaan saavuttaa yli 30 dB:n melun väheneminen 250 Hz:n ja 8000 Hz:n välisellä taajuusalueella. Lisähyötynä korkeiden melutasojen alueilla kuulosuojaimet auttavat parantamaan puheen ymmärtävyyttä. Lyhytaikaiselle korkeille melutasoille altistumiselle kuulosuojaimet ovat kannattava ratkaisu. (Harrington 1992, 477.)

Runkoa pitkin välittyvää ääntä voidaan vähentää vastepaikassa myös muuttamalla paikan rakennetta. Kun vastekohde on kiinteällä asennuksella rakenteessa, voidaan värähtelyyn vaikuttaa muuttamalla rakenteen dynaamisia tekijöitä. Näihin tekijöihin pystytään vaikuttamaan lisäämällä rakenteen jäykkyyttä, joka tehdään yleensä lisäämällä tärisevien elementtien massaa tai asentamalla vaimentimet pienentämään resonoivan värähtelyn voimakkuutta. (Harrington 1992, 477.)

LÄHTEET

Bloxsom, W. 2013. Controlling Generator Set Vibration to Minimize Dynamic Loading on Building Structures. Internetjulkaisu. Saatavissa: http://www.mtuonsiteenergy.com/fileadmin/fm-dam/mtu_on-site_energy/6_press/technical-articles/en/3074941_OE_TechnicalArticle_ControllingGeneratorVibration_2013.pdf.

[viitattu 20.5.2017]

Euroopan komissio 2007a. Ohjeellisia toimintamalleja meludirektiivin 2003/10/EY soveltamista varten. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=4388&langId=fi>

[viitattu 20.3.2017]

Euroopan komissio 2007b. Ohjeellinen opas: Hyvät toimintatavat direktiivin 2002/44/EY (altistuminen tärinälle työssä) täytäntöön panemiseksi. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=3614&langId=fi> [viitattu 25.4.2017]

Harrington, R.L. 1992. Marine Engineering. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

Hentinen, M, Hynnä, P, Lahti, T, Nevala, K, Vähänikkilä, A & Järviluoma, M. 2002. Värähtelyn ja melun vaimennuskeinot kulkuvälineissä ja liikkuvissa työkoneissa. Internetjulkaisu. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2160.pdf> [viitattu 10.3.2017]

Häkkinen, P. 1998. Laivan koneistot. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Häkkinen, P. 1997. Laivan kuljetuskoneisto. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

IMO 2014. SOLAS Consolidated Edition. Lontoo.

IMO 2012. Code on Noise Levels Onboard Ships. Saatavissa: [https://www.trafi.fi/file-bank/a/1465990369/c278914fd8cef3e854b4e120451a6587/21824-MS_C337\(91\).pdf](https://www.trafi.fi/file-bank/a/1465990369/c278914fd8cef3e854b4e120451a6587/21824-MS_C337(91).pdf) [viitattu 10.2.2017]

Lambacka, K. 2015. Melua ja melskettä. Internetjulkaisu. Saatavissa: <http://www.tyofysioterapeutit.fi/wordpr/wp-content/uploads/2015/09/ARTIKKELI-Melua-ja-melskett%C3%A4.pdf> [viitattu 4.4.2017]

McGeorge, H. 1991. General Engineering Knowledge. Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Meludirektiivi 2003/10/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:FI:PDF> [viitattu 24.2.2017]

MIP s.a. Käsi- ja kehotärinä. Saatavissa: <http://www.mip.fi/cms/fi/sovellukset/vaeraehtely/kaesi-ja-kehotaerinae> [viitattu 22.3.2017]

Rawson, K & Tupper, E. 2001. Basic Ship Theory. Volume 1. Fifth Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Räisänen, P. 2000. Laivatekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Starck, J. & Teräsvirta, L. 2009. Melu. Helsinki: Työterveyslaitos.

Tanner, H. 2017. Melutasot ja tärinä laivoilla. Opinnäytetyö. Merenkulun koulutus, merenkulun insinööri AMK. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017053011087>.

Tanttari, J. & Saarinen, K. 1995. Työkoneiden melun vähentäminen - perusteet. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Työsuojeluhallinto. 2007. Tärinä ja sen torjunta työssä. Tampere. Saatavissa: http://www.mip.fi/cms/images/stories/docs/varahtely/saadokset/tso_43_kasitarina_kehotarina_ohjeet.pdf [viitattu 23.3.2017]

Tärinädirektiivi 2002/44/EY. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:546a09c0-3ad1-4c07-bcd5-9c3dae6b1668.0006.02/DOC_1&format=PDF [viitattu 24.2.2017]

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060085> [viitattu 25.2.2017]

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta tärinästä aiheutuvilta vaaroilta 48/2005. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050048> [viitattu 25.2.2017]

Työturvallisuus aluksella, alusten lastaus ja purku. Lakikokoelma 2005. Helsinki: Edita.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> [viitattu 25.2.2017]

Watson, Farley & Williams. 2014. Maritime Briefing. Internetjulkaisu. Saatavissa: <http://www.wfw.com/wp-content/uploads/2014/09/WFW-Maritime-Code-OnNoiseLevelsOn-BoardShips.pdf> [viitattu 10.2.2017]

MERILIIKENTEEN PÄÄSTÖ- VÄHENNYSTAVOITTEET

Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö & Marko Piispa, laboratorioteknikko

Meriliikenteen päästöt ovat olleet esillä julkisessa keskustelussa, mutta arviot päästöjen suuruudesta ovat olleet osin ristiriitaisia. Syynä tähän on tarkastelukulmien eroavaisuudet: eri kuljetusmuotojen keskinäinen vertailu tuottaa erilaisia tuloksia riippuen siitä, verrataan-ko yksittäistä kuljetusvälinettä, kuten laivaa autoon, vai kuljetetun tavarann tonnimäärää kilometrillä eli kuljetussuoritteella. Kuljetussuoritteella mitattuna merikuljetukset ovat ylivoimaisesti vähäpäästöisin kuljetusmuoto.

”Laivaliikenteen päästöt kasvavat hurjaa vauhtia – yksi risteilyalus voi päästää saman verran kuin sadattuhannet autot” uutisoi Helsingin Sanomat 14.8.2018. ”Maailman 15 suurinta konttilaivaa päästää ilmaan rikkiä, typpeä ja nokea yhtä paljon kuin 750 miljoonaa autoa” kirjoitti Tekniikka & Talous -lehti 25.9.2018. Uutisointi levisi laajasti tiedotusvälineissä ja sosiaalisessa mediassa ja arvio turhautti monia – yksilöä koskettavat, kuten yksityisautoiluun kohdentuvat ympäristövaatimukset, tuntuvat kohtuuttomilta ja muut päästövähennyskeinot tehottomilta laivaluokan päästöjen rinnalla.

Tekniikka & Talous jatkoi meriliikenteen kasvihuonepäästöistä uutisointia 9.10.2018 otsikolla ”Maailmassa on yksi ainoa sektori, johon ei kohdistu päästoleikkauksia”. Tämä virheellinen tieto korjattiin kuitenkin pian: ”Myös merenkulun kasvihuonekaasupäästöjä halutaan rajoittaa” (Tekniikka & Talous 12.10.2018).

Nämä uutiset, vaikkakin osin virheelliset tai tarkoitushakuiset, käynnistivät laajan keskustelun eri kuljetusmuotojen ympäristöstävällisyydestä.

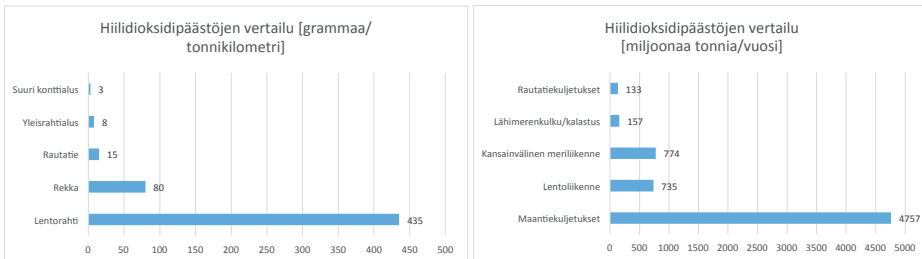
Vastineensa julkaisi mm. liikenne- ja viestintäministeri Anne Berner tiedotteessaan 8.10.2018: ”Suomen kasvihuonekaasupäästöistä viidennes tulee liikenteestä ja siitä valtaosa tieliikenteestä”. Tieliikenteen osuutta tarkensi Suomen Varustamot Ry:n toimitusjohtaja Tiina Tuurnala (12.10.2018): ”Noin 90 prosenttia kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy tieliikenteestä. Eurooppaa tarkastellen tieliikenteen osuus liikenteen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä on yli 70 prosenttia ja se vastaa suurimmasta osasta ilmansaasteita”.

Päästökeskustelu vaimentui Tekniikan Maailman 24.10.2018 kirjoitukseen ”15 suurimman laivan päästöt ovat samat kuin maailman kaikissa henkilöautoissa – Ei muuten pidä paik-

kaansa!”. Tekniikan Maailma pyrkii artikkelissaan katkaisemaan siivet ”urbanilegendalta maailman suurimpien laivojen pakokaasupäästöistä” (Nieminen 2018).

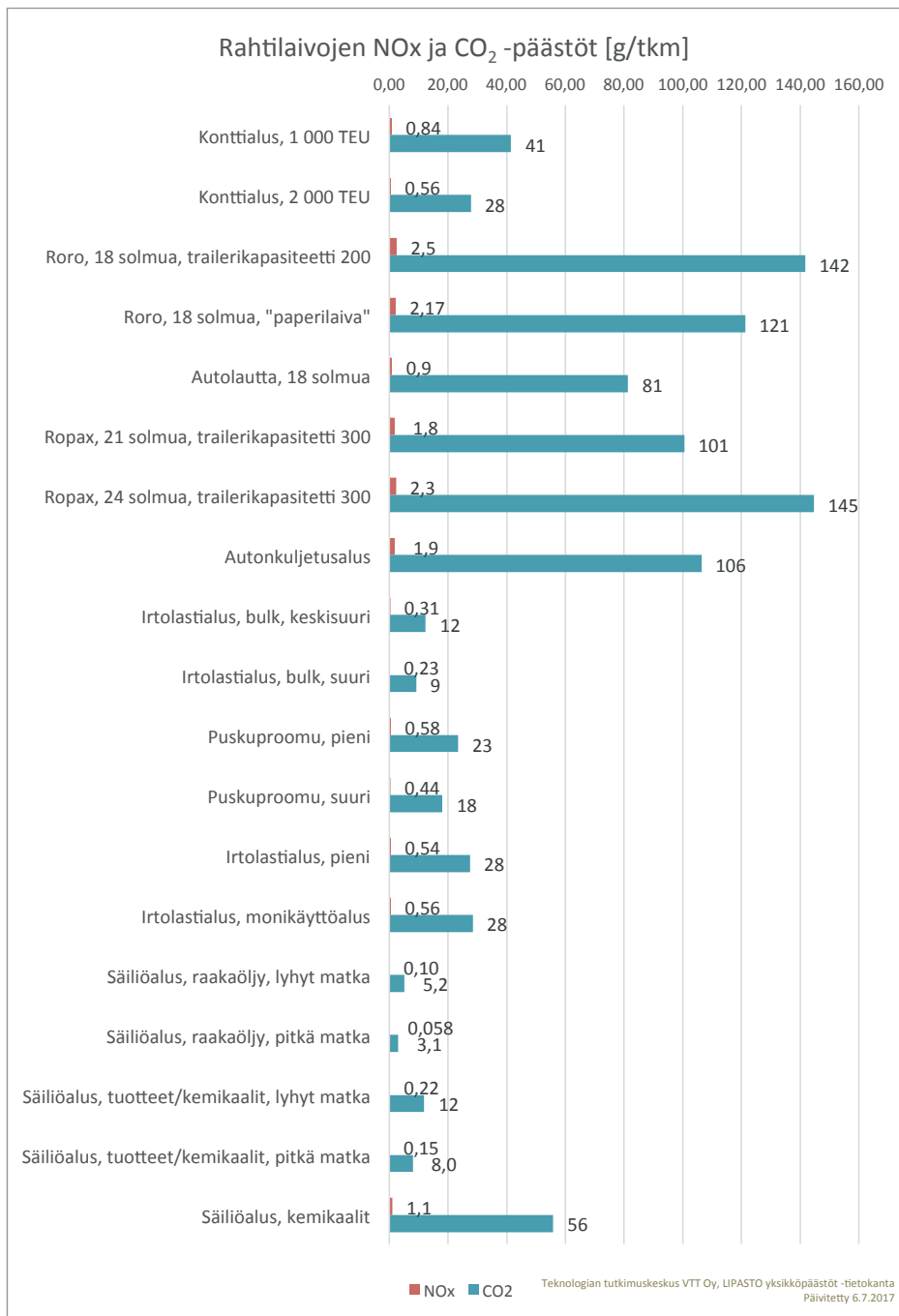
MERILIIKENTEN PÄÄSTÖT MUIHIN KULJETUSMUOTOIHIN VERRATTUNA

Maailman kaupasta 90 prosenttia kulkee meritse, mutta päästöistä noin 2,5 prosenttia aiheutuu merenkulusta (Tuurnala 2018). Kuljetusmuotojen ympäristöystävällisyyttä vertailtaessa merkittävää on se, mitä mitataan: kuljetusvälinettä vai kuljetussuoritetta (tonnikilometri). Meriliikenne on ympäristöystävällisin kuljetusmuoto erityisesti suurten tavaramäärien kuljetuksessa, ks. kuva 1. Ison konttialuksen hiilidioksidipäästöt ovat alle 4 prosenttia kumipyöräkuljetuksen tai alle 0,7 prosenttia lentorahdin päästöistä, kun verrataan CO₂-päästögrammoja tonnikilometrillä (IMO 2009).



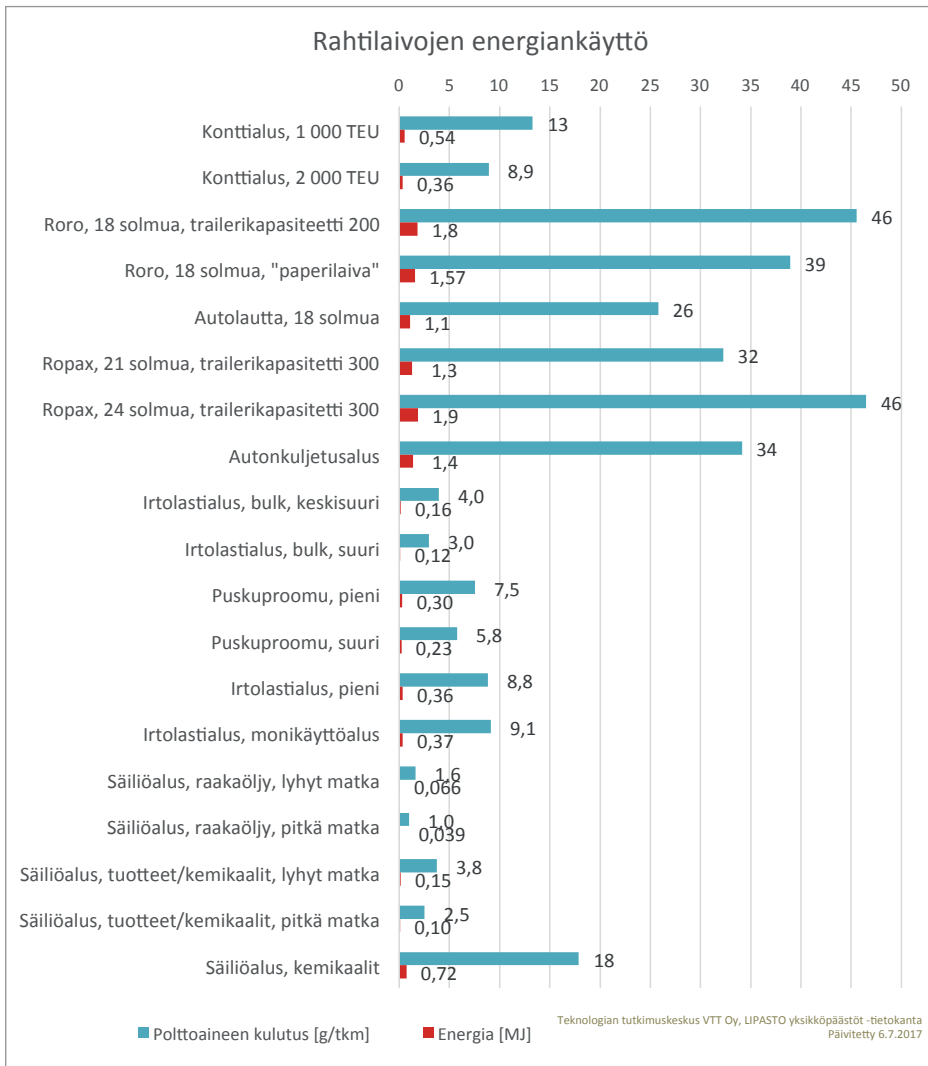
Kuva 1. Hiilidioksidipäästöt eri kuljetusmuodoissa kuljetussuoritteen mukaan arvioituna [grammaa/tonnikilometri] sekä kokonaishiilidioksidipäästöt [miljoonaa tonnia vuodessa]. Kuljetussuorite (tonnikilometri) kuvaa kuljetustyön määrää, joka saadaan kuljetetun tavaramäärän (tonnia) ja kuljetusmatkan pituuden (kilometriä) tulona. (Päästöarvojen lähde: IMO 2009).

Meriliikenne tuottaa hiilidioksidin lisäksi hiilimonoksidi-, metaani-, rikkidioksidi-, typen oksidi- ja pienhiukkaspäästöjä. Hiilidioksidi on niistä kuitenkin merkittävin (IMO 2009, 62). Kuvassa 2 on vertailtu rahtialusliikenteen tuottamia hiilidioksidin- ja typenoksidipäästöjä tonnikilometrillä. Erot eri alustyyppien välillä ovat huomattavia.



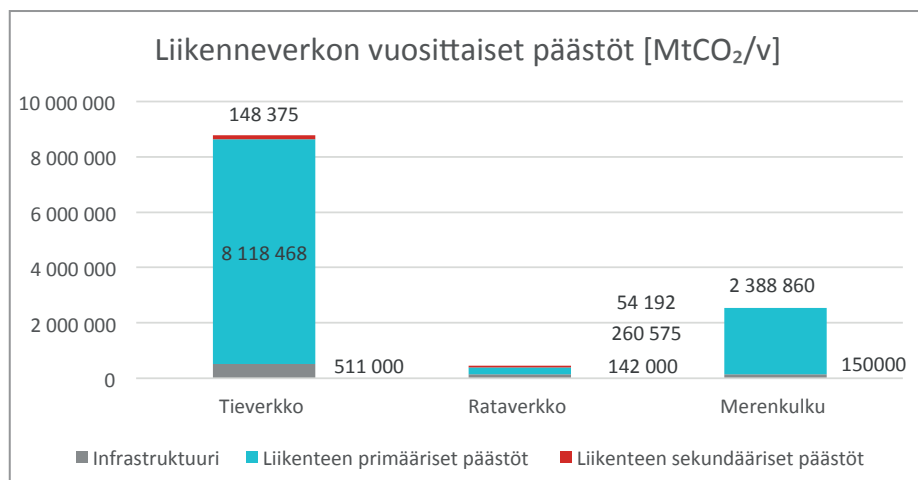
Kuva 2. Suomen laivaliikenteen tavarankuljetusten keskimääräiset typenoksidi- ja hiilidioksidipäästöt. Tiedot vuodelta 2016 VTT:n LIPASTO -tietokannasta.

Liikennemuodon kestävyyttä voidaan arvioida myös energiankulutuksen perusteella. Energiatohokkuus vaihtelee eri alustyyppien välillä, kun aluksen kuljettamaa hyötykuormaa tarkastellaan suhteessa polttoaineen kulutukseen. Öljysäiliöalus, jonka lastitila on täynnä hyötykuormaa, on hyvin energiatahokas. Vastaavasti RORO-aluksessa lastiyksikön vetolaite, rekka tai perävaunu, vievät lastitilaa, jolloin hyötysuhde jää huomattavasti alhaisemmaksi. (Jalkanen 2017.)



Kuva 3. Suomen laivaliikenteen tavarakuljetusten keskimääräinen energiankäyttö vuonna 2016. Tiedot VTT:n LIPASTO -tietokannasta.

Kokonaisvaltaiseen liikennemuodon tarkasteluun tulisi kuitenkin sisällyttää kuljetusten tarvitseman infrastruktuurin, kuten väylästön ja sen kunnossapidon sekä lastinkäsittelyn energiankulutus. Liikennevirasto vertasi eri kuljetusmuotojen hiilijalanjälkeä toisiinsa vuonna 2012. Selvityksen mukaan maantieninfrastruktuurin päästökseen saatiin keskimäärin 511 000 tCO₂ vuodessa, kun tieliikenteen aiheuttamat päästöt vastaavilla tieosuuksilla ovat noin 8,3 MtCO₂ vuodessa. Rautateiden pääraiteiden infrastruktuurin aiheuttamat päästöt ovat keskimäärin 142 000 tCO₂ vuodessa ja rautatieliikenteen päästöt 315 000 tCO₂ vuodessa. Merenkulussa infrastruktuurin päästöt ovat keskimäärin 150 000 tCO₂ vuodessa ja liikenteen 2,4 MtCO₂ vuodessa. (Illman et al. 2012, 3.) Kaikissa kuljetusmuodoissa liikenteen primääristen päästöjen todettiin olevan merkittävästi suurempia verrattuna infrastruktuuriin: kulkuväylillä liikennöivien ajoneuvojen, junien ja alusten kuluttama energia on Suomen liikenneverkon kasvihuonekaasupäästöjen selvästi suurin lähde (Illman et al. 2012, 71). Selvityksessä arvioitiin, että meriliikenteessä päästöjen suurin lähde on käytönaikainen energiankulutus: joko sataman työkoneiden kuluttama polttoaine tai sataman käyttämä sähkö, kun satamien ja väylien rakentamiseen käytetyt materiaalit, niiden kuljetukset ja asennukset eivät sen sijaan vaikuta merkittävästi elinkaari-päästöihin (Illman et al. 2012, 3).



Kuva 4. Merenkulun sekä tie- ja rataverkon vuosittaisten päästöjen jakautuminen infrastruktuurin ja liikenteen primäärisiin ja sekundäärisiin päästöihin. (Tietojen lähde: Illman et al. 2012, 68)

Liikenneverkon kokonaishiilijalanjälki muodostuu tie-, rautatie- ja meriliikenteen aiheuttamista primäärisistä ja sekundaarisista päästöistä. Tieverkon päästöt ovat 75 prosenttia koko hiilijalanjäljestä, rataverkon 4 prosenttia ja merenkulun 21 prosenttia Infrastruktuurin osuus koko liikenneverkon hiilijalanjäljestä on 7 prosenttia, primääristen liikennepäästöjen 91 prosenttia ja sekundaaristen liikennepäästöjen 2 prosenttia. (Illman et al. 2012, 68.)

Tieverkon päästöt ovat suurimmat sekä infrastruktuurin että liikenteen päästöjen osalta (kuva 4). Merenkulun ja rataverkon infrastruktuuripäästöt taas ovat keskenään saman

suuruiset, mutta laivaliikenteen rautatieliikennettä suuremmat päästöt johtavat siihen, että merenkulun kokonaispäästöt ovat kuusinkertaiset rataverkon päästöihin verrattuna. (Illman et al. 2012, 68.)

LAINSÄÄDÄNTÖ JA TALOUDELLISET KANNUSTIMET PÄÄSTÖJEN RAJOITTAMISEKSI

Kansainväliselle merenkulkujärjestölle IMO:lle (International Maritime Organization) annettiin tehtäväksi rajoittaa ja vähentää meriliikenteen päästöjä jo Kioton pöytäkirjan nojalla vuonna 1997 (Satuli 2018). IMO tekee päätöksiä enemmistökannan periaatteella, joten prosessi on ollut pitkä. Ensimmäiset IMO:n asettamat päästövähennysrajoitteet astuivat voimaan 2011 osana MARPOL-säädöksiä. Alusten energiatehokkuutta säätelevät vaatimukset (EEDI ja SEEMP) astuivat voimaan 2013.

Roadmap kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi luotiin 2016 ja tämän vuoden huhtikuussa päätettiin meriliikenteen tulevista päästöleikkauksista. Päätöksen mukaan meriliikenteen hiilidioksidipäästöjä tulee vähentää 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 70 prosenttia vuoteen 2050 mennessä vuoden 2008 tasoon verrattuna. (IMO 2018.) Vertailun vuoksi, EU-maat ovat sopineet uusien henkilö- ja pakettiautojen hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteeksi 30–35 prosenttia vuoteen 2030 mennessä (Tuurnala 2018). Lisäksi merenkulun vuotuista kasvihuonekaasujen kokonaispäästömäärää tulee pienentää vähintään 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä ja jatkaa asteittain kohti hiilidioksidipäästöjen täydellistä poistamista. Päästörajoitukset tulevat koskemaan koko aluskantaa, ei vain uusia aluksia, ja niitä myös valvotaan aluskohtaisesti. Globaali päästömittaustavoite astuu voimaan vuoden 2019 alussa. (IMO 2018; Tuurnala 2018.) Tavoitteet ovat kunnianhimoiset, etenkin kun huomioidaan liikennemäärien jatkuva kasvu (Tuurnala 2018).

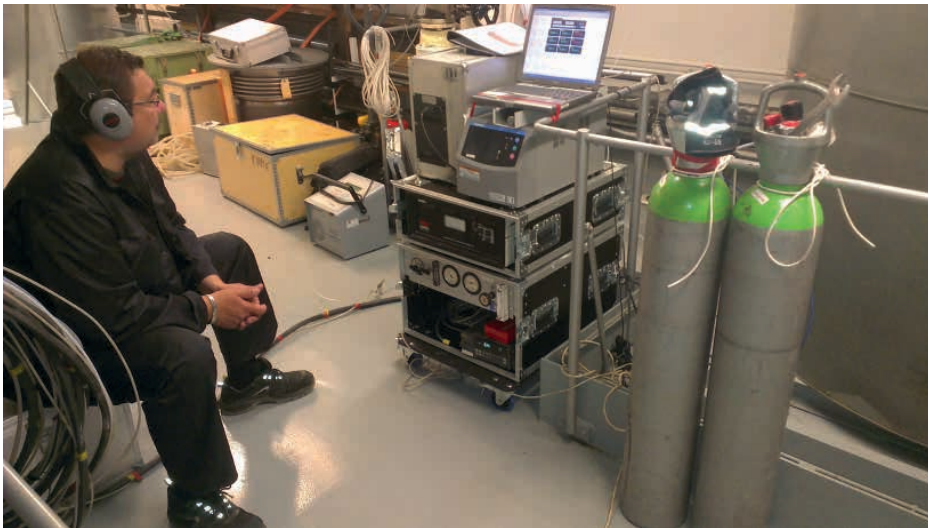
Itämeren alue on määritelty erittäin herkäksi merialueeksi, ja sitä koskee muita merialueita tiukemmat päästörajoitukset. Itämeri on yksi ns. SECA-alueista (Sulphur emission control area), joilla sallitut rikkipitoisuusrajat laskivat vuonna 2010 1,5 prosentista 1,0 prosenttiin ja edelleen 0,1 prosenttiin vuoden 2015 alusta. Rikkidirektiivin myötä merenkulun rikkipäästöt ovat Pohjois-Euroopassa vähentyneet merkittävästi. Globaali 0,5 prosentin rikkiraja tulee voimaan 1.1.2020. Itä- ja Pohjanmeren alueella typpirajat astuvat voimaan 1.1.2021. (Tuurnala 2018; IMO 2018b.) Typen vähentämisvaatimukset koskevat vain uusia aluksia, jolloin ympäristöhyöty tulee täysimääräisesti näkyviin vasta 20–30 vuoden kuluttua aluskannan uusiuduttua (Jalkanen 2017). Seuraavaksi tiukentunevat mustahiilipäästöjä koskevat määräykset. Myös raskaan polttoöljyn käyttökieltoa suunnitellaan.

Varustamot ovat myös alkaneet enenevässä määrin hakea kilpailuetua lainsäädännön vaatimusten ylittävillä ympäristöratkaisuilla. Yksi esimerkki tästä on alusten oma ”ympäristömerkki” eli Clean Shipping Index (CSI). CSI on riippumattomien tahojen suorittama

kokonaisvaltainen ympäristövaikutusten selvitysjärjestelmä, jonka lopputuloksena alukselle saadaan vertailulukku. Vertailuluvun perusteella rahdinantajat voivat valita tuotteilleen vihreämmän rahdinkuljettajan. Vertailulukua voidaan hyödyntää alusten satama- ja väylä-maksuja määriteltäessä, jolloin se tarjoaa myös taloudellisen kannustimen. Näin toimitaan esimerkiksi Ruotsissa. CSI huomioi CO₂-päästöjen lisäksi mm. SO_x-, NO_x- ja hiukkas-päästöt sekä aluksen tuottaman jäte- ja kemikaalikuormituksen sekä vedenkulutuksen (Clean Shipping Index 2018).

KEINOJA PÄÄSTÖTAVOITTEEN SAAVUTTAMISEKSI

Keinoina päästötavoitteiden saavuttamisessa nähdään vähäpäästöisten ja uusiutuvien poltto-aineiden, tuulivoiman, sähkön ja jätöpohjaisen biopolttoaineiden käyttö. Energiatieteiden avulla voidaan parantaa myös muun muassa runkosuunnittelulla ja automaatiojärjestelmillä. Päästöjä voidaan vähentää pakokaasupesureilla ja katalysaattoreilla, ja esimerkiksi typenoksidipäästöjä vesiruisputuksella. Aluksen hyötysuhdetta voidaan parantaa uudenaikaisilla potkureilla, azipodeilla ja roottoripurjeilla. Polttoainetaloudellisuutta parantavat myös pohjan ja potkurin säännöllinen puhdistaminen. (Pohtila 2017.)



Kuva 5. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Kymilabs on akkreditoitu laivojen ja voimalaitosten diesel- ja kaasumootoreiden pakokaasumittauksiin. Kymilabs on tällä hetkellä ainoa laboratorio, joka suorittaa CSI-järjestelmän mukaisia päästömittauksia Itämeren alueella. (kuva: Mikko Nykänen)

Valinnat energiatehokkaiden ratkaisujen välillä eivät välttämättä ole laivanvarustajalle yksiselitteisiä. Tekniikat ovat pääsääntöisesti uusia; osasta ei ole riittävästi käyttökokemuksia tai todennettua tietoa aluksen hyötysuhteen kasvusta tai vaikutuksesta kokonaishiilijalanjälkeen. Esimerkiksi nesteytetty maakaasu (LNG, Liquefied Natural Gas) vähentää merkittävästi rikin ja typen oksideja ja pienhiukkaspäästöjä. Kasvihuonekaasujen osalta

LNG:n tilannetta on kuitenkin arvioitu kaksitahoiseksi. Ilmatieteenlaitoksen (Jalkanen 2017) mukaan kaasukäyttöinen moottori voi tuottaa vähemmän hiilidioksidia kuin meridieseliä käyttävä, mutta palamattoman polttoaineen pääsy polttoprosessin ohi voi helposti kumota saavutetun ilmastohyödyn. LNG on suurimmalta osalta metaania, joka on 25 kertaa voimakkaampi ilmaston lämmittäjä kuin hiilidioksidi. Jo yhden gramman metaanipäästö kilowattituntia kohden voi nollata ilmastonäkökulmasta saavutetun hyödyn (Jalkanen 2017). Moottoritekniikalla on suuri merkitys palamattoman metaanin määrään. Lisäksi päästöjä voi syntyä esimerkiksi vuodoista pumpuissa, putkilinjoissa sekä putki- ja letkuliitoksissa. Hetkellisiä päästöjä saattaa syntyä muun muassa tankkaustilanteessa laippojen ja yhteiden vuotaessa. (Räisänen, Piispa & Nykänen 2017, 8–9.) Tarvitaan siis kokonaisvaltaista tarkastelua sekä päästöjen faktista mittausta ja mahdollisten ongelmakohtien osoittamista. Aluksen bunkrauksen eli polttoaineen tankkauksen yhteydessä syntyviä LNG-päästöjä mitattiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun *Vähähiiliset satamatoiminnot* -hankkeessa. Hankkeen mittausten perusteella bunkrauksen aikana ei synny merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä (metaani). Pieniä metaanipäästöjä saattaa syntyä bunkrauslinjoja huuhdeltaessa bunkrauksen päättyessä tai kun bunkrauslinja irrotetaan aluksesta tai polttoainetäydennystä suorittavasta yksiköstä. Moottorien käytönaikaisten päästöjen todentamiseksi tulisi kuitenkin mitata metaanipäästöjä eri kuormitustilanteissa (Räisänen, Piispa & Nykänen 2017, 31).

Taulukko 1. Kymilabsin päästömittauslaboratorion pätevyysalue.

SCOPE OF ACCREDITATION		
Ympäristötestaus, Päästömittaukset / Environmental testing, Emission measurements ¹		
Testattava materiaali / tuote Material / product tested	Testityyppi, mittausalue Type of test, measured range	Testausmenetelmä Test method
Prosessiteollisuuden poistokaasut sekä laivojen ja voimalaitosten diesel- ja kaasumootoreiden pakokaasut Process industry gases and emission measurements of diesel and gas engines in Marine and Power Plant applications	NOx: 10–2000 ppm CO: 2–1000 ppm CO ₂ : 0,2–16 vol-% O ₂ : 0,1–21 vol-% SO ₂ : 1–1000 ppm Pitoisuuden mittaaminen jatkuvatoimisella analyysointilaitteella ja päästön määrittäminen Continuous gas analysis and determination of emission	<ul style="list-style-type: none"> – Modifioitu ISO 8178-2 – Modifioitu IMO NOx Technical Code¹, Chapter 6 – SFS-EN 14791, SFS-EN 14792, SFS-EN 15058, ISO 12039, SFS-EN 14789 – Modified ISO 8178-2 – Modified IMO NOx Technical Code¹, Chapter 6 – SFS-EN 14791, SFS-EN 14792, SFS-EN 15058, ISO 12039, SFS-EN 14789
Prosessiteollisuuden poistokaasut sekä laivojen ja voimalaitosten diesel- ja kaasumootoreiden pakokaasut Process industry gases and emission measurements of diesel and gas engines in Marine and Power Plant applications	Hiukkaspitoisuus ja hiukkaspäästö, 2–500 mg/m ³ (n) Particle concentration and emission, 2–500 mg/m³(n)	EN 13284-1
Laivojen diesel- ja kaasumootoreiden pakokaasut Emission measurements of diesel and gas engines in Marine applications	Ammoniakin näytteenotto ja pitoisuuden määrittäminen 1–200 ppm Sampling and determination of emission of ammonia, 1–200 ppm	VDI 2461-1 ja/and Värmeforsks mätan- dbok, 3. painos 2005, s. 183–192 /3rd edition 2005, pages 183–192

¹ IMO NOx code = Annex VI of MARPOL 73/78, Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code

PÄÄSTÖMITTAUKSET

Alusten moottoreiden päästöjä seurataan ja todennetaan pakokaasujen päästömittauksilla. Mittauksia tehdään, jotta voidaan osoittaa esimerkiksi rikkipesurin, katalysaattorien tai moottorin vesiruiskutuksen toiminta ja tehokkuus. Päästömittauksia tehdään myös, kun halutaan selvittää, täyttääkö uusi alus sille asetetut päästöraja-arvot ja takuehdot päästöjen osalta. Uusissa aluksissa mitataan usein katalysaattorien suorituskykyä typenoksidien ja ammoniakkin osalta. Samalla mitataan myös orgaanisen hiilen, hiilidioksidin ja hiilimonoksidin arvot.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa toimiva Kymilabs aloitti alusten moottoreiden päästömittaukset vuonna 1992, ja se on sen jälkeen osallistunut lukuisiin tutkimus- ja tuotekehityshankkeisiin. Hankkeissa on kehitetty ja tutkittu mm NO_x- ja SO₂-vähennystekniikkaa. Merkittävässä roolissa ovat olleet myös erilaiset tuotekehitys- sekä takuu- ja vastaanottomittaukset rikkipesureille. Hankkeissa on selvitetty myös erilaisten moottoreiden ja alustyyppien ominaispäästöjä. Vuonna 2000 saadun akkreditoinnin myötä Kymilabs voi suorittaa mm. väylämaksuihin vaikuttavien typenoksidien ja ammoniakkipäästöjen todentamista viranomaisia varten (taulukko 1). Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Kymilabs on tällä hetkellä käytännössä ainut laboratorio, joka suorittaa IMO NO_x Coden ja nykyisin CSI-järjestelmän mukaisia väylämaksumittauksia Itämeren alueella.

LÄHTEET

Clean Shipping Index 2018. Verkkodokumentti. Saatavissa: <https://cleanshippingindex.com/methodology/> [viitattu 7.11.2018].

Illman, J.; Kumpulainen, A.; Pesola, A. & Vanhanen, J. 2012. Merenkulun ja liikenteen hiilijalanjälki. Osa 1: Merenkulun hiilijalanjälki. Osa 2: Tie-, rata- ja meriliikenteen hiilijalanjäljet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2012. ISBN 978-952-255-165-8

IMO 2018. Greenhouse Gas Emissions. International Maritime Organization (IMO). Verkkodokumentti osoitteessa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/GHG-Emissions.aspx> [viitattu 16.10.2018].

IMO 2018b. Special Areas under MARPOL. International Maritime Organization (IMO). Verkkodokumentti osoitteessa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/SpecialAreasUnderMARPOL/Pages/Default.aspx> [viitattu 16.10.2018].

IMO 2009. Second IMO GHG Study 2009. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf> [viitattu 16.10.2018].

IMO 2015. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Final Report. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf> [viitattu 16.10.2018].

IMO 2018. INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS. RESOLUTION MEPC.304(72), adopted on 13 April 2018. Saatavissa: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Resolution%20MEPC.304\(72\)_E.pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Resolution%20MEPC.304(72)_E.pdf) [viitattu 16.10.2018].

Jalkanen, J-P. 2017. Merenkulun ympäristösääntelyn suuntaviivoja. Ilmatieteen laitos. Kirjoitus Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan ajankohtaista -sivulla 8.8.2017. Saatavissa: <https://tietokayttoon.fi/ajankohtaista/blogi/-/blogs/merenkulun-ymparistosaaentelyn-suuntaviivoja> [viitattu 17.10.2018].

Laatikainen, T. 2018. Laiva kääntyy hitaasti ympäristöystävälliseksi - 15 suurimman konttilaivan päästöt vastaavat 750 miljoonaa autoa. Tekniikka & Talous. 25.9.2018. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/puheenvuorot/laiva-kaantyy-hitaasti-ymparistoystavalliseksi-15-suurimman-konttilaivan-paastot-vastaavat-750-miljoonaa-autoa-6678775> [viitattu 16.10.2018].

Lampela, R. 2018. Maailmassa on pitkään ollut yksi ainoa sektori, johon ei ole kohdistunut päästöleikkauksia - aiheuttaa 60 000 kuolemaa vuosittain. Tekniikka & Talous. 9.10.2018. Saatavissa: https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/maailmassa-on-pitkaan-ollut-yksi-ainoa-sektori-johon-ei-ole-kohdistunut-paastoleikkauksia-aiheuttaa-60-000-kuolemaa-vuosittain-6744138 [viitattu 16.10.2018].

Lampela, R. 2018. Myös merenkulun kasvihuonekaasupäästöjä halutaan rajoittaa. Tekniikka & Talous. 12.10.2018. Saatavissa: https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/myos-merenkulun-kasvihuonekaasupaastoja-halutaan-rajoittaa-6744638 [viitattu 16.10.2018].

Mikkonen, M. 2018. Laivaliikenteen päästöt kasvavat hurjaa vauhtia – yksi risteilyalus voi päästää saman verran kuin sadattuhannet autot. Helsingin Sanomat 14.8.2018. Saatavissa: <https://www.hs.fi/ulkomaat/art-2000005790170.html> [viitattu 16.10.2018].

Nieminen, J. 2018. 15 suurimman laivan päästöt ovat samat kuin maailman kaikissa henkilöautoissa – Ei muuten pidä paikkaansa! Tekniikan Maailma 24.10.2018, muokattu 5.11.2018. Saatavissa: <https://tekniikanmaailma.fi/lehti/20a-2018/15-suurimman-lai- van-paastot-ovat-samat-kuin-maailman-kai- kissa-henkiloautoissa-ei-muuten-pida-paikkaan- sa/?shared=912111-8f33d9bb-500> [viitattu 7.11.2018].

Pohtila, P. 2017. Laivan kokonaishyötysuhteen parantaminen. Opinnäytetyö. Merenkulku, Merenkulkualan insinööri. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017112317895>

Räisänen, P.; Piispa, M. & Nykänen, M. 2017. Vähähiiliset satamatoiminnot. Nestemäisen maakaasun päästöjen skenaariot ja mittaus merikuljetusketjussa. Loppuraportti. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 238. ISBN 978-952-216-650-0 (pdf). Saatavissa: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522166500.pdf>

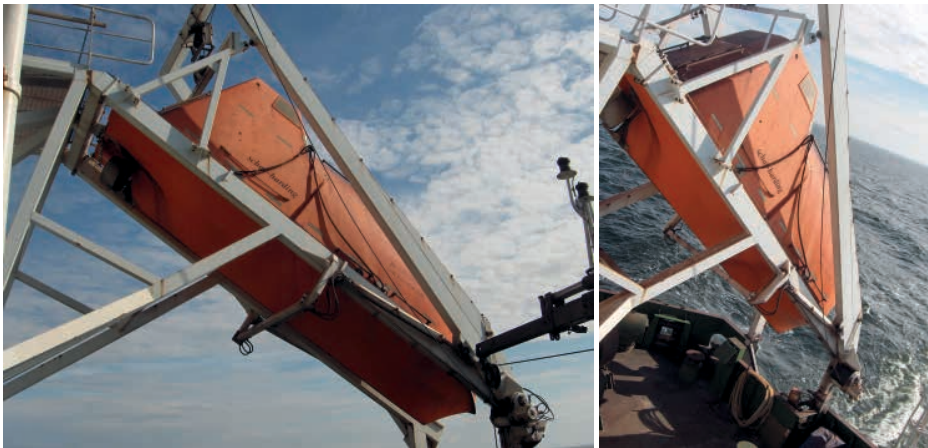
Satuli, H. 2018. IMO:lta vihdoin strategia meriliikenteen päästöjen leikkaamiseksi. Osto & logistiikka -lehti 9.4.2018. Saatavissa: <http://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/kuljetukset/imolta-vihdoin-strategia-meriliikenteen-paastojen-leikkaamiseksi> [viitattu 17.10.2018].

Tuurnala, T. 2018 Merenkulkua sitoo globaalit päästörajoitukset. Navigator magazine 12.10.2018. Saavissa: <https://navigatormagazine.fi/blogit/merenkulkua-sitoo-globaalit-paas- torajoitukset/> [viitattu 16.10.2018].

LAIVOJEN PELASTAUTUMIS- HARJOITUKSISSA JA PELASTUS- VÄLINEIDEN HUOLLOSSA TAPAHTUNEET ONNETTOMUUDET

Jussi Sopenan, merikapteeniopiskelija

Laivoilla järjestetään SOLAS-sopimuksessa määritellyn aikataulun mukaisesti useita erilaisia harjoituksia, jotka ovat pakollisia kaikille laivalla työskenteleville. Erilaisille työntekijäryhmille on omia harjoituksia riippuen toimesta laivalla ja laivatyyppistä (rahtilaiva/matkustaja-alus). Auditointien ja Port State- eli satamavaltiotarkastusten yhteydessä järjestetään usein ylimääräisiä suurempia harjoituksia. Kaikille pakollisia SOLAS-sopimuksessa (*Safety Of Life At Sea -konventio*) määrättyjä harjoituksia ovat laivanjätöharjoitus, joka sisältää pelastusvene- tai pelastuslauttahaarjoituksen, sekä paloharjoitus. Jos laivaan on asennettu MES-järjestelmä (Maritime Evacuation System), myös sen käyttöä harjoitellaan. Edellä mainitut harjoitukset, pidetään matkustaja-aluksilla viikoittain ja rahtialuksilla kerran kuu-kaudessa. Muita SOLAS-sopimuksessa määriteltyjä harjoituksia ovat suljettujen paikkojen harjoitus (IMO 2014a), vesitiiviiden ovien harjoitus (IMO 2014b) ja hätäohjailuharjoitus (IMO 2014c).



Kuva 1. Tyypillinen pelastusvene rahtialuksissa, eli vapaasti pudotettava ns. freefall -vene (kuvat: Justiina Halonen 2007).

Laivoilla pidettävissä harjoituksissa tapahtuu usein pieniä kolhuja ja nyrjähdyksiä, mutta myös vakavampia onnettomuuksia sattuu. Varmaankin lähes jokaisella pitkään merellä

työskennelleellä on kokemuksia laivalla pidetyistä harjoituksista, joissa kaikki ei ole mennyt suunnitellusti. Näistä vakavammista onnettomuuksista ja tapauksista, joista myös muut voivat oppia, tehdään usein viranomaistutkinta ja -raportti. P&I-vakuutusyhtiö Gard (2006) on todennut, että pelastusveneille tapahtuu satoja onnettomuuksia, ja niissä kuolleiden ja loukkaantuneiden määrä lasketaan sadoissa. Siitä huolimatta tapahtumista ei ole virallisia tilastoja. Myös BIMCO (Baltic and International Maritime Council) toteaa, että kansainvälistä tilastointia pelastusveneonnettomuuksista ei ole saatavilla (Maritime accident casebook 2017). Tämä artikkeli on tiivistelmä opinnäytetyöstä, jossa merenkulun TKI:n toimeksiannosta selvitetiin, minkälaisia onnettomuuksia pelastusharjoituksissa ja pelastusvälineiden huollon yhteydessä tapahtuu. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, onko onnettomuuksissa ja niiden syissä tapahtunut ajan kuluessa muutoksia.

Opinnäytetyön tilastollinen tutkimus rajattiin vuosina 2000–2016 tapahtuneisiin pelastusvälineiden käytössä ja harjoituksissa sattuneisiin onnettomuuksiin. Ajanjakso alkaa siitä, mihin aiemmat tutkimukset päättyivät ja jatkuu saatavilla olevaan aineistoon asti, eli vuoteen 2016. Saatuja tuloksia verrataan aiemmin samasta aiheesta tehtyjen tutkimusten tuloksiin. Tarkasteluun on otettu ainoastaan tapaukset, joista on julkaistu viranomaisraportti sähköisessä muodossa. Raportista tuli käydä selville tapahtumien kulku, paikka, aika ja alus, jossa onnettomuus on tapahtunut.

Lähdeaineistoksi valikoitui Onnettomuustutkintakeskus Suomesta, Australian Transport Safety Bureau Australiasta, Marine Accident Investigation Branch (MAIB) Isosta-Britanniasta, The Transportation Safety Board of Canada Kanadasta ja Transport Accident Investigation Commission Uudesta Seelannista. Merkittäviä lähteitä, kuten US Coast Guard, karsiutui pois tietoturvasyistä. Hong Kong (Marine Department, The Government of Hong Kong Special Administrative Region), jossa on paljon Aasian suunnalla tapahtuneita onnettomuuksia, karsiutui pois raporttien ollessa osittain sensuroituja. Pienemmistä lähteistä jätettiin pois Tanskan, Norjan ja Saksan viranomaisten tekemät raportit, koska niissä oli vain yksittäisiä tapahtumia, tai tapahtumia oli käsitelty myös muissa lähteissä. Lähdeaineistoa tiedusteltiin myös vakuutusyhtiöistä, kuten Alandian Helsingin toimipisteestä, mutta heillä ei tilastoida erikseen harjoituksissa tapahtuneita onnettomuuksia.

AIKAISEMMIN TEHDYT TUTKIMUKSET

Laivoilla harjoitusten yhteydessä tapahtuneista onnettomuuksista on aikaisemmin 2000-luvulla tehty useita tutkimuksia. Yksi näistä on julkaistu Maritime Accident Casebookissa (2017). Tämän tutkimuksen tekoon on osallistunut yli 60 julkisen ja yksityisen puolen tutkijaa, jotka ovat perehtyneet merenkulun tapaturmiin. Maritime Accident Casebookin pelastusveneille sattuneista onnettomuuksista tehty kyselytutkimus osoittaa vuosina 2005–2011 tapahtuneen 26 tapautta, joista 14 tapahtui harjoitusten aikana, neljä huollon yhteydessä, kuusi tarkastusten yhteydessä, kaksi Port State -tarkastuksessa mutta ei yhtäkään

hätätilanteessa. Tutkituista 26 tapauksesta on jalostettu tilastoja, joihin tämän tutkimuksen tuloksia voidaan verrata. Tutkimus ei tarkemmin avaa eri tapauksia ja kerro niissä tehdyistä virheistä. (Maritime Accident Casebook 2011.)

MAIB:n tutkimus pohjautuu vuosina 1989–2001 tapahtuneisiin 125 pelastusveneitä koskeneeseen onnettomuuteen. Näissä onnettomuuksissa loukkaantui 87 ja kuoli 12 merenkulkijaa. Tutkimus keskittyy pitkälti pelastusveneiden ja laitteistojen tekniikkaan, mutta lopun liitteistä löytyy yhteenveto onnettomuuksien syistä. Tutkimusaineisto on osittain jo vanhentunutta tietoa, koska laitteet ja tavat ovat muuttuneet tutkimuksen alkuajoista. Se antaa kuitenkin ajattelemisen aihetta niille, jotka pitävät pelastusveneharjoituksia tai huoltavat veneitä laivalla. (Maritime Accident Casebook 2011.)

Vuonna 2006 julkaistu T. W. Rossin tekemä tutkimus on erittäin laaja ja se perustuu 266 merenkulun ja offshore-teollisuuden onnettomuustutkintaraporttiin seitsemästä eri maasta. Tutkimus keskittyy pelastusveneonnettomuuksiin, mutta käsittelee liitteessä myös muita kuolemaan johtaneita onnettomuuksia laivoilla. Tutkimuksessa on mielenkiintoinen osio, jossa selvitettiin kyselyjen avulla, miten turvallisina erilaisia pelastusveneisiin liittyviä asioita pidettiin ja verrattiin saatuja tietoja onnettomuustilastoihin. (Ross 2006.)

Vuonna 2000 julkaistu Lifeboat incident survey -tutkimus perustuu palautettuun kyselylomakkeeseen ja niistä tehtyihin päätelmiin. Tutkimus julkaistiin jo vuonna 2000, joten sen tuloksista saa hyviä vertailukohtia onnettomuuksien syitä vertailtaessa. Kyselytutkimukseen ja viranomaisraportteihin saattaa kuitenkin seuloa erityyppisiä onnettomuuksia, joten tulokset eivät todennäköisesti ole suoraan vertailukelpoisia. (OCIMF, INTERTANKO & SIGTTO 2000.)

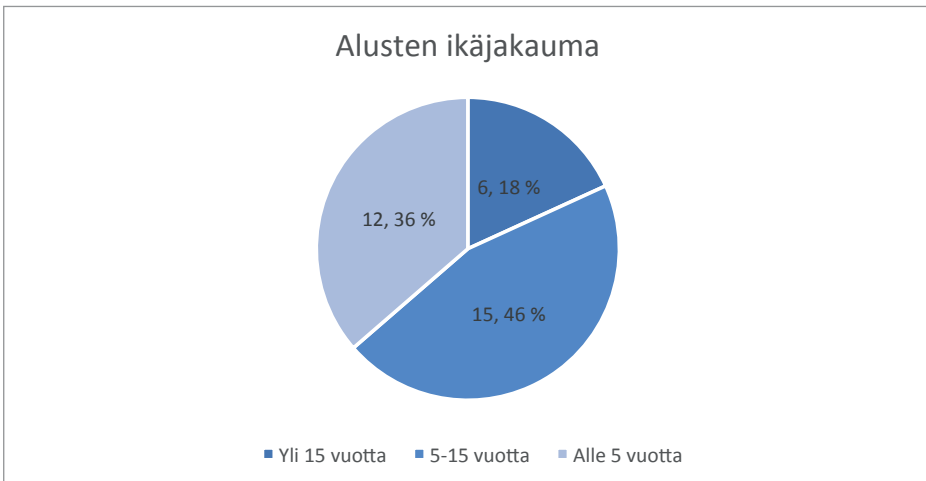
MES-järjestelmää (*Marine evacuation system*) tutkittiin vuonna 2008 Isossa-Britanniassa haastattelemalla järjestelmän käyttökoulutukseen osallistuvia. Tutkimuksesta ei voi vetää suoria johtopäätöksiä siitä, miten järjestelmä toimii esimerkiksi matkustaja-aluksilla. Lähes puolet tutkimukseen osallistuneista oli kuninkaallisen laivaston henkilökuntaa. Toisen suuren ryhmän muodostivat ammattimerenkulkijat, joten otos ei vastaa keskivertolaivan matkustajia. (Occupational Medicine 2008.)

Aiheesta aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on sama puute kuin tässäkin tutkimuksessa – ne keskittyvät lähinnä pelastusveneonnettomuuksiin. Syynä tähän on lähdeaineiston vähäisyys muista onnettomuuksista. Edellisten tutkimusten valmistumisen jälkeen on tapahtunut pelastusveneiden turvallisuuden kannalta merkittäviä muutoksia määräyksissä.

TULOKSIA

Tutkimuksen tarkastelujaksolla tapahtui yhteensä 34 raportoitua onnettomuutta pelastusharjoitusten ja pelastusvälineiden huollon yhteydessä eri puolilla maailmaa. Onnettomuuksista ensimmäinen tapahtui vuonna 2000 ja viimeinen 2014. Näistä raportoiduista onnettomuuksista seurasi henkilövahinkoja 71 henkilölle, joista 61 henkilöä (86 prosenttia) koki loukkaantumisia ja kymmentä henkilöä (14 prosenttia) kohtasi vakava tai kuolemaan johtanut tapaturma. Kooste onnettomuuksista löytyy liitteestä 1. Tarkemmat onnettomuuskuvaudet löytyvät Sopasen (2017) opinnäytetyöstä.

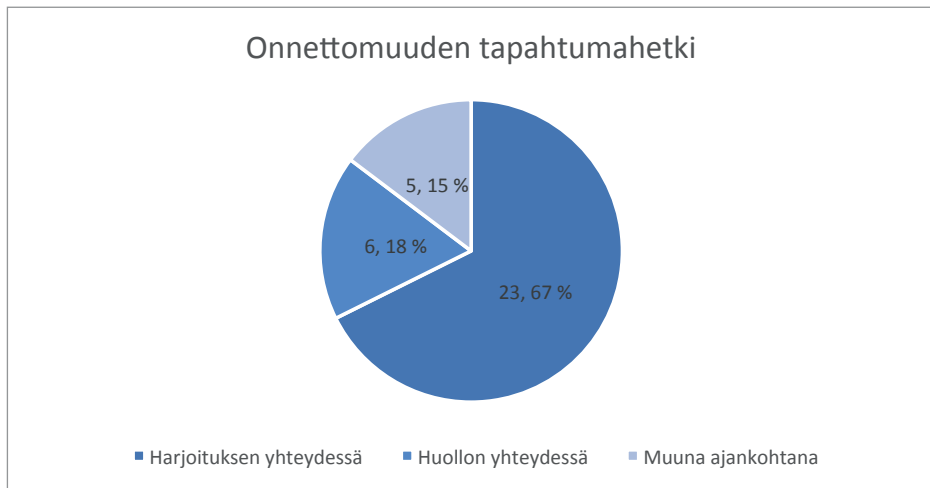
Onnettomuusaluksen ikäjakaamaa tarkastellessa havaittiin, että aluksista 12 (36 prosenttia) oli alle viiden vuoden ikäisiä ja näistä osa uusia tai lähes uusia. Uudehkojen alusten määrää, yli kolmannelta tutkittujen tapausten joukosta, voidaan pitää suurena. Uusille aluksille sattuneiden onnettomuuksien määrää eivät kuitenkaan selitä inhimilliset virheet uuden kaluston käytössä, jonka kanssa ei ole ehditty harjoitella, sillä inhimillisten virheiden ja teknisten vikojen määrien suhde oli lähes sama kuin vanhemmissa alusryhmissä. Aluksista 15 (46 prosenttia) eli lähes puolet oli 5–15 vuotta vanhoja ja ainoastaan kuusi (18 prosenttia) olivat iältään yli 15 vuotta (kuva 2). Kaikki onnettomuuksiin osalliset pelastusvälineet ovat olleet viranomaisten hyväksymiä malleja.



Kuva 2. Pelastusvälineiden käytön yhteydessä vuosina 2000–2016 tapahtuneisiin onnettomuuksiin osallisten alusten ikäjakauma. Luvut kappaletta ja prosenttia. (tiedot: Sopanen 2017)

Kuvasta 3 näkyy ajankohta tai tilanne, jolloin onnettomuus on tapahtunut. Onnettomuuksista valtaosa eli 23 (67 prosenttia) tapahtui harjoitusten yhteydessä. Tähän ryhmään kuuluvat myös Port State -tarkastusten, auditointien ja vastaanottotarkastusten yhteydessä pidetyissä harjoituksissa tapahtuneet onnettomuudet. Pelastusvälineiden huollon yhteydessä

tapahtui kuusi onnettomuutta. Viisi onnettomuutta tapahtui muissa yhteyksissä, kuten käytettäessä pelastusveneitä yhteysveneenä ankkuripaikalla. Tähän ryhmään kuului myös onnettomuuksia, jotka olivat sattuneet, kun kukaan ei ollut paikalla.



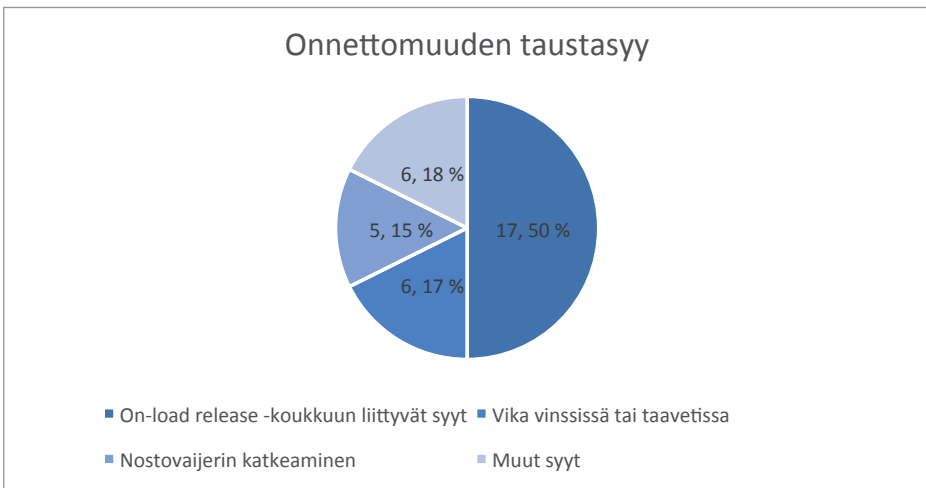
Kuva 3. Vuosina 2000–2016 tapahtuneiden pelastusvälineonnettomuuksien tapahtumahetki. Luvut kappaletta ja prosenttia. (tiedot: Sopanen 2017)

Tarkastelluista onnettomuuksista suurimmassa osassa eli 22 tapauksessa (65 prosentissa) syyksi osoittautui tekninen vika ja lopuissa 12 tapauksessa (35 prosentissa) inhimillinen virhe. Inhimillinen virhe on saattanut olla esimerkiksi ajattelemattomuutta kuten European Highwayn tapauksessa. Kyseisessä tapauksessa tarkoituksena oli huoltaa *on-load release* -koukut siten, että pelastusvene lasketaan erillisten vaijerien varaan ja koukut avataan huollon ajaksi. Erilliset kannatusvaijerit kiinnitettiin virheellisesti *on-load release* -koukussa olleeseen nostovaijerin helaan, joten koukkuja avatessa vene putosi. (MAIB 2002, 1, 3–6.) Useampi inhimillinen onnettomuus, kuten esimerkiksi Superfast VIII:n tapauksessa, johtui huolimattomuudesta köysien ja sähköjohtojen sotkeentuessa *on-load release* -koukun laukaisulaitteistoon laskun tai noston aikana (Onnettomuustutkintakeskus 2004, 1 ja 5).

Stena Britannican pelastusveneiden putoaminen taas johtui tietämättömyydestä. Harjoituksissa pelastusvenettä nostettaessa taavetin sähkömoottori rikkoontui ja pelastusvene jäi roikkumaan laivan kyljelle. Pelastusveneiden nostaminen käsiveivillä oli raskasta, joten miehistö päätyi vaihtamaan uuden sähkömoottorin vioittuneen tilalle. Kun sähkömoottori irrotettiin, pelastusvene putosi – taavetin vinssin jarru toimi sähkömoottorin hammasrat- taiden välityksellä. (MAIB 2015.)

Onnettomuuksien taustasyitä tarkasteltaessa ehdottomasti yleisin syy on ollut *on-load release* -koukun aukeaminen. Näitä oli puolet tapauksista (17 kappaletta). Kuudessa eli 17

prosentissa tapauksista syy oli vinnissä tai taavetissa. Viidessä tapauksessa (15 prosentissa) syynä oli nostovaijerin katkeaminen. Lopuissa kuudessa tapauksessa (18 prosentissa) syyt olivat sekalaisia. Kahdessa tapauksessa nostovaijerin katkeaminen johtui siitä, että pelastusveneeseen nosto suoritettiin paikasta, josta ei ollut näköyhteyttä nostopaikalle. Kumpikin nosto suoritettiin painamalla kontaktoria sähkökaapissa. Tämä toimenpide ohitti järjestelmän rajakytkimet, ja vinski veti omalla voimallaan vaijerit poikki. Yhdessä tapauksessa nostovinnin rajakytkin oli viallinen, ja vinski veti vaijerin poikki. Kahdessa tapauksessa syynä on ollut nostovaijerin korroosio. Toisessa nostovaijeri oli muovipäällysteinen, eikä sen kuntoa voitu varmistaa, ja toisessa tapauksessa taavetti oli rakenteeltaan sellainen, ettei nostovaijerin kuntoa voitu tarkastaa kaikista kohdista.



Kuva 4. Vuosina 2000–2016 tapahtuneiden pelastusvälineonnettomuuksien yleisimmät syyt. Luvut kappaletta ja prosenttia. (tiedot: Sopanen 2017)

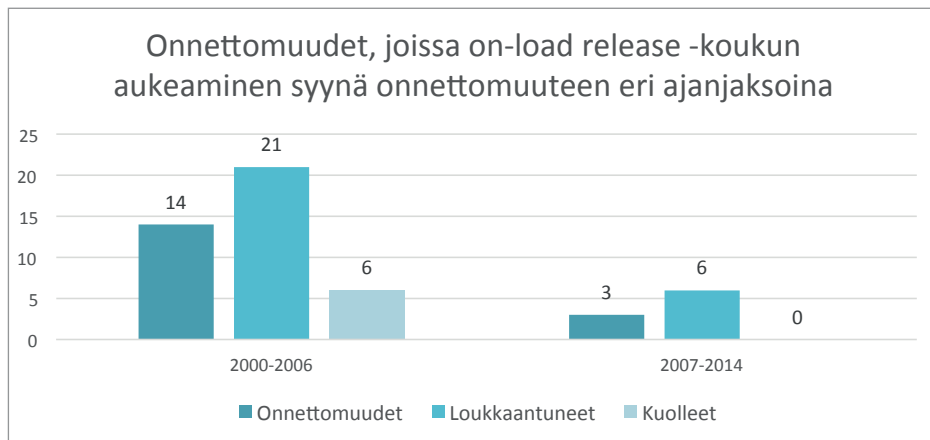
Tarkasteltaessa tarkemmin *on-load release* -koukkuun liittyvien onnettomuuksien (17 kappaletta) taustasyiden jakautumista teknisiin ja inhimillisiin syihin, havaitaan, että tekninen vika on ollut syynä 71 prosentissa (12 kertaa) ja inhimillinen tekijä lopuissa 29 prosentissa tapauksista, eli viidesti.

Pelastusveneille tapahtui 15 onnettomuutta, joissa ainakin toinen *on-load release* -koukku aukesi. Näistä tapauksista 67 prosentissa eli kymmenessä onnettomuudessa pelastusvene jäi roikkumaan pystyasentoon toisen vaijerin varassa, mutta viidessä (33 prosentissa) tapauksessa myös toinen koukku petti. Osassa näistä viidestä tapauksesta pelastusveneeseen rakenteet eivät kestäneet yhdestä pisteestä tapahtunutta nostoa ja osassa tapauksista viimeinen nostokoukku vääntyi auki heilahduksen ja väärästä suunnasta tulleen voiman vaikutuksesta.

Pelastusveneille ja *Fast Rescue Boat* eli FRB-veneille sattui yhteensä 32 onnettomuutta, joista 94 prosenttia (30 onnettomuutta) olivat putoamisonnettomuuksia. Yhdessä tapauksessa kaksi henkilöä putosi pelastusveneestä mereen veneen ollessa ilmassa. Toisessa tapauksessa pelastusveneeseen taavetin vinssin kahva oli jätetty paikoilleen, kun venettä nostettiin sähkömoottorilla. Tällöin pyörivä vinssin kahva vahingoitti yhtä henkilöä.

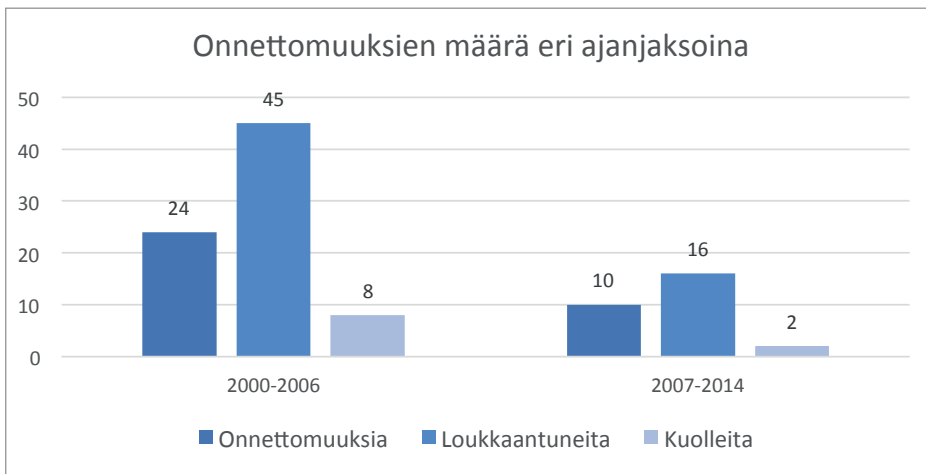
UUDET SÄÄDÖKSET VÄHENTÄNEET ONNETTOMUUKSIA

Tarkastelemalla tapahtuneita *on-load release* -koukkuihin liittyviä onnettomuuksia jakamalla tarkastelujakso kahteen ajanjaksoon (kuva 5), voidaan todeta, että *on-load release* -koukkujen aiheuttamissa onnettomuuksissa tapahtui merkittävä muutos. Jaettaessa tutkittujen onnettomuuksien ajankohdat kahteen seitsemän vuoden jaksoon, tapahtui ensimmäisellä jaksolla lähes viisinkertainen määrä *on-load release* -koukkujen avautumisia jälkimmäiseen jaksoon verrattuna. Samoin onnettomuuksissa loukkaantuneiden ja menehtyneiden määrä oli alussa lähes nelinkertainen verrattuna tutkimusjakson loppuosaan.



Kuva 5. Onnettomuudet, joissa *on-load release* -koukun aukeaminen on ollut syynä onnettomuuteen eri ajanjaksoina, kun tutkimuksen tarkastelujakso puolitetaan. Luvut kappaletta. (tiedot: Sopanen 2017)

Vuoden 2006 jälkeen on tapahtunut ainoastaan kolme onnettomuutta, joissa syynä on ollut *on-load release* -koukun avautuminen vahingossa. Tutkimuksen otos on pieni, mutta siitä on jo havaittavissa uusien, tutkittavan ajanjakson aikana voimaan tulleiden määräysten vaikutus onnettomuuksien luonteeseen. Uusia määräyksiä ovat pelastusveneiden uudet *on-load release* -koukkujen säädökset, FPD:n (*Fall preventer device*) käyttösuositus ja se, että pelastusveneitä ei tarvitse enää miehittää harjoituksissa laskun ja noston aikana. Kuvasta 6 selviää, miten pelastusvälineiden kanssa sattuneiden onnettomuuksien määrä kokonaisuudessaan on muuttunut samalla ajanjaksolla.



Kuva 6. Vuosina 2000–2016 tapahtuneiden pelastusvälineonnettomuuksien jakaantuminen eri ajanjaksoille, kun tutkimuksen tarkastelujakso puolitetaan. Luvut kappaletta. (tiedot: Sopanen 2017)

Tutkittujen onnettomuuksien joukossa oli useita tapauksia, joissa *on-load release* -koukun aukaisumekanismissa oli mekaanisia vaurioita ja muodon muutoksia. Nämä vauriot olivat useassa tapauksessa aiheutuneet koukun sulkemisesta väkivalloin aiempien harjoitusten yhteydessä. Tyypillisessä tapauksessa laukaisukahva oli väännetty paikalleen väkisin ja tämän jälkeen oletettu, että kaikki on hyvin laukaisukahvan ollessa oikeassa kohdassa. Todellisuudessa lukitusmekanismi ei ole ollutkaan kohdallaan ja koukku on auennut tahattomasti. Toisaalta tähän tilastoon ovat valikoituneet vain ne tapaukset, jossa asiat ovat menneet pahasti pieleen. Tilanteita, joissa pelastusveneen laitteet eivät ole toimineet ja joissa on selvitetty, miksi ne eivät toimi, on toivottavasti paljon enemmän. Tapauksissa ihmetyttää se, että turvallisuuteen suoraan vaikuttavaan häiriön syytä ei tarkisteta, vaan oletetaan asioiden olevan kunnossa. Onko kyseessä toimintakulttuuri, jossa ei epäillä, tietämättömyys vai välinpitämättömyys? Tutkimusaineistossa oli myös useampi tapaus, joissa oli toimittu normaalista poikkeavalla tavalla eikä ymmärretty toimintatavan vaikutusta laitteistoon – ajattele mattomuutta, tietämättömyyttä vai välinpitämättömyyttä?

TUTKIMUSTULOSTEN VERTAAMINEN AIEMPIIN TUTKIMUKSIIN

Pelastusvälineonnettomuudessa vahingoittuneista henkilöistä loukkaantui 61 henkilöä (86 prosenttia) ja kuoli kymmenen (14 prosenttia). Maritime Accident Casebookin (2011) tutkimuksessa päädyttiin saman suuruusluokan tuloksiin: 80 prosenttia ja 20 prosenttia, samoin Marine Accident Investigation Branchin, eli MAIB:n (2003, 6) tutkimuksessa: 88 prosenttia ja 12 prosenttia. Tulokset ovat tältä osin hyvin samanlaiset, vaikka näin pienissä lähdeaineistoissa voisi olettaa esiintyvän suurempaa hajontaa. Pelastusvälineharjoitusten

ja pelastusveneiden huollon vaarallisuutta kuvaavat hyvin samassa MAIB:n (2003, 6) tutkimuksessa esitetyt luvut menehtyneistä merenkulkijoista. Pelastusveneet ja niiden laitteistot aiheuttivat 12 merenkulkijan menehtymisen, suljettuihin tiloihin tukehtuminen 12, laidan yli putoaminen 12, tulipalot ja räjähdykset 10, laivaan nouseminen seitsemän, kiinnitys- tai hinausköyden katkeaminen kuuden, onnettomuudet konehuoneessa kuuden sekä liukastumiset ja kaatumiset kuuden henkilön kuoleman. Edellä mainittujen lisäksi menehtyi 14 henkeä erilaisissa onnettomuuksissa. Kaikki menehtyneet 85 henkilöä olivat ammattimerenkulkijoita.

Muissa tutkimuksissa ei käsitelty lainkaan alusten ikäjakaumaa ja aluksen iän vaikutusta onnettomuuksien määrään. Tässä tutkimuksessa uusien ja alle viisi vuotta vanhojen alusten määrä oli yllättävän suuri, 36 prosenttia.

Onnettomuuksia tapahtui eniten (67 prosenttia) harjoitusten yhteydessä sekä huollon ja muun toiminnan yhteydessä 33 prosenttia. Maritime Accident Casebookin (2011) tutkimus päätyi siihen, että harjoitusten yhteydessä tapahtuu 85 prosenttia ja huollon yhteydessä 15 prosenttia onnettomuuksista. Tulokset ovat samansuuntaiset, mutta selvästi erilaiset. Tämä saattaa olla selitettävissä lähdeaineiston pienuudella ja erilaisella lähdeaineiston keräystavalla. MAIB:n (2003, 2) tutkimuksessa tyydytään vain toteamaan, että pelastusveneet ja niiden huolto aiheuttavat onnettomuusriskin. Rossin (2006, 74) tutkimuksessa tunnistamattomien tilanteiden määrä oli suuri (30 prosenttia), joten näitä tuloksia ei ole mielekästä vertailla. Lifeboat Incident Survey -tutkimuksessa (OCIMF, INTERTANKO & SIGTTO 2000) onnettomuustapauksia oli enemmän, 75 kappaletta, ja niistä harjoituksissa tapahtui 47 prosenttia ja muissa tilanteissa 53 prosenttia.

Inhimillinen tekijä oli syynä 35 prosentissa onnettomuuksista ja loput 65 prosenttia johtui teknisistä syistä. Muissa tutkimuksissa ei käsitelty inhimillisen erehdyksen osuutta.

Ehdottomasti yleisin yhteinen tekijä tutkituissa tapauksissa oli *on-load release* -koukun aukeaminen. Näin tapahtui puolessa tapauksista. Loput tapauksista jakautuivat melko tasan vinnin tai taavetin vian, vaijerin katkeamisen ja muiden syiden kesken. Maritime Accident Casebookin (2011) mukaan *on-load release* -koukku oli tekijänä 68 prosentissa onnettomuuksista, vaijerin katkeaminen ja taavetin vika olivat molemmat syinä kolmessa prosentissa tapauksista ja lopuissa 26 prosentissa syy oli sekalainen. Suuri ero *on-load release* -koukkujen aiheuttamien onnettomuuksien määrässä selittyvät tutkimuksen ajankohdalla. Tämä tutkimuksen jälkeen on tehty harjoitusten turvallisuutta lisääviä suosituksia. MAIB:n tutkimuksessa päädytään täysin erilaisiin prosenttilukuihin. Taavetteihin, vinsseihin ja vaijereihin liittyviä onnettomuuksia oli 58 prosenttia, pelastusveneeseen moottoriin liittyviä 14 prosenttia, *on-load release* -koukkuihin liittyviä yhdeksän prosenttia ja muita onnettomuuksia 19 prosenttia. Suuret erot verrattaessa muihin tutkimuksiin saavat selityksen, kun tarkastellaan MAIB:n tutkimuksen liitettä A. Liitteestä A käy ilmi, että merkittävä

osa tutkimusaineistosta on pienempiä kolhuja kuin uudessa tutkimuksessa, ja tämä aiheuttaa erilaisen painotuksen onnettomuuksien syissä. Rossin (2006, 86) tutkimuksessa 33 prosenttia onnettomuuksista johtui *on-load release* -koukun aukeamisesta ja 63 prosenttia taaveteista ja niihin liittyvistä järjestelyistä.

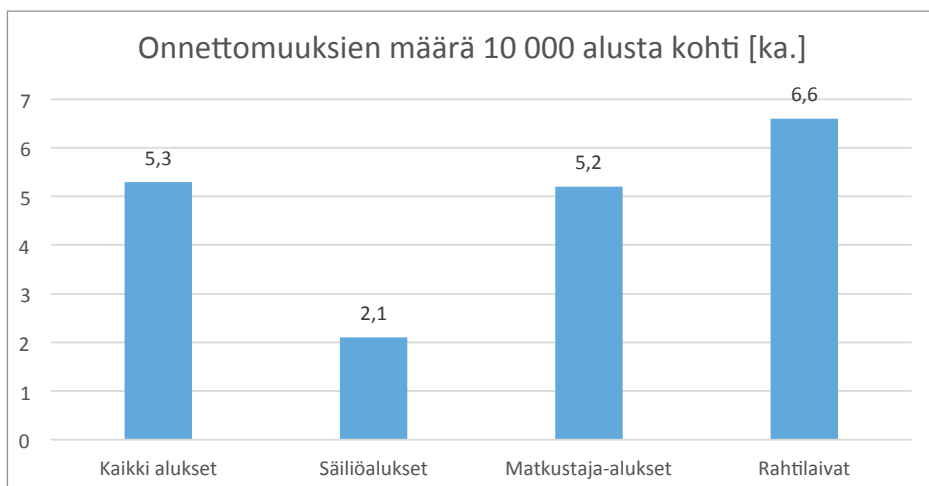
Muissa tutkimuksissa ei tarkasteltu tilastollisesti, miksi *on-load release* -koukku petti. MAIB:n (2003, 7-13) tutkimuksessa ei käsitelty *on-load release* -koukkuja tilastollisesti, mutta niiden toimintaa käsiteltiin laajasti omassa luvussa. Käsillä olevassa tutkimuksessa päädyttiin siihen, että 71 prosentissa tapauksista, joissa *on-load release* -koukku petti, syy oli tekninen. Useassa tapauksessa koukun aukeaminen johtui siitä, että koukku ei ollut suljettu kunnolla. Tyypillisiä syitä tähän olivat huonot merkinnät koukun asennosta tai viat koukun sulkulaitteissa, kuten muodonmuutokset aukaisukaapelien kiinnityksissä. Edellä mainitut muodonmuutokset olivat usein syntyneet liiallisesta voimankäytöstä, koukun lukitus ei ole ollut kohdallaan, mutta se on väännetty väkisin kiinni.

Pelastusveneille ja FRB-veneille tapahtuneista onnettomuuksista valtaosa oli veneiden putoamisia, 94 prosenttia. Tapauksia, joissa yhden *on-load release* -koukun aukeaminen johti myös toisen koukun aukeamiseen, oli 33 prosentissa putoamistapauksista. Tässä on pelastusveneiden valmistajille itsetutkiskelun paikka, miksi heidän pelastusveneensä eivät kestä.

Eri tutkimustulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään erilaisten lähdeaineistojen vuoksi. Nyt tehty tutkimus ja MAIB:n tutkimus perustuvat viranomaisraportteihin tapahtumista, mutta muissa on käytetty lisäksi tai ainoastaan haastattelumateriaalia. Tämä saattaa vaikuttaa siihen, minkälaisia ja miten vakavia tapauksia tutkimukseen valikoituu.

Tutkimusaineistoa kerätessä kiinnitettiin huomiota siihen, että tankkilaivoilla tapahtuneista onnettomuuksista oli julkaistu vain vähän raportteja suhteessa alusten määrään. Statistan mukaan maailman kauppalaivaston lukumäärä oli tammikuussa 2016 noin 51 400 alusta ja näistä tankkilaivoja noin 14 000 ja matkustaja-aluksia / RORO-aluksia noin 4 300. Muiden rahtilaivojen osuudeksi jää noin 33 100 alusta. (Statista 2016.) Matkustajalaivoilla laivanjätöharjoitukset pidetään viikoittain, kun rahtilaivoilla harjoitukset pidetään kuukausittain eli harjoituksia on nelinkertainen määrä laivaa kohti (IMO 2014a). Tämän perusteella onnettomuuksien määrä matkustaja-aluksilla ja rahtialuksilla on lähes samassa suhteessa kuin alusten määrä kansainvälisessä liikenteessä. Tankkialusten kohdalla raportoitujen onnettomuuksien määrä on alle puolet alusten määrään nähden verrattuna muihin alustyyppeihin. Tutkimusaineistossa oli vain kolme tankkilaivoille sattunutta onnettomuutta, kun laivojen lukumäärän perusteella onnettomuuksien määrän olisi voinut olettaa olevan noin 7,4.

Kuvassa 7 on esitetty raportoitujen onnettomuuksien määrä alustyypeittäin keskiarvona 10 000 alusta kohti. Onnettomuuksien määrän keskiarvo kaikilla aluksilla oli 5,3, matkustaja-aluksilla 5,2, yleisrahtilaivoilla 6,6 ja säiliöaluksilla 2,1.



Kuva 7. Vuosina 2000–2016 tapahtuneiden pelastusvälineonnettomuuksien määrä keskiarvona 10 000 alusta kohti (tiedot: Sopanen 2017).

HUOMIOITA JA JATKOTUTKIMUSTARPEITA

Tässä tutkimuksessa saa kuvan, että laivanjätö-, evakuointi- ja FRB-harjoitukset ovat ylivoimaisesti vaarallisimmat laivalla järjestettävät harjoitukset. Yhtenä syynä tähän on onnettomuuksien tilastointi, sillä edellä mainituissa harjoituksissa tapahtuvat yleensä vakavimmat onnettomuudet. Toinen syy mahdolliseen tilastoinnin vääristymiseen on se, että vähäisemmistä tapahtumista ja tavallisista tapauksista, missä onnettomuuden syy on selkeä, eivät viranomaiset tee tutkimusta ja raporttia. Toisenlaiseen päätelmään onnettomuuksien määrästä ja vaarallisuudesta voitaisiin päätyä, jos tutkittaisiin myös työsuojeluviranomaisten ja työterveyshuollon tietoon tulleet tapaukset. Näistä lähteistä saataisivat selvitä myös harjoituksissa tapahtuneet pienet haverit, kuten nyrjähdykset ja pikku kolhut. Lisäksi jatkotutkimusta voitaisiin tehdä varustamoille suunnattuna kyselytutkimuksena, jossa selvitettäisiin myös pieniä raportoimattomia harjoituksissa tapahtuneita havereita.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa havaitaan, että tutkimusjakson puolivälissä on tapahtunut suuri muutos turvallisempaan suuntaan onnettomuuksien määrässä. Onnettomuuksissa loukkaantuneiden ja menehtyneiden määrä laski lähes neljännekseen verrattuna tutkimusjakson alkuosaan. Uusien sääntöjen voimaantulolla tulee myös jatkossa olemaan vaikutusta onnettomuuksiin, tätä olisi mielenkiintoista selvittää seurantatutkimuksella. Yksi pelastusvälineonnettomuuksiin vaikuttava uudistus on autonomisten ja täysin automaattisten laivojen tulo liikenteeseen. Matkustajalaivojen pelastusveneonnettomuuksien määrään tulee vaikuttamaan myös SOLAS-sopimuksen II-luvussa määritelty *safe return to port* -käsite. Siinä lähtökohtana on, että laiva itsessään on paras pelastusvene. (IMO 2016.) Esimerkki tämän säädöksen soveltamisesta on Tallink-varustamon uusi matkustaja-alus Megastar, jossa ei ole yhtään perinteistä pelastusvenettä (Helsingin Sanomat 2016). Tällaisia turvallisia ja uppoamattomia laivoja on rakennettu aiemminkin, näistä kuuluisin on varmaankin ollut RMS Titanic.

LÄHTEET

Gard 2006. A 20-year anniversary - The loss of lives in lifeboats with on-load release hooks. Saatavissa: <http://www.gard.no/web/updates/content/51968/a-20-year-anniversary-the-loss-of-lives-in-lifeboats-with-on-load-release-hooks> [viitattu 6.11.2018].

Gard 2016. On-load release hooks in lifeboats and rescue boats. Saatavissa: <http://www.gard.no/web/updates/content/20929931/on-load-release-hooks-in-lifeboats-and-rescue-boats> [viitattu 11.1.2017].

Helsingin Sanomat 2016. Katsastimme uuden Tallinnan-laivan – vähemmän hyttejä, 3 000 neliön kauppakeskus eikä yhtään pelastusvenettä. 24.11.2016. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000004880399.html> [viitattu 6.11.2018].

IMO 2009. Measures to prevent accidents with lifeboats. Saatavissa: http://www.arcadiasm.gr/images/lifeboat/LIFEBOATS%20MSC_1_Circ_1206_Rev_1.pdf [viitattu 15.1.2017].

IMO 2014a. SOLAS 2014, chapter III, regulation 19.

IMO. 2014b. SOLAS 2014 chapter II-1 regulation 21

IMO. 2014c. SOLAS 2014 chapter V regulation 26

IMO 2016. Passenger ships. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/PassengerShips.aspx> [viitattu 6.11.2018].

Maritime Accident Casebook 2011. Lifeboat Safety Survey Preliminary Report: Accident Investigators. Saatavissa: <http://maritimeaccident.org/wp-content/uploads/2011/01/lifeboatprelim.pdf> [viitattu 6.11.2018].

MAIB 2002. Marine Accident Investigation Branch. Report on the investigation of accident to lifeboat and rescue craft from European Highway in Zeebrygge on 1 December 2000 four injured. Saatavissa: <https://www.gov.uk/maib-reports/accidents-involving-the-lifeboat-and-the-fast-rescue-craft-from-ro-ro-passenger-cargo-ferry-european-highway-while-berthed-in-zeebrugge-harbour-with-4-people-injured> [viitattu 27.12.2016].

MAIB 2003. Marine Accident Investigation Branch. Report on the investigation of a fatal accident during a vertical chute evacuation drill from the UK registered ro-ro ferry P&OSL Aquitaine in Dover Harbour on 9 October 2002. Saatavissa: <https://www.gov.uk/maib-reports/positional-asphyxia-during-a-vertical-chute-evacuation-drill-from-ro-ro-passenger-ferry-p-osl-aquitaine-alongside-at-the-port-of-dover-england-with-loss-of-1-life> [viitattu 6.11.2018].

MAIB 2015. Marine Accident Investigation Branch. Unintended release of lifeboat from ro-ro passenger vessel Stena Britannica. Saatavissa: <https://www.gov.uk/maib-reports/unintended-release-of-lifeboat-on-ro-ro-passenger-vessel-stena-britannica-while-alongside-in-hoek-van-holland-netherlands> [viitattu 6.11.2018].

Occupational medicine 2008. Factors associated with marine injuries during vertical chute evacuation training. Saatavissa: <https://academic.oup.com/occmed/article/58/6/400/1374162> [viitattu 6.11.2018].

OCIMF, INTERTANKO & SIGTTO 2000. Lifeboat incident survey – 2000. Saatavissa: <https://www.ocimf.org/media/8922/57daa432-c180-41b8-b855-55d7d084a85e.pdf> [viitattu 8.1.2017].

Onnettomuustutkintakeskus 2004. Ms SUPERFAST VIII, MOB-veneiden putoaminen mereen harjoituksessa Hangon länsisatamassa 9.11.2004. B 6/2004 M. Saatavissa: <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuksientutkinta/tutkintaselostuksetvuosittain/vesiliikenne2004/b62004mmssuperfastviiimob-veneidenputoaminenmereenharjoituksessahangonlansisatamassa9.11.2004.html> [viitattu 6.11.2018].

Ross, T. W. 2006. Ship's Lifeboats: Analysis of Accident Cause and Effect and its Relationship to Seafarers' Hazard Perception. Saatavissa: http://media.wix.com/ugd/38bb2d_c9bed-2d6a6b84df0ac1764859f6f90e0.pdf [viitattu 8.1.2017].

Skuld. Minimizing risks of lifeboat drills. 2013. Saatavissa: <https://www.skuld.com/topics/ship/lifeboat-drills/minimizing-risks-of-lifeboat-drills/> [viitattu 11.1.2017].

Sopanen, J. 2017. Pelastusharjoituksissa ja pelastusvälineiden huollossa tapahtuneet onnettomuudet. Opinnäytetyö. Merenkulun koulutus, merikapteeni. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Statista 2016. Number of ships in the world merchant fleet as of January 1, 2016, by type. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/264024/number-of-merchant-ships-world-wide-by-type/> [viitattu 11.1.2017].

TSB 2000. The Transportation Safety Board of Canada. Accidental Release of Lifeboat Bulk Carrier Pacmonarch English Bay, Vancouver, British Columbia 26 October 2000. Marine Investigation Report. M00W0265. Saatavissa: <http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/marine/2000/m00w0265/m00w0265.pdf> [viitattu 6.11.2018].

Pelastusharjoitusten ja pelastusvälineiden huollon yhteydessä 2000–2016 tapahtuneet onnettomuudet

Alus	IMO/nu mero	lippu	Alustyyppi	Rakenn usvuosi	Tapahtui ikä	Tapahtuma	harjoitus /huolto	Loukkaam tuneet	Kuol leet Syy	Alieuttaja	Huolto	Harjoit tus	Muu
1 Washington Trader	9211602	Filippiini	irtolasti	1999	5.8.2000	1 pelastusvene	harjoitus	0	0 tekeminen	on load release hook		1	
2 Aquitaine	8908466	Iso-Britannia	ropax	1992	16.10.2000	8 mes	harjoitus	2	0 inhimillinen			1	
3 Pacnomarch	731998	Bahama	irtolasti	2000	26.10.2000	0 pelastusvene	muu	0	3 tekeminen	on load release hook			1
4 European Highway	712775	Iso-Britannia	autolaiwa	1992	2.12.2000	8 pelastusvene	huolto	3	0 inhimillinen	on load release hook		1	
5 European Highway	712775	Iso-Britannia	autolaiwa	1992	1.12.2000	8 frb	muu	1	0 inhimillinen	vinssin kahvan isku			1
6 Alianthos	8805169	Malta	irtolasti	1988	20.1.2001	13 pelastusvene	harjoitus	0	0 tekeminen	on load release hook		1	
7 Nicolai Maersk	9192454	Tanska	Konttiliavu	2000	13.2.2001	1 pelastusvene	harjoitus	6	1 inhimillinen	valjerien katkeaminen		1	
8 Marine Explorer	359119	Iso-Britannia	tukimusalus	1965	14.3.2001	36 pelastusvene	huolto	2	0 tekeminen	väärin koottu vinssin jarru		1	
9 Aratere	9174828	Bahama	ropax	1998	6.8.2001	3 pelastusvene	harjoitus	0	0 inhimillinen	on load release hook		1	
10 Cape Kestrel	9036014	Panama	irtolasti	1993	12.10.2001	8 pelastusvene	harjoitus	4	0 tekeminen	valjerien katkeaminen		1	
11 Gulser Ana	9036014	Turkki	irtolasti	1985	17.10.2001	16 pelastusvene	huolto	4	0 tekeminen	on load release hook		1	
12 Galateia		Bahama	irtolasti	1993	26.1.2002	9 pelastusvene	harjoitus	3	0 inhimillinen	on load release hook		1	
13 Aquitaine		Iso-Britannia	ropax	1992	9.10.2002	10 mes	harjoitus	0	1 inhimillinen			1	
14 Ma Cho	9118252	Hong Kong	irtolasti	1996	9.12.2002	6 pelastusvene	harjoitus	1	0 tekeminen	on load release hook		1	
15 St Roghvald			rahtialus		18.10.2003	pelastusvene	harjoitus	5	0 tekeminen	vika taavetissa		1	
16 Port Arthur		Panama	tankkeri	1992	20.10.2003	11 pelastusvene	harjoitus	4	0 tekeminen	on load release hook		1	
17 RFA Fort Victoria		Iso-Britannia	laivasto	1994	10.9.2004	10 pelastusvene	harjoitus	2	0 inhimillinen			1	
18 Lowlands Grace	8911499	Hong Kong	irtolasti	1991	7.10.2004	13 pelastusvene	harjoitus	3	2 tekeminen	on load release hook		1	
19 Superfast VIII	9198953	Kreikka	ropax	2001	9.11.2004	3 frb	harjoitus	3	0 inhimillinen	on load release hook		1	
20 Sammi Superstars		Korea	rahtialus	1983	11.7.2005	22 pelastusvene	harjoitus	2	0 tekeminen	vinssin jarrun pettäminen		1	
21 Solent Fisher	9118173	Bahama	tankkeri	1997	29.11.2005	8 freefall	muu	0	0 tekeminen			1	
22 Mounts Bay		Iso-Britannia	laivasto	2004	7.1.2006	2 frb	harjoitus	0	0 tekeminen	on load release hook		1	
23 Sea Urchin	9244233	Kypros	irtolasti	2001	22.5.2006	5 pelastusvene	harjoitus	0	1 tekeminen	on load release hook		1	
24 Pride of Bilbao		Iso-Britannia	matkustaja-alus	1986	14.11.2006	20 pelastusvene	muu	0	0 tekeminen	on load release hook		1	
25 Stena Britannica			ropax	2002	8.5.2007	5 pelastusvene	huolto	0	0 tekeminen	lietämittämyys vinssin rak		1	
26 Viking Discovery		Iso-Britannia	huoltoalus	2007	14.12.2007	0 frb	harjoitus	4	0 inhimillinen	on load release hook		1	
27 Pride of Canterbury		Iso-Britannia	ropax	1991	2.1.2008	17 mes	harjoitus	0	0 tekeminen	korroosio		1	
28 British Sapphire	9333618	Iso of Man	ing tankkeri	2008	16.5.2010	2 frb	muu	3	0 tekeminen	turvajärjestelmän vika		1	
29 Volendam	9156515	Hollanti	matkustaja-alus	1999	8.1.2011	12 pelastusvene	huolto	1	1 tekeminen	valjerien katkeaminen		1	
30 Tombarra	9919753	Iso-Britannia	autolaiwa	2006	7.2.2011	5 frb	harjoitus	3	1 tekeminen	valjerien katkeaminen		1	
31 Sagar Sapphire	7822457	Malta	matkustaja-alus	1981	29.3.2012	31 pelastusvene	harjoitus	2	0 inhimillinen	mies ylläidan		1	
32 Aquarosa	9906708	Malta	irtolasti	2010	1.3.2014	4 freefall	huolto	1	0 tekeminen	on load release hook		1	
33 Nagato Reefer	9227596	Panama	kylmälaiwa	2000	9.4.2014	14 pelastusvene	harjoitus	1	0 tekeminen	on load release hook		1	
34 Da Dan Xia	9451290	Kiina	rahtialus	2008	14.4.2014	6 freefall	harjoitus	1	0 tekeminen	valjerien katkeaminen		1	
								61	10			6	23
												5	

LUOTSAUS VESIKULJETUSTEN TURVAAMISEKSI POIKKEUSOLOISSA

Antti Lanki, merenkulun lehtori & Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö & Jorma Timonen, FM, ylitarkastaja

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk valittiin syksyllä 2017 Liikenneviraston tarvitseman simulaatiokoulutuksen suunnittelijaksi ja toteuttajaksi. Asiantuntijapalvelusta vastasivat yhteistyössä merenkulun ja logistiikan koulutusyksikkö ja TKI-yksikkö. Asiantuntijapalvelun tavoitteena oli luoda koulutussuunnitelma, jonka mukaisesti luotsille voidaan kouluttaa poikkeusolojen luotsauksessa tarvittava pätevyys lainsäädännön ja muiden määräysten mukaisesti. Koulutuksen päämääränä on valmiuslain (1552/2011) mukainen vesikuljetusten turvaaminen luotsauspalveluiden osalta. Koulutus mahdollistaa luotsina toimiville asiantuntijoille luotsauksen harjoittelun ja se tuottaa pätevyuden luotsata valmiusväylällä valmiuslain mukaisissa poikkeusoloissa. Koulutussuunnitelma valmistui keväällä 2018, ja sen pohjalta järjestettiin yksi viikon mittainen koulutusrupeama Liikenneviraston ja Finnпилot Pilotage Oy:n koulutettavaksi jo aiemmin valitsemille luotsille.

Koulutus järjestettiin Liikenneviraston yhteistyökumppanin komentosiltasimulaattorissa käyttäen tarkoitusta varten hankittua alusmallia. Koulutussuunnitelma perustuu simulaattoriajoihin, jotka sisältävät reittisuunnittelua, navigointia, ajon kriittisten kohtien tunnistamista sekä komentosiltayhteistyön toimivuutta merenkulun turvallisuusjohtamisen eli MRM-periaatteiden (*Maritime Resource Management*) mukaisesti. Koulutussuunnitelma laadittiin yhdelle referenssiväylälle siten, että se on tarvittaessa sovellettavissa myös muille väylille. Koulutuksen läpiviemiseksi laadittiin suunnitelma kahdelle eri koulutettavien määrälle aikatauluineen, harjoituksineen ja arviointimenetelmineen. Luoduissa harjoituksissa väylää ajetaan sen molempiin kulkusuuntiin ajosuoritteen vaatimustasoa asteittain nostaen. Ohjaajien lisäksi koulutettavat suorittavat itse- ja vertaisarviointia koulutuksen eri vaiheissa. Koulutettavat jaetaan eri tehtäväryhmiin, jotka vaihtuvat harjoitus harjoitukselta. Harjoitusten välissä käydään palautekeskusteluja ja koulutuksen lopussa kerätään loppupalaute.

KOULUTUKSEN TAUSTAA

Valmiuslain (1552/2011) mukaan Liikennevirasto johtaa ja valvoo vesikuljetuksia poikkeusoloissa. Maanpuolustuksen tai yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen kannalta välttämättömien vesikuljetusten toteuttamiseksi poikkeusoloissa voidaan Liiken-

neviraston päätöksellä tilapäisesti poiketa voimassa olevista säännöksistä ja määräyksistä, jotka koskevat mm. vesiväylien avaamista tai sulkemista ja luotsaustoimintaa (Valmiuslaki 1552/2011, 79§). Poikkeusoloja varten on määritelty valmiusväyliä, joilla voidaan tarpeen mukaan täydentää tai korvata väylästä tiettyjä osia. Liikenneviraston (2011) määritelmän mukaan valmiusväylä on poikkeusoloja ja kriisitilanteita varten suunniteltu kauppamerenkulun ja muun siviili liikenteen väylä. Valmiusväylä on vaihtoehtoinen reitti normaaliaikoina käytettävälle väylälle, joka voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön nopealla aikataululla, jos liikenne normaalisti käytettävällä väylällä estyy. Valmiusväylä voi kulkea osin olemassa olevaa väylää ja osin kokonaan muita reittejä pitkin. (Liikennevirasto 2011, 9.)



Kuva 1. Suomen meriliikenteen sujuvuus tulee turvata myös poikkeusoloissa (kuva: Justiina Halonen).

Tiedot valmiusväylistä ovat viranomaisten toiminnan julkisuutta koskevan lain (621/1999) mukaisesti salassa pidettäviä, ja sen vuoksi väyliä ei ole merkitty merikarttoihin, kuten yleisiä kulkuväyliä. Tietojen salassapitotarve tuli huomioida koulutussuunnitelman rakentamisessa sekä varsinaisten koulutuspäivien suunnittelussa. Koulutettavat eivät voi tutustua aineistoon tai väylään etukäteen. Myöskään simulaatio-ohjelmaan tallennettavia ajoreittejä, reittisuunnitelmia tai tarkkoja ajonaikaisia muistiinpanoja ei ole mahdollista tehdä.

LUOTSAUSLAKI JA -ASETUS KOULUTUKSEN POHJANA

Koulutuksen ja sen arvioinnin pohjana toimivat mm. luotsaustutkinnon ja koeluotsauksen säädökset sekä arviointiperusteet. Luotsauslain (940/2003) mukaan luotsaustutkinnon yksi osa-alue on laivasimulaattorissa tehtävä koe, jossa selvitetään koulutettavan kyky navigoida alus laatimansa reittisuunnitelman mukaisesti optisesti ja tutkan avulla. Lisäksi laki edellyttää muun muassa kykyä toimia vuorovaikutuksessa aluksen komentosiltahenkilöstön kanssa sekä kykyä toimia poikkeustilanteissa (Luotsauslaki 940/2003, 11 a §).

Luotsauslain vaatimus komentosiltayhteistyöstä toimi koulutukseen sisäänrakennettuna ja harjoituksia läpileikkaavana teemana. Komentosiltatyöskentelyssä, kommunikaatiossa ja päätöksenteossa tulee noudattaa MRM-periaatteita (*Maritime Resource Management*). Maritime Resource Managementilla (aiemmalta nimeltään BRM, Bridge Resource Management) tarkoitetaan merenkulun turvallisuusjohtamista, jonka tavoitteena on minimoida erityisesti inhimillisestä tai organisatorisesta virheestä johtuvat onnettomuudet. Yksi MRM-periaateista on tehokas kommunikaatio osana komentosiltatiimin tilannetietoisuutta ja päätöksentekoa. Luotsaustilanteessa aluksen komentosiltatiimi koostuu yleensä vahtipäälliköstä, navigoijasta (perämies), tähystäjästä (tai ruorimiehestä) sekä luotsista. Komentosiltatiimi käy keskustelua aluksen navigointiin, ohjailuun ja operointiin liittyvistä asioista. MRM-periaate edellyttää, että kommunikaatio komentosillalla on avointa ja jatkuvaa. Väärinkäsitysten välttämiseksi ohjeet ja komennot tulee toteuttaa *Closed Loop* -kommunikointimenetelmällä, jossa tiimin jäsenten välinen viestintä toistetaan ja varmennetaan. Koulutuksen arviointiperusteissa mm. edellytetään, että *Closed Loop* -menetelmää käytetään kaikissa komennoissa ja ohjeissa komentosiltatiimin välillä sekä vahdinvaihtoon liittyvissä toimitissa.

Luotsausasetuksen (1385/2016) mukaan luotsin väyläkohtaisen ohjauskirjan myöntäminen edellyttää vähintään viisi (5) matkaa väylän molempiin suuntiin, jos hakijalla on aiemmin saatu ohjauskirja jollekin toiselle väylälle. Ohjauskirja voidaan uudistaa viideksi vuodeksi kerrallaan, kun hakija suorittaa vuosittain vähintään kaksi (2) harjoittelumatkaa väylän molempiin suuntiin. Nämä ajo- ja harjoittelukerrat muodostivat rungon koulutussuunnitelmalle. Laaditun harjoituskierroksen mukaan jokainen koulutettava saa vähintään viisi ajokertaa harjoiteltavan väylän molempiin suuntiin. Koulutussuunnitelmassa annetaan lisäksi ehdotus osaamisen ylläpidosta.

Harjoituksia arvioitaessa noudatetaan soveltuvin osin luotsaustutkinnon ja koeluotsauksesta annettua Trafín määräystä. Määräyksessä on avattu ne aluksen ominaisuuksiin ja aluksen liiketilan hallintaan sekä aluksen käsittelyyn liittyvät asiat, jotka koulutettavan luotsin on laivasimulaattorissa tehtävässä harjoituksessa osoitettava tuntevansa (Trafi 2016). Lisäksi määräys antaa selkeät kriteerit laivasimulaattorissa tehtävän kokeen hyväksymiselle.

Näiden ohjeiden lisäksi simulaattoriharjoituksen arviointi perustuu ohjaajan arviointiin, vertaisarviointiin sekä itsearviointiin. Jokainen harjoitus käydään läpi ajon jälkeen, todetut puutteet korjataan ja testataan seuraavassa harjoituksessa. Harjoitusten aikana yksi (1) koulutettavista keskittyy vuorollaan vertaisarviointiin. Havaintojen kirjaamista helpottamaan koulutussuunnitelmaan liitettiin muisti- ja tarkastuslista.

KOULUTUS ONNISTUI HYVIN

Ensimmäinen poikkeusolojen luotsauskoulutus (pilotti) pidettiin 4.–8.6.2018. Koulutus sujui palauteen perusteella hyvin. Koulutettavat olivat kaikki vahvasti sitoutuneita koulutuksen tavoitteisiin ja päätavoite ”kyky navigoida väylä tutkan avulla” saavutettiin. Koulutettavia pyydettiin arvioimaan harjoituksia, harjoiteltua väylää (merkintä, geometria), käytettyä alusmallia sekä koulutuksen käytännön järjestelyjä. Harjoituksista saatu palaute oli pääsääntöisesti hyvää. Tehtävänantojen selkeys ja omaan työhön siirrettävä hyöty arvioitiin erinomaisiksi (5/5). Harjoitusten vaikeusaste, kesto ja määrä, samoin kuin debriefingin laatu, arvioitiin hyviksi (4,6/5). Myös ohjaajien tuki sai hyvän arvion (4,4/5).

Pilottikoulutuksen kokemusten pohjalta Xamkin kouluttajat viimeistelivät koulutussuunnitelman ja laativat loppuraportin asiantuntijapalvelun toteutumisesta. Loppuraportissa esitetään myös muutamia ehdotuksia koulutuksen kehittämiseen. Ehdotukset liittyvät mm. käytettyyn simulaattorihjelmaan, ohjaajan työasemaan, alusmalliin ja uusien harjoitusskenaarioiden luomiseen.

Toimeksiantajan näkökulmasta koulutusohjelman suunnittelu ja pilottikurssin toteutus onnistuivat hyvin. Yhteistyö Xamkin asiantuntijoiden kanssa oli alusta alkaen sujuvaa, kaikki sujui hyvässä hengessä ja sovitussa aikataulussa. Koska koulutukseen osallistuvat olivat jo pitkän kokemuksen omaavia merenkulun ammattilaisia, ei ollut tarpeen käyttää aikaa perusasioihin, vaan heti alusta alkaen voitiin pureutua koulutustarpeeseen liittyviin erityiskysymyksiin ja -tarpeisiin.

LÄHTEET

Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta 21.5.1999/621. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990621> [viitattu 19.10.2018].

Liikennevirasto 2011. Vesiväyliin liittyviä käsitteitä. Liikenneviraston ohje, dnro 4956/1021/2011. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/ohje_2011_vesivayliin_liittyvia_fi.pdf [viitattu 19.10.2018].

Luotsauslaki 21.11.2003/940. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030940#P11a> [viitattu 19.10.2018].

Trafi 2016. Meriturvallisuus: Luotsaustutkinnot ja koeluotsaus. Määräys. DNroTRA-FI/57228/03.04.01.00/2015. Antopäivä 30.12.2016. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/501001/42901> [viitattu 19.10.2018].

Valmiuslaki 29.12.2011/1552. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20111552#L1P1> [viitattu 19.10.2018].

Valtioneuvoston asetus luotsauksesta 1385/2016. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161385> [viitattu 19.10.2018].

KRIITTISEN NOPEUDEN KÄSITE ÖLJYVUODON PUOMITUKSESSA

Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö

Ensimmäisiä tehtäviä öljyvahingon tapahduttua on vuodon rajoittamisen lisäksi pyrkiä rajamaan veteen vuotanut öljy mahdollisemman pienelle alalle. Tähän käytetään öljyntorjuntapuomeja. Tilanteesta riippuen puomeja voidaan käyttää myös ohjaamaan öljylautan kulkua erityisen herkkien ja suojattavien kohteiden ohi tai kohti määriteltyä keräysaluetta. Rajaamisella öljylautta saadaan lisäksi rikastumaan öljyn keräämisen kannalta riittävään kerospaksuuteen. Puomituksen onnistumiselle asettaa haasteita öljyn kulkeutumisenopeus sekä virtausten, tuulen ja aallokon vaikutus puomin toimintavarmuuteen. Oikealla puomivalinnalla voidaan näitä haittoja vähentää, joskaan ei aina kokonaan poistaa. Merkittäviä tekijöitä puomituksen pitävyydelle ovat puomin varalaidan korkeus suhteessa aallonkorkeuteen ja vallitseviin tuuliin sekä puomin syväys suhteessa veden syvyyteen. Liian korkea puomi rajoittaa veden kulkua aiheuttaen veden liikenopeuden kasvua puomin alitse. Nopeuden kasvaessa virtaava vesi vie mennessään puomille kertyneen öljyn. Samoin käy nopeasti virtaavassa vedessä matalammallakin puomilla, jos veden suhteellinen nopeus sen törmätessä puomiin ylittää kriittisen nopeuden. Tässä artikkelissa tarkastellaan kriittisen nopeuden käsitettä sekä teoreettisen lähestymistavan että käytännön esimerkkien kautta.

KRIITTINEN NOPEUS

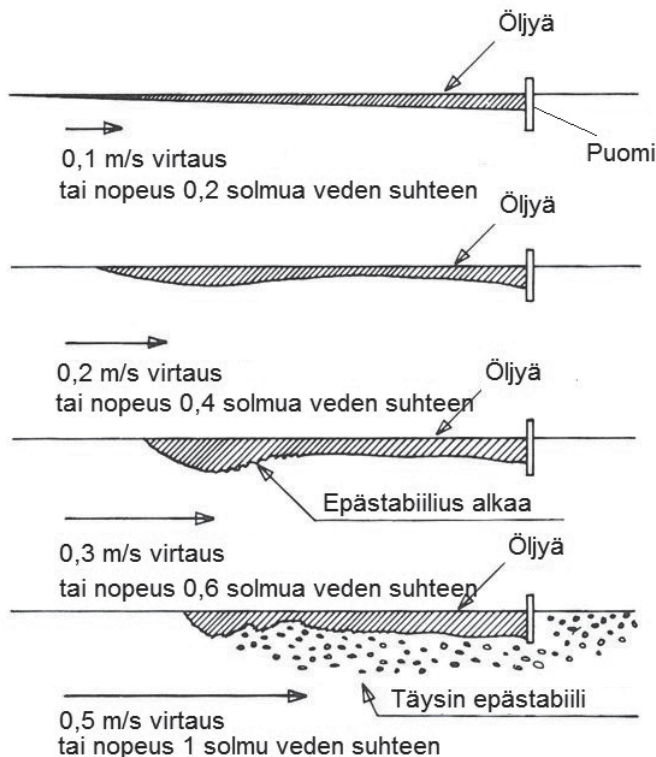
Pääasiallinen torjuntamenetelmä öljyvahingon torjunnassa vesialueella on puomittaminen. Torjuntatekniikoina voidaan hyödyntää esimerkiksi rajaamista, nuottausta, ohjausta tai suuntaamista. Kaikissa näissä tekniikoissa tulee huomioida kriittisen nopeuden vaikutus puomin toimintavarmuuteen. Kriittisellä nopeudella (*critical velocity*) tarkoitetaan sitä suhteellista nopeutta, jolla veden mukana liikkuva öljy kohtaa puomipinnan ja jonka ylittyessä puomille kertyvä öljy karkaa puomin alitse (Fingas 2013, 83). Kriittinen nopeus tulee huomioida erityisesti torjuntatekniikoissa, joissa öljy kohtaa puomipinnan kohtisuoraan. Näitä ovat mm. nuottaus, jossa öljyä kerrytetään yhden tai kahden aluksen hinaaman puomipussin perälle, tai öljyn pysäyttämiseen tarkoitettut sulku- ja suoja puomitukset.

Kriittiselle nopeudelle on haettu raja-arvoja sekä testiolosuhteissa että käytännön harjoituksissa. Kriittisen nopeuden raja-arvo määräytyy puomin rakenteen lisäksi öljytyypin perusteella. Suurimmalla osalla puomeista kriittinen nopeus ylittyy alle solmun nopeudessa (ITOPF 2014, 3). Öljytyypin vaikutuksesta kriittiseen nopeuteen löytyy kirjallisuudesta kuitenkin hieman toisistaan poikkeavia raja-arvoja. ITOPF (2014, 3) arvioi, että

alhaisen viskositeetin öljyt, eli juoksevammat öljyt, karkaavat puomin ali pienemmissä nopeuksissa kuin jäykemmät öljyt. Alankomaiden NHL-yliopiston tutkijaryhmän (Koops, Zeinstra & Heins 2014, 81) mukaan kriittisen nopeuden raja-arvona raskaille, tiheydeltään noin 900 kg/m^3 öljyille voidaan pitää $0,3 \text{ m/s}$, mutta kevyemmille, tiheydeltään noin 840 kg/m^3 öljyille hieman suurempaa $0,4 \text{ m/s}$ nopeutta. Varmimpana nyrkkisääntönä voitaisiin siten pitää $0,3 \text{ m/s}$ raja-arvoa, eli puolen (0,5) solmun nopeutta.

Kriittisen nopeuden ylittyessä öljy karkaa puomin ali, vaikka puomi pysyisikin pystyssä (ks. kuva 1). Ilmiö ei siis edellytä puomin kaatumista tai sukeltamista vedenpinnan alle. Näin ongelmaa ei välttämättä näe puomin asennosta. Erittäin suurissa virtausnopeuksissa puomi kyllä kaatuu ja uppoaa (ITOPF 2014, 3), kuten kuvasta 2 on havaittavissa.

Ilmiö liittyy puomin alittavan vesimassan nopeuteen, joka kiihtyy, kun sama vesimäärä joutuu virtaamaan pienemmästä alasta sekä öljyn ja veden tiheyseroihin ja nesteiden pintajännitykseen. Ilmiö on yleinen kaikille puomityypeille riippumatta puomin helman koosta. Jo $0,3 \text{ m/s}$ virtausnopeudella öljyä alkaa karata ja $0,5 \text{ m/s}$ nopeudella kaikki öljy karkaa. (Koops, Zeinstra & Heins 2014, 81.)



Kuva 1. Öljyn karkaaminen puomin alitse veden virtausnopeuden (m/s) tai aluksen nopeuden veden suhteen (solmua) kasvaessa. Virtausnopeuksilla $0,1\text{--}0,2 \text{ m/s}$ ($0,2\text{--}0,4$ solmua) puomi pystyy pidättämään öljyn. Nopeuden ylittäessä $0,3 \text{ m/s}$ ($0,6$ solmua) öljyn karkaaminen alkaa ja yli $0,5 \text{ m/s}$ (1 solmun) nopeuksissa kaikki öljy lähtee puomin alittavan päävirran mukaan. (kuva: Koops, Zeinstra & Heins 2014, 82)

Kriittinen nopeus on merkittävä ja rajoittavakin tekijä erityisesti matalissa vesissä, jos puomin syväys ylittää 20 prosenttia veden syvyydestä. Ajatus ”mitä isompi puomi, sitä tehokkaampi” ei siis pidä paikkaansa. Puomista muodostuu ”kuminen pato”, joka ei arva-tenkaan pysy pystyssä, tai jos pystyykin, ei pysty pidättämään öljyä.

Voimakkaasti virtaavissa joissa tai kapeikoissa, missä ei ole sopivaa suvantopaikkaa öljyn ohjaamista ja keräämistä varten, tulee käyttää rajoituspuomia, jonka optimisyväys on 1/5 veden syvyydestä, jotta patoilmiö ja veden pyörteily eivät muodostuisi liian voimakkaiksi ja öljy siten karkaisi puomin ali (IMO 2005, 62). Suomen ympäristökeskus (2016, 29) antaa korkeusrajaksi 1/3 veden syvyydestä. IMO:n ohjeissa (2013, 13–16) ja ASTM-puomistandardissa (2017, 2) 2 solmun (1,0 m/s) virtaukseen suositellaan puomia, jonka helmaa on 15–30 senttimetriä ja 3 solmun (1,5 m/s) virtaukseen jopa alle kahdeksan senttimetrin helmasyvyyttä.

Vapaan veden syvyys vaikuttaa myös puomiin kohdistuvan voiman suuruuteen. Mitä vähemmän vapaata vettä on, sitä suurempi on vetovastus. Jos vettä on yli seitsemän kertaa puomin korkeus, vesisyvyydellä ei ole enää merkitystä (Suomen ympäristökeskus 2016, 30).

KRIITTISEN NOPEUDEN HALLINTA

Kriittisen nopeuden ylittymistä puomin pinnassa voidaan säädellä alusten nopeutta veden suhteen vähentämällä sekä asettamalla puomi kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden, jolloin suhteellinen nopeus puomipinnassa pienenee.

Joskus kriittinen nopeus ylittyy jo veden virtausnopeuden takia, jolloin nuottaavia aluksia joko pidetään paikallaan tai pienellä pakilla. Alusten ohjailtavuus saattaa kuitenkin edellyttää kriittisen raja-arvon ylittäviä nopeuksia. Oleellista on, että nopeuden lisäys tehdään tietoisina sen seurauksista puominuotassa olevaan öljyyn. (Halonen 2018.)

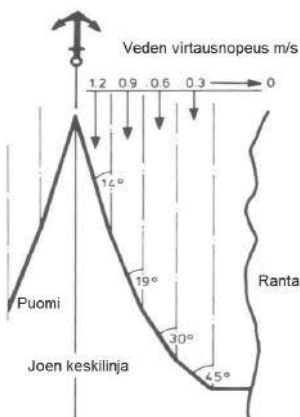
Vahinkohetken olosuhteisiin sopivan nopeuden ja puomin toimivuuden voi parhaiten arvioida vain tilannetta havainnoimalla. Öljypisaroiden tai läiskien nousu pintaan puomin jäljestä kertoo nuotan vuotamisesta. Ohutta kalvoa voi kuitenkin muodostua myös hyvin toimivassa nuotauksessa. Liiallisesta nopeudesta kielivät myös puomin perään syntyvät pyörteet. (ITOPF 2014, 7; ExxonMobil 2014, 5-25.) Puomin pohjukkaa ei hinaavista aluksista välttämättä aina näe – tähän tulee käyttää lentotiedustelua tai erillistä venettä (ExxonMobil 2014, 5-25).



Kuva 2. Suurissa virtausnopeuksissa puomit tulee asettaa kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden, mikä vähentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausnopeutta. Puomin toimintavarmuus saattaa heiketä myös aallokossa yliroiskumisen seurauksena. (kuvat: Justiina Halonen ja Mikko Pitkäaho 2017)

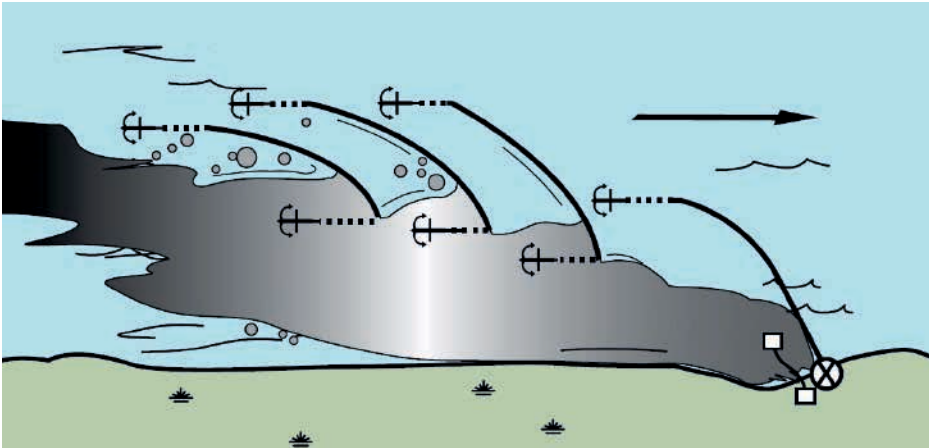
Suurissa vedenvirtausnopeuksissa, joissa kriittinen nopeus ylittyy, puomeja käytetään suuntaamiseen ja ohjaamiseen siten, että puomi asetetaan kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden (Fingas 2013, 83). Tämä vähentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausnopeutta, esimerkiksi 45 asteen kulma jo noin puolella (U.S. Navy 1991, 18). Erittäin suurissa virtausnopeuksissa puomi tulee asettaa miltei virran suuntaisesti (U.S. Navy 1991, 19). Puomin asettaminen kulmaan merkitsee, että puomia tarvitaan huomattavasti enemmän kuin lyhin matka joen tai salmen ylitse olisi. Esimerkiksi kapean salmen sulkemiseen siten, että öljy todella pysähtyy, tarvitaan noin 3–4 kertaa vesialueen leveyden verran puomia. (IMO 2005, 64.)

Joissa tai kapeikoissa vedenvirtausnopeus on yleensä suurinta keskellä ja hitaampaa reunamilla (ks. kuva 3). Ohjattaessa öljyä kohti rantaan, jossa virtausnopeudet ovat pienempiä, öljy todennäköisemmin pysyy puomituksessa. Kuvassa 3 on esitetty, kuinka virtausnopeus pienenee rantaan kohti, jolloin puomin kulmaakin voidaan kasvattaa. (Koops, Zeinstra & Heins 2014, 82.)



Kuva 3. Joen tai salmen virtausprofiili ja tarvittavat puomin suuntauskulmat. Mitä suurempi virtausnopeus, sitä virranmyötäisemmiksi puomi tulee asettaa. Puomi voidaan laittaa kohtisuoraan (90 asteen kulmaan) vain hyvin tyynessä vedessä. (kuva: Koops, Zeinstra & Heins 2014, 82)

Ohjaamista ja suuntaamista voidaan tehdä dynaamisesti siten, että puomin toista päätä ohjailaan aluksella. Näin puomin kulmaa voidaan ketterämmin hakea. Leveänä lauttana liikkuva öljyä voidaan yrittää kaventaa suisteen avulla. Öljylautta voidaan myös saattaa kahden aluksen ohjaaman puomin avulla jonkin erityisen herkän alueen ohi. Myös staattisia, paikallaan pysyviä puomituksia voidaan hyödyntää. Suurissa virtausnopeuksissa öljyn pysäyttämiseen tarvitaan useampi puomi. Kun ensimmäinen puomi ottaa vastaan suurimman virtausvoiman, on virtaus jo hieman hitaampaa seuraavalla puomilla. Jälkimmäisen puomin toimintavarmuus on siten paljon parempi. (Halonen 2018.) Kuvassa 4 on esitetty useamman puomin käyttöperiaatetta.

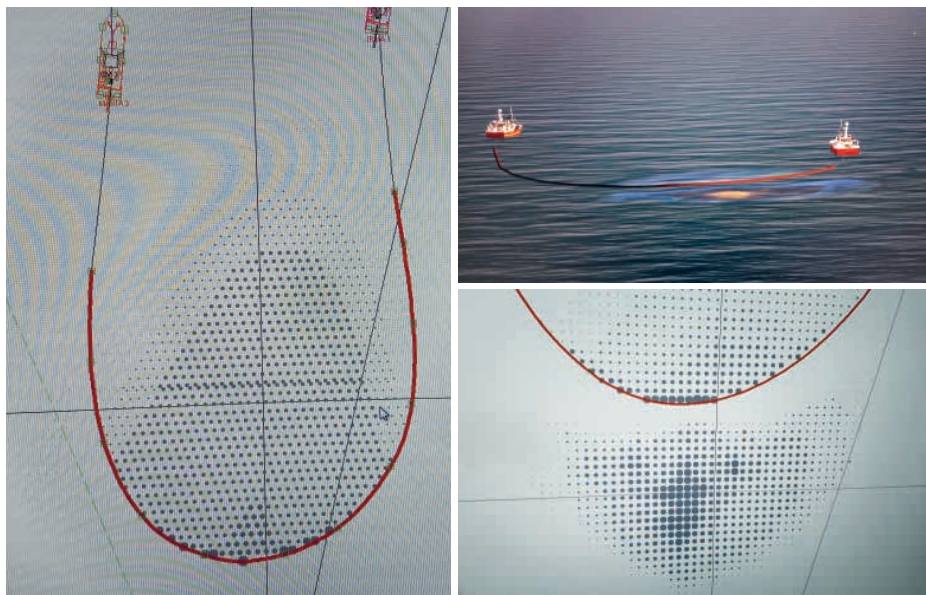


Kuva 4. Useamman puomin ketjupuomitusta voidaan käyttää voimakkaassa virtauksessa, jossa yhden pidemmän puomin käyttäminen on hankalaa tai mahdotonta. Virtaavassa vedessä lyhyempien puomijaksojen käsittely on helpompaa. Se edellyttää kuitenkin enemmän ankkurointikalustoa. Peräkkäiset suuntauspuomit heikentävät pintavirtausta, jolloin seuraavien puomien suuntauskulmaa voidaan asteittain kasvattaa. (kuva: Nuka Research 2012)

KRIITTISEN NOPEUDEN HUOMIOINTI ÖLJYNTORJUNTAHARJOITUKSISSA

Kriittisen nopeuden huomiointi perinteisissä öljyntorjuntaharjoituksissa on haastavaa. Pääasiassa siksi, ettei oikeaa öljyä voida harjoituksissa käyttää ja öljyn sijaan käytettävät maaliaineet, kuten turve, sammutusvaahto tai popcorn, eivät käyttäydy nesteen tavoin, joten ilmiö ei tule esille. Kriittistä nopeutta voidaan kuitenkin havainnollistaa simulaatioympäristössä, jossa öljyn käyttäytyminen on mallinnettu riittävän realistisesti. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu on vuodesta 2017 järjestänyt öljyntorjunnan simulaatiokoulutusta Kotkan merenkulun simulaattorikeskuksessa. Simulaatio-ohjelman öljymallinnuksen on todettu noudattavan edellä määriteltyjä kriittisen nopeuden raja-arvoja. Harjoituksiin osallistuneilta saatu palaute kertoo, että simulaatioharjoittelu on tällä hetkellä konkreettisin tapa ilmiön havainnollistamiseen. Osa harjoituksiin osallistuneista kohtasi ilmiön ensimmäisen kerran. Huomiota kiinnitti myös se, miten alhaisista nopeuksista raja-arvoissa on kysymys,

vaikka kirjallisissa ohjeistuksissa näin olisikin ollut. “Se, että oikeasti näkee kuinka käy, on silmiä avaavaa”, kuvaa eräs kevään 2018 harjoitukseen osallistunut (Halonen, Lanki & Punnonen 2018; Rantavuo et al. 2018.) Öljyntorjuntaviranomaisten mahdollisuuksia harjoitteluun joko oikean öljyn tai simuloitun öljyn kanssa tulisikin tukea kaikin tavoin.



Kuva 5. Kriittisen nopeuden havainnollistaminen simulaatioharjoituksessa. Puominuottaan saatu öljy pullahtaa nuotan alta kriittisen nopeuden ylittyessä. (kuvat: Justiina Halonen 2017).

LÄHTEET

ASTM International 2017. Standard Guide for Selection of Booms for Oil-Spill Response, ASTM F2683-11(2017).

ExxonMobil 2014. Oil Spill Response Field Manual. Revised 2014. ExxonMobil Research and Engineering Company, USA.

Fingas, M. 2013. The Basics of Oil Spill Cleanup. CRS Press. ISBN 978-1-4398-6246-9.

Halonen, J. 2018. Öljyntorjunta sisävesillä – puomitustaktiikat ja -tekniikat. Artikkeliteoksessa Öljyntorjunnan toimintamallin kehittäminen Saimaan syväväylälle, SÖKÖSaimaa-hankkeen taustaselvitykset ja loppuraportti. Halonen, J. (toim.) Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka.

Halonen, J.; Lanki, A. & Punnonen, J. 2018. Ensimmäisen SCAROIL-pilottikoulutuksen palaute. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

IMO 2005. Manual on Oil Pollution. Section IV. Combating Oil Spills. International Maritime Organisation, London. ISBN 92-801-4177-5.

ITOPF 2014. TIP 03: Use of booms in oil pollution response. Version 19 May 2014. Technical Information Paper 3. Saatavissa <http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-3-use-of-booms-in-oil-pollution-response/> [viitattu 2.10.2018]

Koops, W.; Zeinstra, M. & Heins, S. 2014. Oil Spill Response Manual. NHL University of Applied Sciences. ISBN 978-94-917900-7-2.

Nuka Research 2012. Massachusetts Geographic Response Plan Tactics Guide.

Pitkäaho, M. Valokuvia. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, SÖKÖSaimaa-hanke.

Rantavuo, E.; Halonen, J.; Lanki, A. & Tuomainen, T. 2018. Toisen SCAROIL-pilottikoulutuksen palaute. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

Suomen ympäristökeskus 2016. Öljypuomiopas. Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi- ja rannikkoalueilla. 20.4.2016 päivätty versio.

U.S. Navy 1991. Oil spill response. Ship salvage manual. Volume 6. 0300-A6-MAN-060.
Naval Sea Systems Commands.

ÖLJYNTORJUNTA SIMULAATIOYMPÄRISTÖSSÄ

Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö

Öljyntorjuntaa voidaan harjoitella myös simulaattoreilla. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merenkulun komentosiltasimulaattoreihin on asennettu öljyntorjunnan lisäosa, joka mahdollistaa öljyntorjuntatehtävien kuten puomitusten ja nuottauksen harjoittelun. Kotkan simulaattorikeskuksessa on nykyisin kolme komentosiltaa, joilla voidaan harjoitella yhtä aikaa joko niin, että kaikki alukset toimivat samassa maailmassa tai vastaavasti erikseen itsenäisissä tehtävissä. Simulaatioympäristön olosuhteita kuten aallokkoa ja näkyvyyttä voidaan säädellä halutuiksi, jolloin torjuntatehtäviä vaativissakin olosuhteissa voidaan harjoitella turvallisesti. Simulaatio-ohjelmaan sisältyvä öljymallinnus mahdollistaa öljylautan ja sen kulkeutumisen mallintamisen. Komentosiltasimulaattoreiden lisäksi käytettävissä on harjakeräintä mallintava öljynkeräinsimulaattori, jonka toimintaympäristönä on joko satama-allas tai proomu. Keräin täydentää öljyntorjunnan prosessia ja auttaa hahmottamaan jätelogistiikan resurssitarvetta.



Kuva 1. Puomitusharjoitus meneillään (kuva: Justiina Halonen 2018).

Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus on täysin uutta – kurseja on toteutettu vasta kolme (tilanne syksyllä 2018). Laaditut kurssit on suunnattu pääasiassa pelastuslaitosten venemiehille aluksenkäsitteilyn ja puomikäsitteilyn hallintaan sekä päällystöviranhaltijoille öljyntorjuntataktiikan suunnitteluun ja operaation johtamiseen. Koulutusta voidaan muokata myös

muiden öljyntorjuntaviranomaisten tarpeisiin. Kurssien vastaanotto ja saadut palautteet ovat osoittaneet, että simulaatioharjoittelu on erittäin monipuolinen ja tehokas oppimisen väline. Erityisesti simuloitun öljyn havainnollisuus, mahdollisuus kokeilla erilaisia lähestymistapoja sekä oman suorituksen läpikäynti tallenteiden avulla ovat saaneet kiitosta osallistujilta.

MILLAISEEN HARJOITTELUUN SIMULAATIOYMPÄRISTÖ SOVELTUU?

Simulaatiokoulutusta voidaan hyödyntää sekä teknisen että taktisen öljyntorjuntaosaamisen harjoitteluun. Tekninen osaaminen, erityisesti aluksen käsittelytaito, kehittyy erilaisten puomitus-, hinaus-, tiedustelu- ja ajoharjoitteiden avulla venemiesten toteuttaessa niitä tehtäviä ja torjuntataktiikoita, joita torjuntatöiden johto kunkin skenaarion pohjalta suunnittelee. Simulaatioiden hyödyntämistä taktiseen harjoitteluun tukee mahdollisuus useaan toistokertaan eri menetelmien ja lähestymistapojen kokeilemiseksi.

Simulaattoreilla voidaan harjoitella erilaisia tehtäviä yksittäisestä työsuorituksesta kuten keräyssäiliön hinaamisesta monialusmuodostelmassa ajamiseen tai tilannejohtoharjoituksen tapaiseen koko torjuntaoperaation johtamiseen. Harjoitusten laajuus voidaan siis sovittaa tarpeiden mukaan. Simulaatioharjoituksen avulla voidaan esimerkiksi testata pelastuslaitoksen torjuntakykyä jonkin erityiskohteen tai tietyn suuruusluokan öljyvahingon torjuntaan luomalla vastaava tilanne kalustoituneen virtuaalimaailmaan.

Harjoitusten kesto on säädettävissä vartista useamman päivän mittaiseksi. Nykyisellä komentosiltakokoonpanolla ajoharjoituksiin osallistuvien henkilöiden määrä on hyvä pitää alle kymmenessä henkilössä, jotta jokaiselle riittää konkreettista tehtävää. Johtokeskustyöskentelyn henkilömäärä on sitä vastoin skaalautuva. Harjoitusta voidaan seurata (tai johtaa) myös pelastuslaitoksen tilannekeskuksesta, mikä mahdollistaa useamman henkilön osallistumisen.

OPPIMISYMPÄRISTÖ

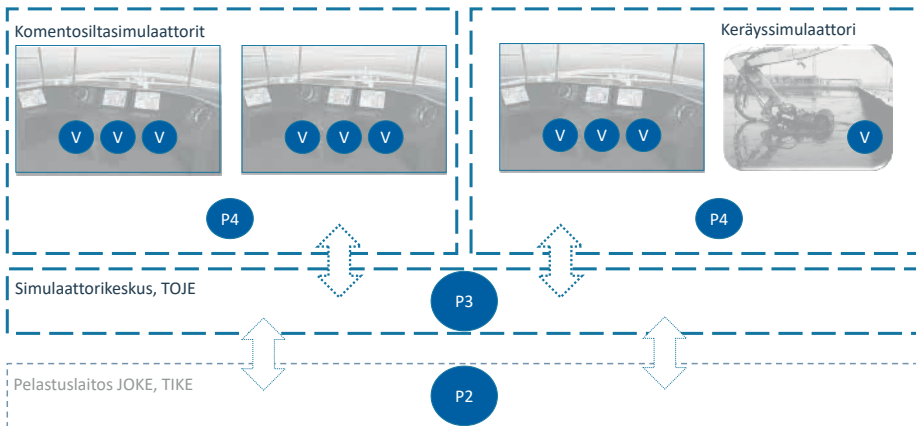
Öljyntorjuntakoulutukseen käytettävissä olevat oppimisympäristöt ovat kolme aluksen komentosiltasimulaattoria sekä uusi öljykeräinsimulaattori. Keräinsimulaattori mallintaa kaivinkonesovitteista harjakauhaa, jolla voidaan kerätä öljyä vedestä joko satama-altaan reunalta tai proomun päältä. Keräimen käyttäjä saa harjoituksesta palautetta suoritteen tehokkuudesta: suoritusajasta, harjakeräimen asennosta ja kerätyn massan öljy-vesipitoisuudesta. Torjuntatyön johtajalta keräystyö edellyttää välivarastointi- ja kuljetustarpeen arviointia. Simulaattorin on valmistanut lappeenrantalainen Mevea Ltd ja sen mallina on käytetty porvoolaisen Lamor Corporation Ltd:n harjakeräintä LRB250. Teknisesti simulaattori edustaa alan viimeisintä tekniikkaa; laitemallinnuksen tasoa voidaan kuvata käsitteellä “digitaalinen kaksonen”. (Halonen & Rantavuo 2018.)



Kuva 2. Öljykeräinsimulaattori antaa käyttäjälleen palautteen keräyssuorituksesta kerätyn öljyn määränä ja öljy-vesi-keräyssuhteena. Suorituksen onnistumiseen vaikuttavat keräimen keräyssyvyys ja asento suhteessa veden pintaan ja harjalle liikkuvaan öljyyn. (kuvat: Justiina Halonen 2017 ja 2018)

Keräinsimulaattorin tehtävänä on tuoda öljykeräys ja -käsittely osaksi kokonaisvaltaisempaa öljyntorjuntaharjoitusta. Simulaattori mallintaa paitsi autenttisen keräimen toimintaa, myös öljyn kerättävyyttä, keräysprosessia ja -tehoa ja siitä seuraavaa öljyn välivarastointitarvetta. Jättemäärän hallinta on usein katsottu öljyntorjuntaoperaation pullonkaulaksi. Torjuntaa voidaan jatkaa keskeytyksettä vain, jos öljyn jatkokuljetuslogistiikka toimii. (Halonen, Knutas & Kallioniemi 2016.) Jätelogistiikka saattaa vaatia paljon resursseja muun torjuntatyön taustalla. Tätä osa-aluetta ei kuitenkaan kovin usein liitetä osaksi öljyntorjuntaharjoituksia, koska harjoitustavoitteet keskittyvät alkuvaiheen torjuntaan.

Komentosillat voidaan määritellä esimerkiksi kahdeksi torjunta-alueen komentosillaksi ja yhdeksi tiedusteluveneen komentosillaksi tai kahdeksi nuottaavaksi ja yhdeksi kerääväksi alukseksi. Esimerkki koulutettavien sijoittumisesta eri työpisteiden välillä on esitetty kuvassa 3. Venemiehet (V) toimivat komentosiltasimulaattoreissa työparina. Kolmas venemies vuorottelee, seuraa harjoitusta sekä suorittaa tehtäviä keräinsimulaattorilla. Osassa järjestettyjä koulutuksia komentosilloilla on toiminut kahden venemiehen lisäksi yksikön esimies (P4).



Kuva 3. Öljyntorjunnan simulaatiokoulutuksen oppimisympäristöt sekä esimerkki venemiesten (V) ja päällystön (P) miehityksestä eri harjoitustiloissa (kuva: Justiina Halonen).

Päällystötaso (P3, P2) organisoituu tilanteen ja harkintansa mukaisesti koordinoimaan yksiköiden toimintaa ja torjuntaoperaation kokonaisuutta joko ”johtokeskuksesta” tai ”tilannepaikalta” johtolukseksi nimetyn aluksen komentosillalta. (Halonen & Lanki 2018.) Öljyntorjuntaoperaation johtokeskustoimintaa simuloidaan luokkahuonetilassa tilannekuva-järjestelmän, viestintävälineiden (virve) ja, harjoituksesta riippuen, myös RPAS-tiedustelun välittämän tilannetiedon avulla.

TIEDUSTELUSTA NUOTTAUKSEEN

Koulutus rakentuu erilaisista harjoituskokonaisuuksista kuten tiedustelusta, vuotavan aluksen ympärivuomituksista, nuottaamisesta ja keräämisestä. Perättäisten harjoitusten järjestys on luotu kronologiseksi siten, että ne noudattelevat todellisen operaation kulkua. Tällä tavoitellaan kokonaiskuvan muodostumista ja osittain myös pitkäkestoisen operaation tuntua. Lisäksi pyritään kohti harjoitustavoitteiden kumulatiivisuutta; osa-taidoista kokotaidoiksi haastavuutta lisäämällä.

Jokaiseen harjoitukseen sisältyy simulaatioajon lisäksi purkutilaisuus, jossa suoritus toistetaan ilmakuvasta, ohjaajan näkymästä ja komentosiltanäkymästä muodostuvan videotallenteen avulla. Tätä debriefingiä kurssille osallistuneet ovat pitäneet oppimisen kannalta erittäin merkittävänä. Oman suorituksen näkeminen osana kokonaisuutta; omien ratkaisujen vaikutus muiden toimintamahdollisuuksiin, tilanteen kehittymiseen ja torjuttavaan öljyyn sekä tämän kokaisuuden visuaalinen havainnollistaminen ja rakentava analysointi arvioitiin kurssien suolaksi: *”Erittäin hyvä, tässä tapahtuu oppiminen”*. Erään päällystösosallistujan kiteyttämänä *”Pelastustoimi harjoittelee käytännössä paljonkin, mutta iso miinus on se, ettei siitä pyörimisestä saa minkäänlaista feedbackia”*. (Halonen, Lanki & Punnonen 2018; Rantavuo et al. 2018.)



Kuva 4. Pimeänajoharjoitus ensimmäisellä pilottikurssilla (kuva: Justiina Halonen 2017).

SIMULAATIOKOULUTUKSEN VAHVUUDET KURSSILAISTEN KOKEMANA

Simulaatioharjoittelun vahvuutena ovat simulaatio-ohjelman antama välitön palaute tehdyistä toimenpiteistä, mahdollisuus skenaarioiden toistamiseen sekä öljyn käyttäytymisen havainnollistaminen keräys-, puomitus- ja nuottaustilanteissa. Harjoituksissa demonstroitiin öljyn havaittavuutta ja kulkeutumismopeutta sekä kriittisen nopeuden vaikutusta puomien toimintakykyyn. Öljymallinnuksen tarjoamaa palautetta toimenpiteiden, kuten valitun puomitustavan tai nopeuden, vaikutuksesta torjuttavaan öljyyn pidettiin silmiä avaavana: *“Joo, treenaaminen on ollut helppoa ilman kamaa!”* (Rantavuo et al. 2018.) Osallistujat kokivat, että harjoittelumuoto oli heille ensimmäinen, jossa toimintaa voidaan kehittää toimenpiteistä saadun palautteen perusteella. Perinteisissä käytännön harjoituksissa öljyä ei voida ympäristösyistä käyttää, jolloin torjunnan kohteen puuttuessa toimenpiteiden onnistumisen arviointi on vaikeaa. Simulaatioiden realismi öljyn mallintamisessa on todettu merkittäväksi eduksi etenkin niille koulutettaville, joilla ei ole kokemusta oikean öljyn kanssa toimimisesta.

Simulaatioharjoittelun on koettu lisäävän myös viestintä- ja kommunikointitaitoja sekä eri tehtävissä toimivien näkökulman ja kokonaisuuden ymmärtämistä. Yhteinen koulutus nähtiin merkittäväksi, sillä miehistö ja päällystö harjoittelevat yleensä erikseen. Osallistujat näkivät tärkeänä myös venemiesten noston harjoitusten keskiöön. Päällystö piti tärkeänä, että he pääsivät seuraamaan tekemiensä torjuntasuunnitelmien toteuttamista. Reaaliharjoituksissa siirtymä näiden kahden toiminta-alueen välillä on yleensä rajoitettua. Simulaatorikeskuksessa torjunnan suunnittelu ja johto tapahtuvat komentosiltojen viereisessä tilassa. Mahdollisuuden siirtyä vaivattomasti eri harjoituspisteiden välillä koettiin lisäävän paitsi alusoperaatioiden toimintarajoitteiden ja -mahdollisuuksien myös eri tehtävissä toimivien näkökulman syvempää ymmärrystä.

Simulaatioympäristön joustavuus ja tilanteiden toistettavuus mahdollistavat erilaisten toimintamallien testaamisen ja vapaan kokeilun, kun yleensä työvuoron aikana tapahtuvissa harjoituksissa pystytään toteuttamaan vain yksi taktiikka. Eri lähestymistapoja ja toiminnan rajoja voidaan hakea paitsi kustannustehokkaasti, myös turvallisesti. Säättämällä simulaatioympäristön olosuhteita, kuten merenkäyntiä ja näkyvyyttä, voidaan haastaviakin tehtäviä harjoitella ilman vaaraa henkilö- tai kalustovaurioista (Halonen, Knutas & Kallioniemi 2016). Navigointisimulaattorin tarjoama vaste on auditoituna simulaattorina riittävän realistinen todenmukaisen kuvan saamiseen. Myös kurssin venemiehiltä saadun palautteen mukaan simuloitujen tilanteiden vastasivat hyvin todellisuutta aluksen käyttäytymisen, hinaussmassan ja olosuhteiden vaikutuksen kannalta (Rantavuo et al. 2018).

HAVAITTUJA HEIKKOUKSIA

Simulaattorin suurin “haitta” ja ero todelliseen harjoitteluun koettiin olevan välittömän näköyhteyden puuttuminen toisiin aluksiin ja omaan puomiin. Simulaattorissa takanäkymää ei saa päätää kääntämällä, kuten oikeassa elämässä, vaan näkymää tulee kääntää komentosillan näytöillä. Näyttöjen kääntäminen vaikeutti usein aluksen kurssin säilyttämistä (Rantavuo et al. 2018). Havaittiin myös, että mittasuhteita ja etäisyyksiä on vaikeampi hahmottaa simulaattorissa. Harjoituksissa etäisyyden määrittämiseen käytettiin tutkaa, joka olisi ainoa työväline myös huonossa näkyvyydessä tai pimeässä. Osallistuneet myös huomasivat, että he olisivat voineet hyödyntää enemmän “kansimiestä” havainnointiin ja etäisyyksien ilmoittamiseen. Seuraavissa koulutuksissa tulee siis ohjeistaa tarkemmin kommunikointiin kansimiehen kanssa. (Halonen, Lanki & Punnonen 2018.)

LAIVALUOKAN KOMENTOSILTASIMULAATTOREIDEN KÄYTTÖ

Öljyntorjunnan simulaatiokoulutukseen käytettävät navigointisimulaattorit ovat laivaluokan komentosiltoja, ja niiden toimivuus pääasiassa veneluokan kuljettajien koulutukseen mietitytti kouluttajia ennen kursseja. Osallistujia pyydettiin molemmilla kursseilla arvioimaan simulaattorin kokoluokkaa ja käytettävyyttä. Komentosiltojen mittakaava verrattuna pelastuslaitoksen veneluokan aluksiin ei kurssin osallistujien mielestä merkittävästi haittaa harjoittelua, vaikka tunnistettiin, että käytetty alustyyppi poikkeaa ominaisuuksiltaan, esimerkiksi reagoi ohjailuun hieman hitaammin. Pääosa venemiehistä koki, että simulaattoreissa on ”hyvä manoveerausvaste, yllättävänkin hyvä ja siten riittävän realistinen”. Vaikka simulaattorit siis olivatkin ”hieman liian laivamaisia pelastuslaitosten käyttämiin aluksiin verrattuna” ei se kuitenkaan haitannut asian oppimista. Navigointijärjestelmät periaatteessa vastasivat pelastuslaitoksen käytössä olevia. (Halonen, Lanki & Punnonen.) Vaikeaksi koettiin kuitenkin eri komentosiltojen hallintalaitteiden muistaminen ja ehdotuksena annettiin, että koko koulutuksen ajan käytettäisiin aina samaa siltaa (Rantavuo et al. 2018).

NÄIN KOULUTUS LUOTIIN

Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus luotiin EU-rahoitteisen SCAROIL-hankkeen avulla. Simulaatiokoulutuksen kehittäminen käynnistyi öljyntorjuntaviranomaisten nykyisen osaamisen, osaamistarpeiden ja niitä vastaavan koulutustarjonnan kartoittamisella. Tavoitteiden täsmennyttyä ryhdyttiin koulutusmallin rakentamiseen. Simulaatioiden ja simulaattoreiden käyttäminen on edellyttänyt paitsi ohjelmistojen uusimista ja kokonaan uuden simulaattorin kehittämistä, myös simulaatiokoulutukseen liittyvien koulutusmenetelmien, materiaalien ja harjoitteiden luomista. Lopuksi koulutusmallia testattiin pilotoinnilla. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin hankkeen toteutustapaa.

Hankkeen toteuttaminen jaettiin viiteen työpakettiin. Ensimmäisiä toimenpiteitä olivat öljyntorjuntaosaamisen ja -koulutuksen nykytilanteen selvittäminen, osaamisen lähtötason kuvaaminen ja koulutustarpeiden osoittaminen sekä simulaatiopedagogiikan hyvien käytäntöjen kartoittaminen muista simulaattorikeskuksista ja aloilta. Nykyisen koulutusjärjestelmän kuvaamiseksi hyödynnettiin kirjallisuusselvitystä sekä kyselytutkimusta. Osaamisen lähtötilanteen selvittämisessä menetelmänä käytettiin määrällistä kyselytutkimusta. Kyselyn osallistujamäärää (yhteensä 189 vastausta 58 eri organisaatiosta) voidaan toimialan koko huomioiden arvioida kattavaksi ja tulosten heijastelevan kansallisia tarpeita. Kartoituksen tulokset on raportoitu julkaisussa *Öljyntorjuntakoulutuksen ja -osaamisen nykytila, SCA-ROIL-hankkeen selvitys öljyntorjunnan koulutustarpeista* (Halonen, Rantavuo & Altarriba 2017). Simulaatiokoulutuksen hyviä käytäntöjä kartoitettiin sekä kotimaassa että ulkomailla. Vierailuista saatu oppi koulutusmenetelmän hyödyistä ja haasteista hyödynnettiin koulutuksen rakennetta ja lähestymistapaa suunniteltaessa. (Halonen & Rantavuo 2018.)

Toisen työpaketin tavoitteena oli asettaa osaamistavoitteet ja koulutuksen laatutavoitteet yhdessä työelämän edustajien kanssa. Tätä varten hankkeelle muodostettiin öljyntorjuntaviranomaisista koostuva työryhmä, johon saatiin edustus 13:sta eri pelastus- ja ympäristöhallinnon organisaatiosta. Osaamistavoitteiden määrittelyssä hyödynnettiin ensimmäisessä työpaketissa laaditun osaamiskartoituksen tuloksia. Kyselytutkimus osoitti useita kehittämiskohteita, joista työryhmä priorisoi viisi keskeisintä osaamistavoitetta. Tavoitteiden asettamisessa huomioitiin koulutustarpeiden lisäksi se, millaista koulutusta on tarkoituksenmukaisinta kouluttaa simulaatioympäristössä – millaisten taitojen harjoitteluun simulaatio antaa parhaimman hyötysuhteen ja millaisia taitoja kannattaa harjoitella mieluummin käytännön kalustoharjoituksina. Laatutavoitteista sovittiin sekä työryhmän, ohjausryhmän että öljynkeräinsimulaattorin kehittämiseen osallistuneiden yritysten kanssa. Tavoitteiden asettaminen onnistui pilottikurssien palautteen perusteella hyvin. Koulutustarpeita ja aineistoa olisi laajempaankin koulutuskokonaisuuteen, joten koulutusmallia on mahdollista jatkossa laajentaa uusille osa-alueille. (Halonen & Rantavuo 2018.)

Kolmannen työpaketin muodostivat uuden koulutusmallin luominen toteutussuunnitelmiin ja koulutusmateriaaleihin. Koulutuskonseptia rakennettiin simulaatiopedagogiikan teorian, hanketiimissä jo olemassa olevan simulaatio-osaamisen sekä tutustumiskäynneillä opitun perusteella. Sisältö rakentui osaamistavoitteiden pohjalta. Sisällön luonteen mukaan valittiin käsitelläkö kyseistä osa-aluetta simulaatioharjoitteena, teoriana vai esimerkiksi etätehtävänä. (Halonen & Rantavuo 2018.) Koulutusmalli muodostettiin moduulirakenteella, joka mahdollistaa eri osa-alueiden käsittelyjärjestyksen sekä sisältöjen räätälöinnin (Halonen, Lanki & Rantavuo 2017). Moduulirakenne osoittautui erittäin käyttökelpoiseksi ja sitä on helppo laajentaa osa-alue kerrallaan hankeajan jälkeenkin. Jatkosuunnitelmissa on kehittää osa-alueille useita toteutustapoja, joista on mahdollista valita kullekin kohde-ryhmälle soveltuvimmat. (Halonen & Rantavuo 2018.)

Neljännän työpaketin tavoitteena oli luodun koulutusmallin testaus ja viimeistely pilottikoulutusten avulla. Tavoitteena oli lisäksi todentaa koulutusten vaikuttavuus osallistuneiden osaamistasoon. Hankkeen aikana järjestettiin kaksi kolmepäiväistä pilottikurssia, joilla keskityttiin torjunta- ja keräysmenetelmiin haastavissa olosuhteissa. Päättävöitteiden lisäksi sivuttiin muita työryhmän asettamia oppimistavoitteita, kuten torjuntaoperaation kokonaishallintaa pitkäkestoisissa operaatioissa, tukitoimia, tilannekuvajärjestelmiä ja logistiikkaa. Pilottikursseille osallistui venemiehiä ja päällystöviranhaltijoita Etelä-Karjalan, Kymenlaakson, Länsi-Uudenmaan, Lapin, Oulu-Koillismaan ja Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksilta sekä Pelastusopistolta. (Halonen & Rantavuo 2018.)

Molemmista pilottikoulutuksista kerättiin palautetta sekä toteutuksesta että sisällöstä. Koulutuksissa kokeiltiin hieman erilaisia lähestymistapoja ja niistä saatua palautetta vertailtiin. Lisäksi pilottikursseille osallistuneilta kysyttiin, kuinka he kokivat kehittyneensä tietyissä öljyntorjunnan osa-alueissa kurssin aikana. Kahden kurssin perusteella (N=19) suurinta kehittymistä osaamisessa koettiin vahingon rajaamisen tekniikoissa vedessä, aluksen käsitteilyssä sekä kartta- ja tutkatyöskentelyssä. Molemmista pilottikoulutuksissa mielekkäimmäksi harjoitukseksi arvioitiin nuottausharjoitus. Toisessa pilotissa myös hinausharjoitus sekä haveristin ympärivuomitus arvioitiin yhtä erinomaisiksi, kun taas ensimmäisen pilottikurssin toiseksi parhaimmaksi harjoitustyyppiksi valikoitui tiedustelu ja kolmanneksi haveristin ympärivuomitus. (Halonen, Lanki & Punnonen 2018; Rantavuo et al. 2018.) Koulutusmalli todettiin tehokkaaksi, toimivaksi ja joustavaksi. Koulutukset saivat kiitettävää palautetta ja simulaatioharjoittelusta saatavaa oppia pidettiin erinomaisena. (Halonen & Rantavuo 2018.) Koulutuksesta saatu palaute ja toimenpiteet koulutuksen luomiseksi on kuvattu hankkeen tuloksia kuvaavassa julkaisussa *Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus, SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti* (Halonen 2018 toim.).

Luotu öljyntorjunnan simulaatiokoulutus on ainutlaatuinen. Tämä on todentunut, kun koulutuskonseptia on esitelty öljyntorjuntatoimijoille kansallisesti ja kansainvälisesti. Koulutus on ollut esillä Puolassa kansainvälisessä merenkulun konferenssissa ja Euroopan suurimmassa öljyntorjunta-alan konferenssissa Lontoossa. Koulutusmallin esittely on joutanut useaan yhteydenottoon toiminnan jatkamiseksi ja kansainvälistämiseksi. (Halonen & Rantavuo 2018.)

Hankkeen jälkeen öljyntorjunnan simulaatiokoulutus otettiin osaksi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun täydennyskoulustarjontaa ja näin koulutusmalli integroitiin osaksi pysyvää toimintaa (Halonen & Rantavuo 2018).

HANKETIIMISSÄ YHDISTYI ERITYISOSAAMISTA

Hanketiimi muodostui öljyntorjunnan asiantuntijasta, merenkulun simulaatiokoulutuksen asiantuntijasta, simulaattorijärjestelmän teknisestä asiantuntijasta sekä projektin hallinnollisesta projektipäälliköstä. Koulutuksen luomisessa öljyntorjunnan asiantuntija vastasi öljyntorjuntatekniikan ja -taktiikan koulutuksesta, siihen liittyvän oppimateriaalin luomisesta ja opetuksesta. Merenkulun asiantuntija vastasi harjoitusten luomisesta simulaatioympäristöön yhteisesti ideoitujen skenaarioiden pohjalta, harjoitteiden parametreista, testiajasta, harjoitusten tehtävänannosta ja suoritusten ohjaamisesta sekä ajosuoritteiden analysoinnista. Projektipäällikkö vastasi koulutusten käytännön järjestelyjen lisäksi öljynkeräinsimulaattorilla tehtävistä harjoitteista. Simulaattorijärjestelmäasiantuntijan rooli korostui ohjelmistohankinnoissa, niiden asentamisessa, testiajossa ja koulutuksen aikaisessa teknisessä tuessa. Osallistujien monipuolisen osaamisen yhdistyminen nähtiin merkittävänä tekijänä hankkeen onnistumiselle. Esimerkiksi simulaattoriharjoituksiin saatiin näin yhdistettyä sekä öljyntorjunnan taktinen osaaminen että aluksen käsittely virtuaalimaailman tekniset ja toiminnalliset rajoitteet huomioiden. (Halonen & Rantavuo 2018.)

TYÖRYHMÄN ROOLI

Hankkeelle koottiin öljyntorjuntatoimijoiden keskuudesta työryhmä, joka antoi hankkeen aikana arvokkaan näkemyksensä koulutuksen kehittämiseen ja sen toteuttamiseen. Työryhmän suurin panostus kohdistui koulutustavoitteiden priorisointiin. Työryhmä asetti simulaatiokoulutuksen osaamistavoitteet oman kokemuksensa ja asiantuntijuutensa sekä hankkeen selvityksessä (Halonen, Rantavuo & Altarriba 2017) esiin nousseiden koulutustarpeiden pohjalta. Koulutuksen kehittämiseen osallistui työelämän edustajia pelastustoimen lisäksi myös ympäristöhallinnosta, rajavartiolaitokselta, puolustusvoimista, Ilmatieteenlaitokselta, satamista ja merenkulun viranomaisorganisaatioista. Hankkeen yhtenä laajempana tavoitteena onkin ollut lisätä vuorovaikutusta oppilaitoksen ja työelämän välillä, mikä osallistujien aktiivisuuden ansiosta toteutui erittäin hyvin. (Halonen & Rantavuo 2018.)

RAHOITTAJAT

Koulutushanke on saanut rahoitusta Euroopan sosiaalirahastosta (ESR S20604), ja sen vaatimat investoinnit simulaattoreihin on tehty Euroopan rakennerahaston turvin (EAKR A71714). Edellä mainittujen lisäksi koulutushanketta ovat rahoittaneet Merenkulun säätiö, Palosuojelun edistämissäätiö, William ja Ester Otsakorven säätiö ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

LÄHTEET

Halonen, J.; Knutas, S. & Kallioniemi, K. 2016. SCAROIL Simulator Training for Cargo Handling and Oil Recovery. ESR-hankehakemus. Hakemusnumero 102076. Hankekoodi S20604.

Halonen, J. & Lanki, A. 2018. Koulutussuunnitelma öljyntorjunnan simulaatiokoulutukselle. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

Halonen, J.; Lanki, A. & Punnonen, J. 2018. Ensimmäisen SCAROIL-pilottikoulutuksen palaute. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

Halonen, J.; Lanki, A. & Rantavuo, E. 2017. New Learning Methods for Marine Oil Spill Response Training. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 11, No. 2, pp. 339-345.
Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.12716/1001.11.02.18>

Halonen, J. & Rantavuo, E. 2018. SCAROIL-hanke – tavoitteet ja toimintatapa. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

Halonen J., Rantavuo E. & Altarriba E. 2017. Öljyntorjuntakoulutuksen ja -osaamisen nykytila. SCAROIL-hankkeen selvitys öljyntorjunnan koulutustarpeista. Xamk Tutkii 4. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. ISBN:978-952-344-066-1.
Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-066-1>

Rantavuo, E.; Halonen, J.; Lanki, A. & Tuomainen, T. 2018. Toisen SCAROIL-pilottikoulutuksen palaute. Teoksessa Öljyntorjunnan simulaatiokoulutus. SCAROIL-hankkeen osaprojektin loppuraportti. Halonen, J. (toim.). Xamk Kehittää 58. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka. ISBN 978-952-344-120-0.

HARJOITUS TEKEE MESTARIN – KOKEMUKSIA ÖLJYNTORJUNTA- HARJOITUKSISTA SAIMAALTA

Justiina Halonen, tutkimuspäällikkö, Juuso Punnonen, palomestari
& Jani Nevalainen, palomestari

Saimaan alueen öljyntorjuntavalmiutta on viime vuosien aikana kehitetty SÖKÖSaimaa-hankkeen voimin. Hankkeen tulosten jalkauttamiseksi järjestettiin useita öljyntorjuntaharjoituksia alueen pelastuslaitoksissa. Harjoitustyyppeinä käytettiin karttapohjaisia tilannejohtoharjoituksia, ns. tabletop-harjoituksia sekä käytännön kalustoharjoituksia. Tässä artikkelissa kuvataan öljyntorjuntaharjoitusten järjestämistä ja harjoitustyyppejä yleensä sekä pidettyjen harjoitusten kautta saatua oppia niin harjoitusten järjestäjän kuin osallistujienkin näkökulmasta.

ÖLJYNTORJUNTAHARJOITUKSET PELASTUSLAITOKSISSA

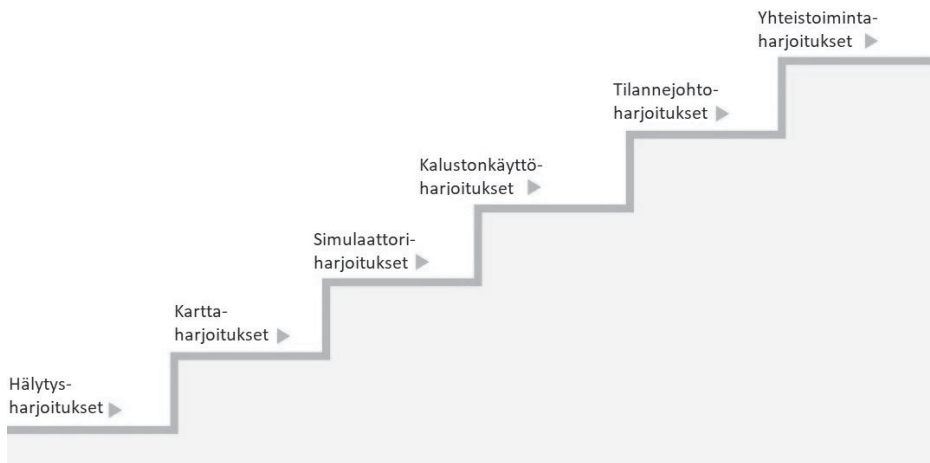
Öljyntorjuntaharjoitukset ovat osa pelastuslaitosten torjuntavalmiuden rakentamista. Harjoitusten avulla testataan öljyntorjuntasuunnitelman toimivuutta, kerrataan ja ylläpidetään torjuntataitoja. Pelastuslaitoksen henkilöstö harjoittelee öljyntorjuntaa työvuorokoulutusten yhteydessä. (SÖKÖSaimaa 2018.) Saimaan alueen pelastuslaitokset ovat jakaneet laajemman tilannejohtoharjoituksen järjestämisvastuun siten, että jokainen järjestää vuorollaan yhden suuremman öljyntorjuntaharjoituksen. Näin harjoitus on joka neljäs vuosi kunkin pelastustoimialueen vetovastuulla. Pelastuslaitokset määrittävät harjoittelusyklin torjuntasuunnitelmassaan. Näiden säännöllisten harjoitusten lisäksi pelastuslaitokset osallistuivat seitsemän harjoituksen järjestämiseen SÖKÖSaimaa-hankkeessa.

ÖLJYNTORJUNTA VOIDAAN HARJOITELLA USEALLA TAVALLA

Öljyntorjunnan harjoittelujärjestelmä sisältää erityyppisiä, erikokoisia sekä vaikeusasteeltaan erilaisia harjoituksia. Erilaisia harjoitustyyppejä voidaan hyödyntää asteittain etenevänä järjestelmänä (kuva 1).

Harjoituksilla voidaan arvioida öljyntorjuntasuunnitelman eri osa-alueiden toimivuutta. Harjoituksella voidaan testata esimerkiksi torjuntakalustoa, keräävän aluksen kapasiteettia

tai käytettävissä olevia henkilöresursseja ja niiden toimintakykyä sekä osaamisen kasvua eri harjoituskertojen välillä. (IMO & IPIECA 2005, 4–6). Erilaisten ja erikokoisten harjoitusten avulla opitaan eri elementtejä ja torjuntaprosessin osa-alueita. Tärkeää on harjoitella myös elementtien yhteensovittamista. Yhteisharjoitukset virka-apuviranomaisten, vapaaehtoisten ja ostopalveluiden sekä teollisuuslaitosten, laivaväen ja satamien kanssa, paitsi tuovat harjoitteluun vaihtelua, myös vahvistavat yhteistyötä – osapuolet oppivat ymmärtämään toistensa tehtäviä ja vastuita, ja samalla viestinnän toimivuus tulee testatuksi.



Kuva 1. Harjoitustyypien asteittainen eteneminen. Tiettyä osa-alueita harjoitellessa voidaan aiheita harjaannuttaa ennen toiminnallisia harjoituksia keskusteluun pohjautuvien harjoitusmuotojen avulla. Mitä ylemmäs askelmat etenevät, sitä enemmän harjoitukseen osallistuvilta edellytetään aiempaa osaamista. Myös harjoituksen järjestämisen edellyttämä työmäärä kasvaa. (kuva: IPIECA & IOGP 2014)

Hälytysharjoitus on harjoitustyypeistä kevein. Hälytysharjoituksen tarkoituksena on testata hälytysjärjestelmää sekä torjuntayksiköiden ja -kaluston todellista saatavuutta. Harjoituksen avulla voidaan myös arvioida kykyä välittää tietoa nopeasti ja täsmällisesti. (IMO & IPIECA 2005, 7.)

Karttarajoitus eli tabletop on kuivaharjoittelumuoto. Karttarajoituksessa luodaan kuvitteellinen skenaario, johon harjoituksen osallistujat pyrkivät löytämään ratkaisun, esimerkiksi onnettomuusskenaario, johon osallistujat laativat torjuntasuunnitelman (IMO & IPIECA 2005, 7). Harjoituksessa toimitaan karttapohjalla, esimerkiksi BORIS 2.0 -tilannekuvajärjestelmässä, kalustoa tai henkilöstöä ei siirrellä. Harjoitusta voidaan tukea myös kuvien, videoiden, simulaatioiden ja erilaisten pienoismallien avulla. Karttarajoitus soveltuu erityisesti johtotason henkilöstölle, sillä se tarjoaa hyvät mahdollisuudet harjoitella torjuntataktiikoiden laadintaa sekä yhteistoimintaa ja viestintää eri toimijoiden välillä. Karttarajoituksen etuna on, että aikaa voidaan manipuloida: toiminta voidaan tarvittaessa pysäyttää ja pureskella perusteellisesti jokin eteen tullut ongelma tai toisaalta mobilisoida kalusto muutamassa sekunnissa. (SÖKÖSaimaa 2018.)

Karttahaarjoituksena voidaan kehittää yhden pelastuslaitoksen johtokeskustyöskentelyä ja tilannekuvan välittämistä. Monimutkaisemmassa harjoituksessa voidaan ottaa mukaan useampia pelastustoimenalueita, valtion torjuntaviranomaisia tai ulkopuolisia toimijoita. Erittäin hyödylliseksi koettiin SÖKÖSaimaa-hankkeen aikana järjestetyt karttahaarjoitukset, joissa johtokeskustyöskentelyyn osallistui pelastuslaitoksen, kunnan ja ympäristöhallinnon öljyntorjuntaviranomaisten lisäksi merenkulun viranomaisia VTS-keskuksesta, Liikenteen turvallisuusvirastosta ja luotsausyhtiöstä. (SÖKÖSaimaa 2018.)

Kalustonkäyttöharjoitus nimensä mukaisesti harjoittaa käyttämään öljyntorjuntakalustoa. Sitä voidaan käyttää myös arvioimaan kaluston mobilisointia ja sijoittelua suhteessa riskikohteisiin (SÖKÖSaimaa 2018). Harjoitus tarjoaa lisäksi kokemusta toimintaympäristöstä ja lisää yksilötason teknistä osaamista (IMO & IPIECA 2005, 7). Kalustonkäyttöharjoitus voidaan järjestää tietyn torjuntavälineen tai -laitteen käytön harjoittelua varten tai esimerkiksi jonkin toimintaohjeen testaamiseksi (SÖKÖSaimaa 2018).

Tilannejohtoharjoituksella tarkoitetaan täysimittaista alusöljyvahingon torjunnan harjoitusta, jossa kuviteltu skenaario simuloidaan todelliselle tapahtumapaikalle ja johon hälytetään kaikki torjuntayksiköt siinä laajuudessa kuin ne oikeassa tilanteessakin hälytettäisiin. Harjoituksen tavoitteena on simuloida vahinkotilannetta mahdollisimman realistisesti. (IPIECA & IOGP 2014, 14–15.) Realistisuutta lisää, jos on mahdollisuus hyödyntää öljyä simuloivaa ainetta ja esimerkiksi maalialusta. Harjoituksissa öljyä mallinnetaan yleensä turpeella, mutta myös popcornia ja appelsiineja on käytetty. Tilannejohtoharjoituksessa yksiköt mobilisoidaan ja toimintaa johdetaan reaaliajassa. Harjoitukseen olisi hyvä osallistua kaikkien niiden tahojen, jotka normaalistikin osallistuisivat torjuntaan, mukaan lukien ostopalvelut. (SÖKÖSaimaa 2018.) Näin voidaan arvioida henkilöstön todellista saatavuutta ja voimavaroja (IPIECA & IOGP 2014, 14).

SAIMAALLA JÄRJESTETYT TABLETOP-KARTTAHARJOITUKSET

SÖKÖSaimaa-hankkeen aikana järjestettiin neljä alueellista öljyntorjunnan tabletop-harjoitusta, yksi kullakin pelastustoimialueella. Harjoitukset järjestettiin Etelä-Savossa 6.3.2018, Pohjois-Karjalassa 10.4.2018, Pohjois-Savossa 11.4.2018 ja Etelä-Karjalassa 3.5.2018. Harjoituksiin osallistui hankkeen työryhmän lisäksi kyseisen pelastuslaitoksen operatiivista henkilöstöä sekä asiantuntijoita kunnista, kaupungeista, ELY-keskuksista, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafilta, FinnPilot Pilotage Oy:ltä, Järvipelastajista, WWF:ltä ja Vapepalta. Harjoituksiin osallistui kaikkiaan noin 80 henkilöä. (Halonen et al. 2018.)



Kuva 2. Tabletop-harjoitus Mikkelin paloasemalla (kuva: Justiina Halonen 2018).

Kaikki järjestetyt tabletop-harjoitukset perustuivat alusöljyvahinkoon, mutta jokaiselle harjoitukselle pyrittiin valitsemaan hieman eri painopiste. Etelä-Savon harjoituksen skenaariona oli alusöljyvahinko Tappuvirran väylällä, joka on yksi luontoarvoiltaan herkimmistä alueista Saimaan syväväylän varrella. Kuvitteellinen onnettomuuspaikka sijaitsi Etelä-Savon ja Pohjois-Savon pelastustoimialueiden rajalla, jolloin tilannejohtovastuun määrittelystä muodostui osallistuvien ensimmäisiä tehtäviä. Harjoituksen alkuvaiheessa ratkaistavia asioita oli myös haverialuksen todellisen sijainnin määrittäminen – alus oli pohjakosketuksen jälkeen ajalehtinut eteenpäin. Tarkan koordinaattipisteen välittäminen radioteitse osoitettiin tässäkin harjoituksessa haasteelliseksi. Tiedonvälitystä pelastuslaitoksen ja haverialuksen kesken käytiin ensin Saimaan VTS-keskuksen välityksellä ja seuraavissa vaiheissa suoraan osapuolten kesken. Vaikeusastetta koetettiin nostaa ”poistamalla” luotsi aluksesta, jonka päällystö oli vieraskielistä - tällä ei kuitenkaan ollut vaikutusta harjoituksen sujumiseen. Harjoitusta pelattiin vapaaehtoisten hälyttämiseen ja jätteen logistiikan suunnitteluun asti. ELY-keskusten asiantuntijat olivat apuna öljyn ympäristövaikutusten arvioinnissa sekä suojattavien kohteiden priorisoinnissa. Öljyn ominaisuuksien selvittämiseen osallistui myös Työterveyslaitoksen C-osaamiskeskus. (Halonen et al. 2018.)

Pohjois-Karjalassa harjoitusskenaariona käytettiin edellisen syksyn tilannejohtoharjoituksen alusonnettomuutta Arvinsalmessa. Tavoitteena oli näin päästä käsiksi niihin torjuntaoperaation vaiheisiin, joihin ei normaalisti käytännön harjoitusten aikana ehditä. Harjoitus jaettiin kolmeen osa-alueeseen, joissa tarkasteltiin johtamista ja operaatiosuunnittelua, logistiikkaa ja jätteenkäsittelyä sekä torjuntaoperaation huoltoa. Jätteen välivarastointia suunniteltiin osallistuvien kuntien ja ELY-keskusten johdolla. Torjunnan johto myös otti

yhteyttä lähialueen jätteenkäsittelylaitoksiin kerätyn öljyisen jätteen loppukäsittelyn järjestämiseksi. Huollon ja kuljetusten organisoimiseksi tiedusteltiin virka-apua myös maavoimien operaatiokeskuksesta. (Halonen et al. 2018.)



Kuva 3. Tabletop-harjoituksen purkua Joensuun paloasemalla (kuva: Justiina Halonen 2018).

Pohjois-Savossa alusöljyvahinkoskenaarioon tuotiin lisämaustetta haverialuksen epävaakaalla tilalla. Aluksen konehuoneeseen vuoti karilleajon seurauksena vettä. Ensimmäisiä haasteita olikin aluksen tilan vakauttaminen ja suunnitelman laatiminen öljyisen veden pumppaamiseksi aluksesta pois. Harjoitukseen osallistui merenkulun tarkastaja Merenkulun turvallisuusvirasto Trafista. Johtokeskukseen saatiin myös luotsausyhtiö FinnPilot Pilotage Oy:n ja ELY-keskuksen edustajat. Saadun palautteen perusteella yhteistoimintaa pelastuslaitoksen ja merenkulun viranomaisten välillä on suhteellisen vähän. Osallistujat pitivät erittäin hyvänä yhteistä harjoitusta, jossa eri toimijoiden vastuurajapinnat konkretisoituivat. (Halonen et al. 2018.)



Kuva 4. Intensiivistä ajatustenvaihtoa harjoituksen tuoksinassa Kuopion Neulamäen asemalla (kuva: Justiina Halonen 2018).

KALUSTOHARJOITUKSET SAIMAAN ALUEELLA

Karttarajoitusten lisäksi SÖKÖSaimaa-hankkeen aikana järjestettiin kolme kalustoharjoitusta. Ensimmäiseksi järjestettiin RPAS-tiedusteluharjoitus Joensuun Hammaslahdessa 8.–9.5.2017. Harjoituksen tarkoituksena oli vertailla RPAS-toiminnan kautta saatavaa tiedustelutietoa perinteisempien tiedustelumenetelmien tuottamaan tietoon. Harjoituskeenaariona toimi rantaa likaava alusöljyvahinko. Tavoitteena oli tiedustelun avulla selvittää likaantumisen laajuus ja rannan likaantumisasete. Harjoituksessa mitattiin aikaa, joka eri tiedustelutekniikoita käyttäen kului käskystä siihen, että tiedustelutieto oli torjuntatyön johdon käytössä. Samalla pyrittiin arvioimaan tiedustelutiedon laatua ja hyödynnettävyyttä torjuntataktiikan valinnassa. Tiedustelutekniikoina käytettiin jalkapartiota, venepartiota ja RPAS-laitetta. Testattavana oli DJI Phantom 4 -multikopteri ja sensorina päivänvalokamera. Harjoituksessa RPAS-laitteisto tuotti ensimmäiset tiedustelutiedot ylivoimaisen nopeasti verrattuna muihin tiedustelumenetelmiin. Jalkapartio oli kuitenkin ainoa tiedusteluyksikkö, joka löysi kaikki maalit sataprosenttisesti. Harjoituksen perusteella todettiin, että paras lopputulos saavutetaan eri tiedustelumenetelmien käytön optimoinnilla. RPAS-tiedustelulla voidaan valmistella jalkapartion tehtävä, osoittaa tarkemmin tiedusteltavat alueet ja etsiä suotuisimmat kulkuyhteydet. Jalkapartion tuottama tieto on tarkinta, mutta tiedustelumenetelmä on aikaa vievä ja siksi se tulee kohdentaa täsmäiskuina tärkeimmiksi arvioituihin kohteisiin. RPAS-toiminta voi myös korvata jalkapartion alueilla, joihin ei ole turvallista mennä. Harjoituksen perusteella RPAS-toiminnalla on potentiaalia tehostaa öljyntorjuntaa ja saavuttaa hyvä lopputulos kohtuullisilla kustannuksilla. (Pitkäaho et al. 2017.)



Kuva 5. RPAS-harjoituksen johtajat (kuvat: Mikko Pitkäaho ja Justiina Halonen 2017).

Virtaavan veden puomitusharjoitus järjestettiin Imatralla Vuoksen vesistöissä 19.10.2017. Harjoituksessa testattiin jokialueen puomitusta veneellä ja paravaanilla. Lisäksi kokeiltiin Deeper Sonar Pro -kaikuluotainta joen virtaus- ja syvyysprofiilin arvioimiseen. Paravaanilla puomi voidaan selvittää rannalta veteen ohjauksköysistön avulla ilman venettä. Paravaanis- sa on oranssin kellukkeen alla pystysuoria siipiä, jotka muodostavat virtauksessa suuren sivullevetävän voiman. Kelluke ja siivekkeet kootaan yhteen joko oikea tai vasenkätiseksi sen mukaan, mihin suuntaan paravaanin halutaan etenevän oman sijainnin ja vedenvir- taussuunnan mukaan. Paravaani lasketaan veteen ja tarvittaessa työnnetään irti rannasta, jolloin se lähtee etenemään kesemmälle. Paravaanin paikka ja etäisyys rannasta määräy- tyvät ankkuriköyden pituuden ja kulman mukaan. Mitä kauemmaksi ankkuriköyden vie ylävirtaan, sitä kesemmälle paravaani pääsee kiipeämään joessa. (SÖKÖSaimaa 2018.) Harjoituksen perusteella todettiin, että voimakkaasti virtaavassa vedessä paravaanin käyttö on venettä tehokkaampaa ja turvallisempaa. (Halonen et al. 2018.)



Kuva 6. Puomitusta paravaanin avulla virtaavassa vedessä (kuvat: Justiina Halonen ja Mikko Pitkä- aho 2017).

Jääolosuhteiden öljyntorjuntaharjoitus järjestettiin 12.4.2018 Kuopiossa. Harjoituksessa testattiin erityyppisiä öljyntorjuntapuomeja jään alla ja jäähän sahatussa puomirailossa. Sukeltajan avulla selvitettiin kunkin puomituksen pitävyyttä. Harjoituksesta saatiin paljon konkreettista tietoa talviolosuhteiden torjuntaoperaatiota varten sekä kuva- ja videomateriaalia koulutuskäyttöön. Testatuista puomityypeistä toimivimmaksi jään alla osoittautui imeytyspitko. Muilla puomityypeillä oli taipumus kaatua lappeelleen nosteen ollessa suuri, jolloin puomin toimintavarmuus heikkeni olemattomiin. Havaittiin lisäksi, että Saimaan olosuhteissa jääkannesta muodostuu niin paksu, että puomirailoon asettavan puomin korkeus tulee olla yli 90 cm, jotta öljyn liikettä rajaava helma ulottuu jääkannen alapuolelle. (Halonen et al. 2018.)



Kuva 7. Eri puomityyppien toimivuuden testausta jäänalaisen puomituksen tekoon (kuvat: Justiina Halonen 2018)



Kuva 8. Kiintojääolosuhteissa puomitus tehdään jäähän sahattuun railoon. Öljyllä on taipumus nousta avoveteen, joten railo toimii myös ilman puomia. Puomia voidaan kuitenkin käyttää tehostamaan öljyn pysäytystä. Virtaus kuljettaa öljyä railoon asetettua puomia myöten railon päähän, josta se kerätään pois. (kuvat: Justiina Halonen 2018)

HARJOITUSTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

SÖKÖSaimaa-hankkeen aikana järjestettyjen harjoitusten päätavoite oli hankkeen tulosten jalkauttaminen, mm. tuotettujen materiaalien, toimintaohjekorttien ja karttojen käytön harjoittelu sekä käyttäjäpalautteen saaminen aineiston viimeistelyä varten. Harjoituksissa haluttiin tuoda esille myös yhteistoimintaa eri viranomaisten ja vapaaehtoissektorin kanssa. Näissä tavoitteissa onnistuttiin hyvin. Tuotettujen materiaalien ”koekäyttö” antoi huomattavan tuen aineiston hiomiseen. Karttahaarjoitusten tuloksia on hyödynnetty mm. SÖKÖSaimaan öljyntorjuntamanuaalin torjuntaorganisaatiota, tiedustelua ja harjoitus suunnittelua koskevissa osissa. Samoin kalustoharjoitukset ovat tuottaneet uutta ja yksityiskohtaisempaa tietoa manuaalin toimintaohjeisiin. (Halonen et al. 2018.)

Harjoituksista saadun palautteen perusteella osallistuneet näkivät harjoituksen jälkeen uusin silmin oman tehtävänsä öljyntorjunnassa. Erityisesti harjoitusten monipuolisuus sekä muiden asiantuntijoiden osallistuminen ja yhteistyö nähtiin hyvänä. Myös mukana olleet ohjausryhmän jäsenet kokivat harjoitukset erittäin tarpeellisiksi. Palautteen mukaan tabletop-harjoitukset olivat osalle operatiivisesta henkilöstöstä ensimmäinen varsinaisesti öljyntorjuntatehtävään keskittyviä karttahaarjoituksia ja tästä syystä esitettiin, että teoriaa sekä BORIS-järjestelmään perehtymistä olisi voinut olla enemmän ennen varsinaista harjoitusta. Todettiin, että keskusteleva ja ratkaisukeskeinen harjoittelutapa soveltuu erinomaisesti harjoitukseen, jossa osallistujien taustatiedoissa oli eroavuuksia. Osallistujien aktiivisuus ja peliin heittäytyminen mahdollistivat sen, että skenaarion ongelmat selvitettiin aidosti ja kohdattuihin kysymyksiin etsittiin vastaukset loppuun asti. (Halonen et al. 2018.)

LÄHTEET

IMO & IPIECA 2005. Guide to oil spill exercise planning. IMO/IPIECA Report Series. Volume 2. London: International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.

IPIECA & IOGP 2014. Oil spill exercises. Good practice guidelines for the development of an effective exercise programme. IOGP Report 515.

Halonen J.; Rantavuo, E.; Punnonen, J.; Nevalainen, J.; Halttunen, J.; Hiekkalahti, H.; Hynönen, P. & Silmäri, J. 2018. Työpajat ja harjoitukset SÖKÖ-toimintamallin luomisessa. Teoksessa Öljyntorjunnan toimintamallin kehittäminen Saimaan syväväylälle, SÖKÖSaimaa-hankkeen taustaselvitykset ja loppuraportti. Halonen, J. (toim.) Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka.

SÖKÖSaimaa 2018. Öljyntorjunnan toimintamalli Saimaan syväväylälle. Halonen, J. (toim.). XAMK Kehittää 42. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Kotka 2018. ISBN: 978-952-344-084-5. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-084-5>.

Pitkäaho, M.; Veneskari, T.; Rantavuo, E.; Halonen, J.; Nevalainen, J. & Norema, S. 2017. RPAS-toiminta torjuntaoperaation johtamisessa. Artikkelit teoksessa Turvallisesti, tehokkaasti, asiantuntevasti. Katsaus logistiikan ja merenkulun kehityshankkeisiin. Xamk Kehittää 23, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Halonen J., Potinkara P. (toim.). ISBN:978-952-344-045-6. Sivut 75–90.

MATKUSTAJA-ALUKSEN KARILLE- AJOSTA MERIPELASTUS- JA ÖLJYNTORJUNTATEHTÄVÄ - HARJOITUS SUUR-SAIMAALLA

Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merenkulun TKI:n SÖKÖ-hankkeet ovat tehneet viranomaisyhteistyöstä hankehenkilöstölle arkipäivää (SÖKÖ II, 2011; TalviSÖKÖ, 2014; Halonen et al., 2017; Malk et al., 2017). Yhteistyötä on tehty niin varsinaisen hanketyön kuin harjoitustenkin osalta. Esimerkiksi syyskuussa 2017 Joensuun Arvinsalmella järjestettyyn öljyntorjuntaharjoitukseen osallistuivat tarkkailijoina Xamkilta Justiina Halonen, Emmi Rantavuo, Mikko Pitkäaho ja Elias Altarriba. Heistä Justiina, Emmi ja Elias ovat osallistuneet vuonna 2018 muun muassa Kuopiossa järjestettyyn, jään alla leviävän öljyn torjuntaharjoitukseen, sekä tuottaneet neljä tabletop-öljyntorjuntaharjoitusta Saimaan syväväyläalueen neljän pelastuslaitoksen henkilöstölle.

Öljyntorjuntaosaamisen ylläpitäminen ja kehittäminen edellyttävät kuitenkin jatkuvaa harjoittelua. Erityisesti tämä koskee juuri öljyntorjunnan kaltaisia asioita, joissa on aina mukana useampi toimija. Todelliset öljyonnettomuudet ovat kuitenkin suhteellisen harvinaisia, jolloin rutiinia erityisesti vesiolosuhteissa tehtävään torjuntaan ei pelastushenkilöstölle kerry. Tämän vuoksi harjoitusten rooli varautumisessa korostuu.

Etelä-Karjalan pelastuslaitos järjesti suuren öljyntorjunta- ja pelastusharjoituksen 10.10.2018. Harjoitukseen osallistuivat Etelä-Karjalan ja Etelä-Savon pelastuslaitokset, rajavartiolaitos, puolustusvoimat, Suomen Meripelastusseura Etelä-Saimaa, Maanpuolustuskoulutusyhdistys ja Vapaaehtoinen pelastuspalvelu VaPePa. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululta harjoitukseen osallistuivat Justiina Halonen ja Elias Altarriba.

HARJOITUSSKENAARIO

Harjoituspaikaksi oli valittu Taipalsaarella sijaitseva Rastinvirta. Rastinvirrassa Vuoksen vesistön vedet ylittävät toisen Salpausselän. Alueella on paljon karikoita, risteäviä väyliä ja jatkuva virtaus kohti Ilkonselkää. Saimaan syväväylä kulkee alueen läpi. Harjoituksessa maalialuksena toimi Saimaa Margareta -risteilyalus, joka oli ajanut kuvitteellisesti karille ja saanut vuodon polttoainesäiliöihinsä. Tämän seurauksena noin 10 000 litraa kevyttä polttoöljyä vuoti hallitsemattomasti järveen. Lisäksi karilleajo oli saanut monet matkustajat

paniikkiin, minkä seurauksena monet heistä olivat omatoimisesti hypänneet veteen. Upoamisvaaraa aluksella ei kuitenkaan ollut, vaan se ankkuroitui ajlehdittuaan kauemmas karikoilta.



Kuva 1. PV Willimies osallistumassa pelastustoimintaan (kuva: Justiina Halonen 2018)

Kyseinen onnettomuustyyppi täyttäisi suuronnettomuuden määritelmän, sillä tällaisessa onnettomuudessa mahdollisten kuolleiden, loukkaantuneiden ja ympäristöön sekä omaisuuteen kohdistuvien vahinkojen voidaan perustellusti arvioida olevan erityisen vakavia. Peruseriaate pelastustoiminnan organisoinnissa on kuitenkin paperille kirjoitettuna suoraviivainen: Ensin pelastetaan ihmiset mahdollisuuksien mukaan kiireellisyysjärjestyksessä, sitten kiinnitetään huomiota omaisuuden pelastamiseen ja ympäristövahinkojen torjuntaan. Tämän periaatteen mukaan toimittiin tässäkin harjoituksessa, jolloin veteen joutuneet ihmiset nostettiin pelastusaluksiin välittömästi harjoituksen alussa.

Osa uhreista oli ajautunut virran ja tuulen mukana Suuren Jänkäsälön rantaan. Rantaan joutunut, osittain toimintakykyinen uhri todennäköisesti hakee suojaa metsästä tai alueen rakennuksista. Ranta on pelastusaluksille hyvin matala, minkä vuoksi erityisesti hämärtyvässä illassa rantaetsintä on haastavaa. VaPePan koirapartiot ottivat päävastuun saarietsinnästä ja alueelle saatu rajavartiolaitoksen lentokone suoritti alueen ilmakuvausta uhrien löytämiseksi. Pelastustoimi perusti johtokeskuksen tiedustelutietojen osoittaessa onnettomuuden olevan kokoluokaltaan suuri. Puolustusvoimien ja maakuntajoukkojen päävastuu painottui huoltoon ja ensivastetoimintaan.

ÖLJYNTORJUNTATOIMET

Etsintöjen jatkuessa johtokeskus päätti aloittaa öljyntorjuntatoimet ympäristövahinkojen torjumiseksi. On vaikeaa määrittää optimaalista ajankohtaa, milloin resursseja tulisi siirtää etsinnästä ja pelastustoiminnasta öljyntorjuntaan tämän kaltaisessa skenaariossa. Lähtökohtaisesti ihmisten pelastaminen on etusijalla, mutta toisaalta öljyntorjunnan viivyttäminen kasvattaa nopeasti puhdistettavien rantojen määrää ja lisää rantatorjuntatyötä ja ympäristövahinkoja merkittävästi.

Tämän harjoituksen aikana vallinneissa sääolosuhteissa tuuli ja virtaus tehostivat ”öljyn” liikkumista myötävirtaan. Sääolosuhteiden tarjoamana etuna öljyntorjuijen ei periaatteessa tarvinnut arvailla, mihin suuntaan öljyvuoto onnettomuusalueelta oikeassa tilanteessa olisi lähtenyt. Toisaalta tuulen voimistavan vaikutuksen seurauksena pintavirtaukset ja tätä myötä ”öljylautan” liikkumisnopeus saattoivat yllättää torjuntaan osallistuvat tahot. Ensimmäisenä yksikkönä paikalle saapunut PV Willimiehen miehistö sai yhden havainnon öljyä simuloivasta purusta läheltä vedessä olevia uhreja. Tuolloin ”öljy” oli jo usean sadan metrin päässä onnettomuusalueelta. Myöhemmin uhrien etsintää suorittanut pelastuslaitoksen veneyksikkö sai ”öljystä” toisen havainnon Virranluotojen tietämillä. Vallitsevissa olosuhteissa tuuli ja virtaus olisivat siis kuljettaneet todellista öljyä 10–15 cm/s. Jos öljyn pintajännitysfyysiikkaan perustuva leviäminen veden pinnalle otetaan huomioon, Suuren Jänkäsalon luoteiset rannat olisivat joka tapauksessa saastuneet ja osa öljystä olisi ehtinyt karata Virranluotojen ohitse Ilkonselelle. Käytännössä näin laajalle levinnyt öljylautta ei enää olisi torjuttavissa tehokkaasti aitapuomein ja kerääminen vedestä olisi haastavaa. Öljykalvo olisi niin ohut.



Kuva 2. Puomit tuodaan onnettomuusalueelle kuorma-autoilla (kuva: Justiina Halonen 2018)

Tämän kaltaisissa yhdistelmäharjoituksissa öljyntorjuntatoimet keskittyvät helposti puomituksiin. Puomitusta on tarpeen harjoitella aika ajoin, ja se on erittäin tärkeä toimenpide vahinkojen pahenemisen estämiseksi. Tässä harjoituksessa onnettomuusalue puimitettiin, minkä jälkeen torjuntatoimet katsottiin harjoituksen osalta päättyneiksi. Aluksen puomitus on tarpeellinen toimenpide, sillä vaikka onnettomuusalue ei enää vuotaisi öljyä veteen, voi puhjenneissa polttoainetankeissa polttoöljyä olla vielä merkittävästi. Vettä kevyempinä nesteinä erityisesti kevyet polttoöljyt ja dieselit nousevat säiliöiden todennäköisesti vielä ehjään yläosaan, jolloin trimmin muuttuminen tai vaikka onnettomuusalueen hinaamisesta seuraava imu voi aiheuttaa säiliöön jääneen öljyn vuotamisen veteen.

TODELLINEN ÖLJYNTORJUNTAOPERAATIO OLISI VASTA ALKAMASSA

Todellinen öljyntorjunta vie aina aikaa (Öljyntorjuntaopas, 2013) ja se on luonteeltaan pitkäkestoinen operaatio. Mikäli tämä harjoitus olisi ollut todellinen tapaus, ja Suuren Jänkäsalon luoteisranta vaatisi mitä todennäköisimmin laajoja puhdistustoimia, voitaisiin operaation kesto arvioida vertaamalla sitä saman kokoluokan öljyonnettomuuksien vaatimien puhdistustoimien keston. Todennäköisesti puhuttaisiin 1–2 viikon tai 1000–2000 henkilötyötunnin operaatiosta edellyttäen, että merkittäviä viipeitä ei puhdistustoiminnassa esiintyisi. Öljyntorjuntaoperaation kansainvälisiä aikaskaaloja ajatellen tällainen olisi vielä erittäin pienimuotoinen operaatio. On kuitenkin selvää, että käytännössä tällaisen operaation harjoittelu olisi vaikeaa järjestää.

SÖKÖ-mallien tuottaman aineiston ja BORIS 2.0 -tilannekuvajärjestelmän arvo ja sovellettavuus paranevat sitä mukaa, kun onnettomuuden kokoluokka ja operaation kesto kasvavat. Tällaisissa muutaman tunnin kestävässä harjoituksissa esimerkiksi BORIS-järjestelmän sisältämän aineiston hyödyntäminen jää usein valitettavan pintapuoliseksi. Tämä on harjoitusteknisesti kieltämättä ongelma, koska todellisissa tapauksissa tilannekuvan ylläpitämistä sekä johtokeskuksessa että parhaimmillaan myös yksikkötasolla helpottaisi merkittävästi tilannekuvajärjestelmän aktiivinen hyödyntäminen. Erityisesti, kun henkilöstö vaihtuu työvuorojen vaihtuessa, yksiköitä ja henkilöstöä tulee alueelle merkittävästi ja informaatiota saadaan laajasti usean päivän kuluessa, realistisen tilannekuvan ylläpitäminen on haastavaa ilman aktiivisesti hyödynnettyä tilannekuvajärjestelmää. Lisäksi kertynyt dokumentaatio on arvokasta, kun operaation jälkeen aletaan puhua kustannusten jakautumisesta ja muutoinkin asiaan todennäköisesti liittyvistä korvausvastuukysymyksistä.

Öljyntorjunnan lisäksi myös öljyntorjuntaharjoitusten teknistä kehitystyötä siis edelleen tarvitaan, jotta niistä saataisiin mahdollisimman tehokkaita oppimiskokemuksia. Helppoa tämä ei ole: Esimerkiksi öljyn leviämisen estimointi on onnistuneen öljyntorjunnan kannalta tärkeä toimenpide. Öljyn simulointiin ei kuitenkaan ole olemassa mitään suoraviivaista, ympäristöystävällistä keinoa. Se on tehtävä puupurun kaltaisilla aineilla, kuten toimittiin tässäkin harjoituksessa. Lisäksi todellisen operaation pitkä aikajänne on käytännössä haastavaa toteuttaa harjoitusolosuhteissa ja harjoituksiin saatavissa olevilla resursseilla.

LÄHTEET

Alusöljyvahingon rantatorjunta, SÖKÖ II -hankkeen taustaselvitykset. 2011. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja, sarja A, nro 30. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Kotka.

Halonen, J., Rantavuo, E., Altarriba, E. 2017. Öljyntorjuntakoulutuksen ja -osaamisen nykytila, SCAROIL-hankkeen selvitys öljyntorjunnan koulutustarpeista. Xamk Tutkii 4. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka.

Malk, V. 2017. Itä-Suomen maa-alueiden ja Saimaan vesistöalueen öljyn- ja vaarallisten aineiden varastoinnin ja kuljetusten ympäristöriskien älykäs minimointi ja torjunta. Malk V. (Ed.), Xamk Kehittää 3, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka.

TalviSÖKÖ – Alusöljyvahingon torjunta talviolosuhteissa. 2014. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja, sarja A, nro 54. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Kotka.

Öljyntorjuntaopas. 2013. WWF Suomen raportteja 30. Helsinki, Libris Oy.

VIRANOMAIS-VAPAAEHTOIS- RAJAPINTA ON TUNNETTAVA - KOKEMUKSIA MERIPELASTUS- KURSSILTA NORJASTA

Elias Altarriba, TkL, TKI-asiantuntija

Maaliskuussa 2018 Lontoossa järjestettiin InterSpill 2018-konferenssi, johon osallistuivat merenkulun TKI-tiimistä allekirjoittaneen lisäksi Justiina Halonen ja Emmi Rantavuo. InterSpill (InterSpill 2018) on yksi öljyntorjunta-alan merkittävimmistä konferensseista, missä esitellään sekä tutkimustietoa että torjuntateknologioita. Yksi mieleen jääneistä esitelmistä oli Daniela Barreras Biesotin Oil Spill Response Organizationista (OSRO) pitämä esitelmä ”Volunteers and unskilled mass labour management: An OSRO’s view”. Hänen ryhmänsä on tutkinut lukuisia öljyonnettomuuksia monissa maissa. Esitelmässä käsitellyt keskeiset havainnot olivat pääpiirteittäin seuraavanlaisia. Vapaaehtoisresurssi on viranomaisille erittäin arvokas hyvin organisoituneena. Tällä tarkoitetaan, että vapaaehtoisorganisaatio on hälytettävissä autonomisesti, vapaaehtoiset ovat käyneet koulutuksen, ja organisaatio on lähtökohtaisesti varustautunut ainakin aloittamaan vaaditun operaation käyttäen omia varusteitaan ja kalustoaan. Organisoitumisessa ilmenevät puutteet johtavat helposti tilanteeseen, missä tehokkuutta menetetään nopeasti. Tämänkaltaisessa tilanteessa vapaaehtoiset voivat avun sijaan jopa kuormittaa usein jo muutoinkin resurssien kannalta äärimmilleen venytettyä viranomaisorganisaatiota. Muun muassa Prestigen öljyonnettomuus vuonna 2002 osoitti tämän ilmiön hyvin.

Suomessa, ja Pohjoismaissa ylipäätään, viranomaissektorin ja vapaaehtoisorganisaatioiden yhteistyö on joustavaa. Esimerkiksi pelastuslaitokset ja sairaanhoitopiirit voivat tehdä suhteellisen vapaasti eriasteisia valmiussopimuksia järjestöjen kesken. Myös monet vapaaehtoisorganisaatiot ovat kansainvälisesti tarkasteltuna poikkeuksellisen hyvin organisoituneita. Tämä näkyy Suomessa sopimuspalokuntien laajasta pelastustoiminnan vastuusta erityisesti haja-asutusalueilla ja pienemmissä kunnissa. Meri- ja järviolueilla meripelastusseuran yksiköt huolehtivat noin 30 prosentista kaikista hälytystehtävistä. Viranomaisille muodostuu näin merkittävä käytettävissä oleva ja toimintakykyinen resurssi, jonka korvaaminen nykyisellä julkisrahoitteisella budjettikehyksellä ei olisi mitenkään mahdollista.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merenkulun TKI-toiminnassa on tämän rajapinnan toimivuuden kehittämiseen tehty vuosien saatossa töitä useammankin hankkeen parissa. Vapaaehtoisten merkitys korostuu etenkin öljyntorjunnassa, jossa operaatio saattaa

kestää useista kuukausista vuosiin (SÖKÖ 2011). Yhteistyötä vapaaehtoisjärjestöjen kanssa on kehitetty öljyntorjuntahankkeiden (SÖKÖ I 2004–2007, SÖKÖ II 2007–2011, SÖKÖSaimaa 2016–2018) lisäksi vapaaehtoista meripelastustoimintaa Venäjällä kehittäneessä hankkeessa (RescOp - Development of rescue operations in the Gulf of Finland 2011–2014).

MERIPELASTUKSEN VAPAAEHTOISORGANISAATIO NORJASSA

Allekirjoittaneelle avautui mahdollisuus lähteä tutustumaan Norjan meripelastusseuran (RS) toimintaan osana IMRF (International Maritime Rescue Federation) -järjestön organisoimaa, kansainvälistä vaihto-ohjelmaa (IMRF 2018). Tämä ohjelma on ollut olemassa vuodesta 2012, ja vaihtoon ovat voineet lähteä pelastusalusmiehistöihin kuuluvat henkilöt vaihto-ohjelmaan kuuluvista jäsenmaista. Norjassa meripelastusseura on puoliammattilainen organisaatio, jossa noin puolet aluksista on palkatun henkilöstön miehittämiä ja toinen puolikas vapaaehtoisten operoimia. Tämä on suuri eroavuus suomalaiseen sisarjärjestöön, jossa ei ole palkattuja miehistöjä lainkaan. Muutoinkin RS toimii meripelastusjärjestöksi suhteellisen suurella budjetilla, mikä näkyy merkittävinä taloudellisina panostuksina erityisesti koulutustoiminnan puitteisiin ja aluskalustoon.

Norjan rikkonainen rannikko tuottaa monia haasteita merenkulkijoille. Pääsääntöisesti väylät ovat jäistä vapaita läpi vuoden. Vuonoissa ja niiden edustalla on saaristoa ja vaarallisia karikoita. Toisaalta syvyyttä voi monissa kapeissakin paikoissa olla satoja metrejä, mutta syvyserot alueiden välillä ovat merkittäviä. Erityisesti Pohjois-Norjassa myrskyt ovat tavallisia, jolloin vuonoissa olevat aalto-olosuhteet voivat muodostua hankaliksi. Kauppamerenkulun lisäksi veneily Norjassa on suosittua, ja Norjalla on merkittävä kalastuslaivasto. Oman erikoisen lisänsä tuovat rannikolla sijaitsevat öljynporauslautat ja muu öljy- ja kaasualan liittyvä offshore-toiminta.

Norjassa meripelastusseura toimii yhtenä, keskusjohdettuna organisaationa. Pääkonttori sijaitsee Oslossa, koulutuskeskus Oslonvuonon rannalla, Horten-kaupungin lähellä Noatunissa ja alusten asemapaikat ympäri rannikkoa. Pääkonttorilta hoidetaan organisaation hallinto, uusialushankinnat, markkinointi ja monet muut näihin verrattavat keskitetyt tehtävät asiat. Pelastusalueet vastaanottavat tehtävät joko suoraan meripelastuskeskuksen (MRCC), hätäkeskuksen, call centerin tai omien havaintojen perusteella. Tehtävien etene- mistä ja pelastusalueiden sijaintia voidaan seurata pääkonttorin tilannehuoneesta reaaliaikaisesti. Tarvittaessa tilannehuoneesta voidaan antaa monenlaista taustatukea pelastusalueille. Erityisesti, jos kyseessä olisi laajempi katastrofi tai yksittäiselle pelastusalueelle sattuisi jokin onnettomuus, on tilannehuoneella tärkeä rooli. Sitä kautta muun muassa annetaan lehdistötiedotteet, medialle annettavat haastattelut, tiedotetaan miehistön omaisia tapah- tuneesta ja koordinoidaan monet muut vastaavat kriisinhallintatoimet.



Kuva 1. Pelastusalus Klaveness Marine (kuva: Elias Altarriba 2018)

Varsinainen kurssipaikka sijaitsi Noatunin meripelastuskoulussa. Kyseessä on uusi, tammi-kuussa 2018 avattu koulutuskeskus. Siellä sijaitsevat majoitustilat opiskelijoille, konttoritiloja, ravintola, kolmen komentosillan ja konehuoneen simulaattorikeskus, luokkahuoneitiloja, varusvarastoja, harjoitusveneitä ja pieni satama. Tämä kokonaisuus on RS:n omistama, mutta koulutuksia järjestetään myös viranomaisille, merialan korkeakouluopiskelijoille tai kaupallisille toimijoille. Lähellä Noatunin koulutuskeskusta sijaitsee lisäksi paikallisen yliopiston (University of South-Eastern Norway) omistama merenkulun opiskelijoiden koulutukseen tarkoitettu allashalli. Tämä halli muistuttaa monessa mielessä Lohjan Meriturvan koulutuskeskusta. Siellä on muun muassa allas, jonne voidaan luoda keinotekoista aallokkoa, tuulta ja sadetta ja jossa voidaan harjoitella monenlaisia vedessä selviytymisen taitoja. Allashallin vieressä sijaitti erityisesti merenkulun tulipalojen sammuttamiseen soveltuva paloharjoitusalue.

KOULUTUSTOIMINTAA ALTAISSA, SIMULAATTORISSA JA PALOHARJOITUSALUEELLA

Viikon kestävä intensiivikurssi sisälsi ekskursioita, harjoituksia ja luentoja. Allashallissa tehdyissä harjoituksissa käytiin läpi tavallisia hätätilanteita jouduttaessa vesiolosuhteisiin. Erityisesti öljynporausrakenteilla käytetään turvavarusteina hätähengityslaitteilla varustettuja

kuivapukuja. Näiden avulla veden alla selviytymistä voidaan pidentää joitain minutteja niiden poistaessa hiilidioksidia keuhkoista. Lukuisten totutussukellusten jälkeen tehtiin evakuointiharjoituksia käyttämällä evakuointisukkaa, jonka avulla korkeallakin meren pinnasta olevalta kannelta voidaan turvallisesti siirtyä pelastuslauttaan. Pohjoisilla vesillä käytännössä kaikki kuukaudet ovat enemmän tai vähemmän kylmiä ainakin meriolosuhteissa, joten vedessä olleet uhrin ovat lähtökohtaisesti hypotermisiä. Hypotermiseltä potilaalta on riisuttava vaatteet yleensä leikkaamalla ja hänet on asetettava tähän tarkoitukseen soveltuviin lämpöpeitteisiin.

Allashallissa olevalla helikopterin korisimulaattorilla voidaan harjoitella veteen syöksyneen helikopterin evakuointia. Korisimulaattori voidaan laskea nosturilla veteen ja tarvittaessa kääntää ylösalaisin veden alla. Simulaattorissa on muun muassa hätäpoistumisteiksi soveltuvat ikkunat, penkit, turvavyöt ja muut koriin oleellisesti kuuluvat komponentit. Sinänsä pelastautumisharjoitus veteen syöksyneestä, uppoavasta helikopterista on varsin suoraviivainen: ensin lyödään hätäpoistumistieksi soveltuva ikkuna irti, odotetaan korin täyttymistä vedellä, minkä jälkeen avataan turvavyö ja uidaan pois uppoavasta korista. Harjoituksessa perusoletuksena oli, että helikopteri ei syystä tai toisesta kykene kellumaan veden pinnalla juuri ollenkaan. Tätä harjoiteltiin eri variaatioin: kokeiltiin korista poistumista hätähengityslaitteita käyttämällä ja ilman sekä ikkunan lyömistä paikaltaan ennen veteen vajoamista ja veden alla. Vain kerran harjoituksissa helikopteri ”upposi” oikein päin, muut kerrat se kääntyi ylösalaisin veden alla, mikä teki harjoituksesta haastavamman.

Helikopterin evakuointiharjoitusten jälkeen vuorossa oli pelastuslauttajarjoitus. Laukaisimme altaaseen pelastuslautan ja tutustuimme sen ominaisuuksiin. Sitten puimme päälle perinteiset pelastusliivit, harjoittelimme niiden pukemista uudessa ja teimme pelastautumishyppyä kolmen metrin tasolta. Lopuksi allastila pimennettiin, altaaseen luotiin aaltoja, tuulta ja vesisadetta, minkä jälkeen oli viimeisen harjoituksen aika: aluksi pelastautumishyppy veteen rallihaalarit päällä kolmesta metristä ja sen jälkeen pelastusliivien pukeminen päälle vedessä. Tämän jälkeen uimme lautalle ja meloimme lautaa altaan päästä päähän. Harjoitus päättyi vinssaukseen ”helikopteriin”. Tämä kaikki tietysti muistaen, että tositalanteessa aikajänne on huomattavasti pidempi, vesi kylmempää ja muutoinkin asiat kauttaaltaan huonommin. Todelliset meriolosuhteet ovat pulaan joutuneille hyvin ankarat.

Allasharjoitusten jälkeen ohjelma jatkui palonsammutusteemalla. Paloharjoitusalueen halleissa oli erilaisia paloaltaita, kansirakenteita kuvaavia kerroksia ja kontteja, muita todennäköisesti sammutettavia kohteita ja muun muassa laivan komentosiltaa kuvaavat korirakenteet. Sammutusharjoitusten jälkeen tutustuimme erilaisten poltto- ja palavien aineiden palo-ominaisuuksiin. Tarkasteltavana olivat metanolin, rasvan, bensiinin, dieselin ja propaanin ominaisuudet.

Harjoituksia tehtiin myös Noatunissa sijaitsevilla komentosiltasimulaattoreilla. Peruseriaate ja peruslayout komentosiltasimulaattorissa muistuttivat hyvin paljon Xamkin Kotkassa sijaitsevaa simulaattorikeskusta. Koulutuksen aiheena oli nopean aluksen ohjailu kapeilla rannikkoväylillä. Tuolloin ohjaajan ja navigaattorin on tehtävä saumatonta yhteistyötä BRM-menetelmän (Bridge Resource Management) mukaisesti aluksen turvallisen kulun varmistamiseksi. Simulaattoriharjoituksen aikana tehtiin myös kaksi meripelastusharjoitusta MRCC:n lähettäessä ensin panpan-pikakutsun ja toisessa tapauksessa mayday relay -häätäilmoituksen, minkä seurauksena kaikki kolme simuloitua pelastusalusta joutuivat tositoimiin.

HARJOITUKSIA MERELLÄ

Intensiivikurssin aikana tehtiin harjoituksia myös merellä. Ensimmäisinä päivinä pidettiin alusperehdytystilaisuuksia, missä tutustuttiin alusten rakenteeseen, pelastusvälineistöön ja niiden sijaintiin. Myös navigointielektroniikkaan ja ohjaamiseen annettiin yleisluontoinen perehdytys. Lisäksi kurssiin kuului meripelastuksessa käytettävien vesijettien totutusajoa ja veteen pudonneiden henkilöiden nostamista vesijettiin.

Kahdeksi illaksi oli järjestetty suurempi, useamman aluksen yhteistoimintaan perustuva meripelastusoperaatio. Ensimmäiseen harjoitukseen osallistuivat kurssilaisten miehittäminä kaksi meripelastusalusta (mukana oli siis taustatukea antamassa aluksen varsinainen kippari ja hänellä oma kansimies). Lisäksi paikalla olivat pelastustehtävissä myös Punaisen ristin alus ja Norjan merivartiostosta Sea King -pelastushelikopteri. Helikopterin kanssa tehtävän yhteistoiminnan erityispiirteet kerrattiin oppitunneilla ennen harjoitusta. Harjoituksen teemana oli vesibussin tulipalo, minkä seurauksena 16 ihmistä joutui pakenemaan aluksesta mereen suhteellisen pikaisesti. Allekirjoittaneen meripelastusalus sai käskyn toimia on-scene coordinatorin (OSC) roolissa eli koordinoida etsintä- ja pelastustoimet onnettomuusalueella. Osa uhreista vinsattiin helikopteriin, osa evakuoitiin veneisiin, ”palava” vesibussi sammutettiin ja hinattiin takaisin satamaan.

Toiseksi illaksi järjestetyn harjoituksen teemana oli kanoottiseurueelle tapahtunut onnettomuus, minkä seurauksena useita ihmisiä oli kateissa pimeällä merellä. Meripelastusalusten miehitys toteutettiin samoin kuin ensimmäisessä harjoituksessa, lisäksi harjoitukseen osallistui kaksi Punaisen ristin alusta. Lähtötietoina harjoitukseen oli sivullisen antama epämääräinen hätät ilmoitus, jonka seurauksena MRCC päätti aloittaa etsinnät.

Monet asiat ja käytetyt menetelmät meripelastustoiminnassa ovat sellaisia, joihin on päädytty riippumatta alueesta, jolla toimitaan. Esimerkiksi etsintätehtävissä sovellettavat etsintäkuviot ovat kansainvälisesti käytettyjä. Vuonoissa voi esiintyä voimakkaitakin virtauksia, minkä vuoksi laajeneva neliö ajetaan Norjassa pääsääntöisesti aika-ajona. Joissain tapauksissa, jos virta puskee mahdollista etsittävää kohdetta kapeikkoa kohti, on yksi tapa käyttää pelastusalusta tuossa salmessa ”portinvartijana” esimerkiksi pimeässä tai sumuisessa vuonossa

tehtävän paralleelietsinnän sijaan. Tähystyssektorit Norjassa painottuvat etusektoreihin. Suomen saaristoisissa olosuhteissa takasektorin tähystäminen on erittäin tärkeää, sillä monet lahdet voivat jäädä muutoin katveeseen. Samoin rantaan päässyt uhri todennäköisesti on etsinyt suojaa metsästä tai mökeistä, mutta saattaa kuulla pelastusaluksen koneen jylinän ja tulla rantaan heiluttamaan. Paikalliset olosuhteet tuovat aina jonkin verran muutoksia käytäntöihin, mutta peruseriaatteet ovat hyvinkin identtiset.

TOTEAMUKSIA

Ammattikorkeakoululle ja TKI-toiminnalle yhteistoiminta eri tahojen kanssa on hyvin tärkeää. Lakisäateisen tehtävän lisäksi tätä kautta voidaan kehittää verkostoja, joiden avulla muun muassa tulevien hankkeiden toteuttaminen mahdollistuu. Erityisesti SÖKÖ-hankkeissa tämä on tullut hyvin esille, kun hankkeiden tulokset ovat tulleet suoraan alueellisten pelastuslaitosten ja muiden öljyntorjuntaan erikoistuneiden toimijoiden käyttöön. Tällaisissa hankkeissa rajapinta eri viranomaistahojen, vapaaehtoisjärjestöjen ja muiden toimijoiden välillä on tunnettava. Tämäkin kurssi tarjosi kokemusten ja uusien oppien lisäksi paljon myös tällä saralla. Muun muassa Kreikan Samoksen poliisipäällikön esitys pakolaiskriisin vaikutuksesta alueen vapaaehtois- ja viranomaistahojen näkökulmasta oli pysäyttävä. Yhtymäkohtia öljyntorjuntaan voidaan organisoitumisen tärkeyden kannalta löytää merkittävästi, vaikka kriisi onkin muutoin luonteeltaan toisen tyyppinen.

Työ SÖKÖ-hankkeiden parissa Kotkassa jatkuu. Tavoitteena on vapaaehtoissektorin yhä tiiviimpi kytkeminen osaksi öljyntorjunnan toimintamallia. Perehtyminen muiden maiden vapaaehtoistoiminnan hyödyntämiseen, kuten tämän kurssin kautta Norjan meripelastusjärjestelmään on tässä varmasti hyödyksi.

LÄHTEET

International Maritime Rescue Federation, Lifeboat Crew Exchange programme 2018. Saatavissa: www.imrfexchange.org [viitattu 5.10.2018]

InterSpill Event, 2018, Lontoo. Saatavissa: www.interspillevent.com [viitattu 5.10.2018]

Meripelastusopas. 2006. Sisäasiainministeriö, rajavartiolaitoksen esikunta. Helsinki: Edit Prima Oy.

RescOp. Development of rescue operations in the Gulf of Finland. Hankesivut. Saatavissa: <http://www.merikotka.fi/projects/rescops/> [viitattu 5.10.2018]

SÖKÖ 2011. Alusöljyvahingon rantatorjunta: SÖKÖ II-hankkeen taustaselvitykset. 2011. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja, sarja A, nro 30. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Kotka.

30MILES-HANKE KEHITTI MONI-PUOLISESTI VENEILY- JA SATAMATURVALLISUUTTA

Tomi Oravasaari, projektipäällikkö

Suomessa ja Virossa veneilyturismi on suuntautunut eritoten maiden länsirannikolle. Itä-rannikon veneilymatkailumahdollisuuksia ei ehkä ole tunnettu yhtä hyvin, ja toisaalta pienvenesatamien palveluverkosto ei ole ollut yhtä kattava tai palvelutasoltaan vastaava. Luontokokemuksen kannalta itärannikko ei kuitenkaan kalpene vertailussa länsirannikkoon. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) Logistiikan ja merenkulun yksikössä toteutettiin 30MILES-hanke, jonka tavoitteena oli kehittää Itäisen Suomenlahden vesistömatkailua parantamalla alueen pienvenesatamaverkostoa sekä veneilyturvallisuutta. Xamkin osuus hankkeessa keskittyi veneily- ja satamaturvallisuuden kehittämiseen. 30MILES-hankkeen rahoittajana oli Interreg Central Baltic 2014–2020 -ohjelma, Varsinais-Suomen liitto ja osittain myös hankkeen toteuttavat organisaatiot Suomesta ja Virosta. Hankkeen toteutusaika oli 1.9.2015– 30.11.2018.

SATAMIEN TURVALLISUUSTARKASTELU

Hankkeeseen osallistuvien satamien turvallisuustaso hahmotettiin suorittamalla turvallisuuskartoitus niissä kymmenessä satamassa, joissa rakenteet olivat jo operatiivisessa toimintakunnossa. Kartoitusta varten luotiin pienvenesatamille suunnattu auditointimalli hyödyntämällä olemassa olevia turvallisuusohjeistuksia. Turvallisuuskartoitukset tehtiin 30MILES-satamille yhteistyössä sataman vastuuhenkilöiden kanssa. Turvallisuustaso todettiin yleisesti ottaen hyväksi, joskin pieniä parannuskohteita havaittiin. Satamat saivat kirjallisen palautteen turvallisuuskartoituksista, ja itse mallista luotiin taulukkomuotoinen tarkastuslista, joka on vapaasti saatavilla hankkeen nettisivuilta.

Kartoituksen yhteydessä kahdeksaan satamaan toimitettiin hankkeen puolesta sydäniskuri eli defibrillaattori. Sydäniskuri on tarkoitettu ensiavuksi potilaalle, jolla on sydänpysähdys. Laitteen antamalla tasavirtasähköiskulla pyritään poistamaan sydämen pysäyttänyt rytmihäiriö ja palauttamaan sydämen luonnollinen pumppausrytmi. Sydänpysähdyspotilaan toipumismahdollisuuksiin vaikuttaa merkittävästi aikaviive, jossa sydämen oma rytmi ja verenkierto saadaan palautettua. Vaikka tehokkaalla paineluelvytyksellä voidaan osittain ylläpitää verenkiertoa, rytmihäiriön poisto edellyttää sydäniskurin antamaa sähköiskua. Sydäniskurin hankinnalla haluttiin parantaa pienvenesatamien valmiuksia hätäensiapuun.

Laitteen antamien sanallisten ja visuaalisten ohjeiden perusteella maallikkokin pystyy tarvittaessa antamaan turvallisesti sähköiskun.

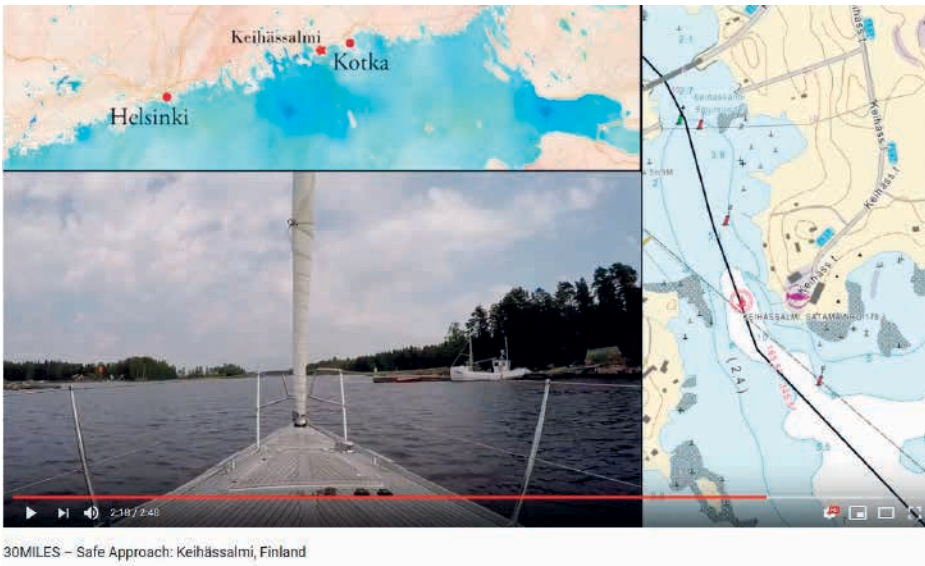
TURVALLISUUSKOULUTUS YOUTUBEEN

Turvallinen satama -videosarjassa käsitellään pienvenesatamien ja veneilyn turvallisuusasioita. Videosarja julkaistiin suoratoistopalvelu YouTubessa, jotta koulutus olisi mahdollisimman helposti veneilijöiden ja sataman toimijoiden saatavilla. Sarjaan kuuluu 29 koulutusvideota sekä yhteistyössä asianajotoimiston kanssa toteutettu lakikoulutuspaketti. Näillä koulutusvideoilla toimivat asiantuntijoina Xamkin omat kokeneet veneilykouluttajat sekä ulkopuoliset yhteistyökumppanit. Videoiden kesto on vajaasta kahdesta minuutista reiluun seitsemään minuuttiin. Videot on koettu helposti lähestyttäväiksi ja hyödyllisiksi. Tiukan asian mukaan on saatu upotettua myös huumoria.

Videoissa käsitellään muun muassa seuraavia aihepiirejä: veneen hätäilmoitusvälineet, pelastusliivien huolto, turvatikkaiden ja pelastusrenkaan käyttö, pelastaminen vedestä, veneen palonsammutusvälineet, kuinka laiturista irrottaudutaan veneellä oikeaoppisesti, pienvenesataman laiturirakenteet, poijuilta ja ankkuripainoilta vaadittavat ominaisuudet, pienvenesataman esteettömyys, laitureiden turvallisuusvarusteet, pienvenesataman ensiapuvälineet, defibrillaattorin käyttö, pienvenesataman jätehuolto, ongelmajätteet, satamasuunnittelun lähtökohdat ja pienvenesataman lakiasioiden perusteet.

LÄHESTYMISVIDEOT JA MALLIREITIT 30MILES-SATAMIIN

Xamk toteutti hankkeessa lähestymisvideot kaikkiin 30MILES-satamiin. Safe Approach -nimellä kulkevassa videosarjassa näytetään turvallinen lähestyminen veneellä mereltä satamaan. Reitin eteneminen näytetään videolla veneestä ja samalla myös merikarttapohjalla (katso kuva 1). Videot ovat erityisen hyödyllisiä silloin, kun suunnitellaan matkaa veneellä satamaan, joka ei ole ennestään tuttu. Videoiden avulla on mahdollista hahmottaa, miltä maisemien tulisi näyttää lähestyttäessä satamaa turvallista reittiä pitkin.



Kuva 1. 30MILES-hankkeen lähestymisvideot on ladattavissa YouTube-suoratoistopalvelusta (kuva: Xamk).

Lähestymisvideoiden tueksi on lisäksi julkaistu mallireitit veneilyyn 30MILES-satamien välillä Suomessa ja Virossa. Mallireitit ovat reittipisteinä, jotka on mahdollista ladata maksutta omaan navigointiohjelmistoon reittisuunnittelun pohjaksi. Lisäksi hankesivulla mallireittejä on mahdollista tarkastella etukäteen Google Maps -karttapohjalla. Jokaiseen lähestymisvideon kuvauksessa on lista reiteistä ja linkki lataussivulle. Lähestymisvideot ja mallireitit on suunnattu auttamaan veneilijöitä veneilyreitien suunnittelussa. Viime kädessä kuitenkin veneen päällikkö vastaa reitin turvallisuudesta.

SATAMAN TURVALLISUUSPÄIVÄT

Turvallisuustoiminnan jalkauttamiseksi järjestettiin yhteistyössä satamien kanssa kuusi sataman turvallisuuspäivää Suomessa ja Virossa. Turvallisuuspäivän ohjelmassa oli muun muassa pelastusnäytös vedestä veneeseen ja laiturille, sammutusvälineiden esittely ja käytännön sammutusharjoituksia ja myös defibrillaattorin käytön perusteet esiteltiin. Hankkeen turvallisuustiimin järjestämän ohjelman lisäksi useimmissa satamissa oli lisäksi sataman pitäjän ja alueen toimijoiden järjestämää muuta ohjelmaa. Jotta turvallisuuspäivistä muodostuisi osa satamien normaalia ohjelmatoimintaa, hankkeessa laadittiin turvallisuuspäivien järjestämisooppas, jossa on kuvattu seikkaperäisesti kuvien kera turvallisuusnäytöksen ja turvallisuusharjoitusten toteutustapa. Lisäksi turvallisuuspäivien toteutuksesta luotiin opastusvideot. Manuaali on vapaasti ladattavissa hankkeen sivulta ja opastusvideot ovat nähtävillä YouTubessa.

KARTOITUS VENEILYN RISKEISTÄ ITÄISELLÄ SUOMENLAHDELLA

Xamk toteutti myös veneilyn riskejä Itäisellä Suomenlahdella kartoittavan riskianalyysin. Tätä analyysiä varten haastateltiin 20 asiantuntijaa eri sektoreilta, kuten viranomaisia, kaupallisen laivaliikenteen toimijoita, kokeneita veneilijöitä ja järjestöjä. Haastattelujen pohjalta kartoitettiin keskeiset veneilyn riskitekijät sekä tärkeimmät turvallisuutta vahvistavat tekijät.

Analyysin pohjalta keskeisin turvallisuutta vahvistava tekijä on veneen tai aluksen päällikön oma myönteinen ja aktiivinen asennoituminen turvallisuuteen. Turvallinen veneily lähtee huolellisesta reittisuunnittelusta. Omassa reittisuunnittelussa on tärkeää huomioida paitsi reitin, niin myös sataman rajoitteet; aallonmurtajat, syvyydet, mahdolliset karikot ja paikalliset sääolosuhteet. Purjeveneilijän on hyvä pohtia sopivat purjeiden nosto- ja laskupaikat mahdollisten ruuhkien sekä rajoitteiden kannalta. Moottoriveneilijän on hyvä huomioida mahdolliset polttoaineen saatavuusrajoitukset.

Ennen veneilemään lähtöä tulisi myös varmistaa, että muut ovat tietoisia mihin veneellä ollaan menossa, mitä väyliä pitkin ja milloin on tarkoitus saapua perille. Jos suunnitelmiin tulee muutoksia, näistä tulisi välittää myös tietoa muille. Kun veneilijän aiheet ovat hyvin tiedossa, osataan mahdollisesti kadonnutta veneilijää ryhtyä kaipaamaan mahdollisimman pian.

Koko veneen miehistön tulisi olla selvillä siitä, miten hälytetään apua; ei pelkästään matkapuhelimella vaan myös VHF-radiopuhelimella. Miehistön tulisi olla myös selvillä perusturvallisuusproseduureista sekä veneen turvavarusteista ja niiden käytöstä. Veneessä tulisi olla enemmän kuin yksi henkilö, joka osaa vähintään veneen käsittelyn perusteet ja tietää miten toimitaan, jos joku putoaa veneestä.

Suomenlahdella on erityisesti huomioitava, että laivaliikenne on vilkasta sekä pohjois-eteläsuunnassa Helsinki–Tallinna-välillä, että myös itä-länsisuunnassa Pietariin ja sieltä pois. Veneilijöiden tulisi ymmärtää liikenteen jakokaistojen merkitys ja tietää kuinka jakokaistat ylitetään. On tärkeää huomioida, että modernit rahtilaivat purjehtivat melko suurella nopeudella, ja niiden liikkuminen on usein rajoitettua syvyyksen takia. Ison rahtilaivan kääntäminen vaatii usein suuren alueen. Lisäksi Suomenlahden itäosassa on tärkeää tiedostaa Venäjän aluevesirajan sijainti ja olla tarkkana, ettei aluevesirajaa ylitetä vahingossa. Venäjän aluevesirajan ylitys ilman asianmukaisia dokumentteja on valtiorajarikos, josta seuraa yleensä sakkorangaistus.

HANKKEEN MATERIAALIT OVAT SAATAVILLA NETISTÄ

Hankkeen tulokset on koostettu nettiin osoitteeseen www.30miles.info. Sivustolle on koottu jäsennellysti hankkeessa tuotettu materiaali ja linkit YouTubessa julkaistuihin videoihin.

Hankkeen tulokset on tarkoitettu ennen kaikkea veneilijöiden ja sataman pitäjien avuksi ja turvallisen veneily- ja satamakulttuurin rakennusaineiksi myös hankkeen jälkeen. Tässä on jo päästy hyvään alkuun, sillä tähän mennessä lähestymis- ja koulutusvideoita on katsottu jo lähes 1600 kertaa ja näyttöaikaa on kertynyt noin 2100 minuuttia.

ITÄINEN SUOMENLAHTI PALVELEE

Turvallisuuden lisäksi myös palvelut ovat parantuneet. Muissa hankkeen työpaketeissa satamien liiketoimintasuunnitelmia on terävöitetty, satamiin on tehty parannusinvestointeja, ympäristö- ja kestävän kehityksen näkökulma on vahvistunut ja markkinointiin on panostettu aiempaa enemmän. Itäinen Suomenlahti on nyt entistäkin paremmin valmistautunut palvelemaan veneilyturisteja.

SAIRAALOIDEN PIENJÄTE-LOGISTIKKAA TEHOSTETAAN ROBOTISAATIOLLA

Olli-Pekka Brunila, DI, tutkimuspäällikkö & Jonne Holmén, tekn. yo, insinööri, projektipäällikkö

Digitalisaatio, automatisaatio, robotiikka sekä IoT (Internet of Things) ovat vahvasti kytkeytyneet eri teollisuuden aloihin, logistiikkaan ja myös sairaalaympäristöön. Edellä mainittujen tekijöiden uskotaan muuttavan maailmaa enemmän kuin teollinen vallankumous. Varsinainen mullistus tulee tapahtumaan palvelualoilla palvelurobottien yleistyessä. Aiempien tutkimusten mukaan 30 prosenttia hoitohenkilöstön työajasta kuluu muuhun kuin varsinaiseen hoitotyöhön. Osaan tästä muusta työajasta sisältyy logistiikkaan liittyviä toimintoja. Robottien käyttö tehostaa toimintaa, sillä robotit suorittavat työtehtäviä huomattavasti ihmistä nopeammin ja tarkemmin. Palvelurobotit auttavat sairaaloissa, hoivakodeissa ja lääkärinasemilla sekä tulevaisuudessa myös kodeissa. Terveysalalla on monia palveluntuottajia, niin julkisia kuin yksityisiä. Yhteistä näille palveluntuottajille on se, että robotiikka ja automaatio tulevat lisääntymään kaikkien niiden toiminnassa.



Kuva 1. Pienjäte sairaalaympäristössä -hankekuva (kuva: Xamk 2018).

SAIRAALAT JA JÄTELOGISTIIKKA

Sairaalan eri toiminnot tuottavat paljon erilaisia pieniä jättejakeita kuten esimerkiksi käytettyjä injektioneuloja, haavasidoksia ja laitteissa käytettäviä paristoja. Sairaalahäätteen logistiikkaa hoidetaan nykyään monin osin pääasiassa manuaalisesti ihmisvoimin. Automaatio ja robotiikka tuovat uusia mahdollisuuksia ja ne voivat tehostaa hoitohenkilöstön

sekä muiden jätteiden kuljetukseen ja puhtaushuollon osallistuvien työtä ja kuormittavuutta sairaalaympäristössä ilman, että ne vähentäisivät työpaikkoja. Jätteet lajitellaan siellä, missä jätettä syntyy, ja jätteitä säilytetään eri paikoissa, kuten esimerkiksi hoitoyksiköiden huuhteluhuoneissa. Säilytykseen ja keräilyyn yksiköissä tarvitaan useita pieniä säilytys- ja kuljetusastioita. Kyseisten jätejakeiden asianmukainen säilytys ja kuljetus on välttämätöntä sairaalassa ja se vaatii uusia logistisia ratkaisuja myös turvallisuusnäkökulmasta.

Esimerkiksi Carean Kymenlaakson keskussairaala palvelee koko Kymenlaakson 173 000 asukasta, ja Carea-yhtymän (2014) vuoden 2013 tilastojen mukaan vuosittain syntyy kaatopaikkajätettä 166 tonnia, energiajätettä 142 tonnia ja pyykkiä 400 tonnia. Vastaavasti vuonna 2017 jätettä syntyi noin 600 tonnia, joista esimerkiksi riskijätettä noin 22 tonnia ja vaarallista jätettä noin 13 tonnia. Eri jätejakeiden määrä sairaalaympäristössä on siis suuri. Carea on rakentamassa uutta sairaalaa, jonka odotetaan valmistuvan 2019. Uuden sairaalan rakentaminen on synnyttänyt tarpeen uusien ja nykyaikaisten varastoinnin ja logistiikan ratkaisujen kehittämiseen. Yksityinen Pohjola Sairaala aloitti toimintansa ortopediaan keskittyneenä yksityissairaalana Helsingissä vuonna 2013. Tällä hetkellä se rakentaa maanlaajuisia sairaala- ja lääkäriasemaverkostoa sekä avaa uusia erikoislääkäriklinikoita sairaaloihinsa. Pohjola Sairaala on uutena alan kaupallisena toimijana edelläkävijä uusien sairaalaratkaisujen kehittämisessä, innovoinnissa sekä tarvike- ja jätelogistiikan automaation käyttöönottamisessa, minkä vuoksi sairaala on otollinen kokeilualusta uusille pienjätelogistiikkainnovaatioille.

TUTKIMUKSELLA TEHOSTETAAN JA INNOVOIDAAN SAIRAALAN PIENJÄTELOGISTIikkaA

Pienjätelogistiikka sairaalaympäristössä -hanke toteutetaan Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Xamkin ja Laurea-ammattikorkeakoulun yhteistyönä. Hankkeen tavoitteena on kehittää ja uudistaa robotiikan ja automatisaation avulla sairaalaympäristöön turvallinen pienjätelogistiikan järjestelmä, jossa otetaan huomioon pienten jätejakeiden turvallinen käsittely, varastointi, tunnistaminen ja kuljettaminen. Uuden järjestelmän tulee sisältää pienten jätejakeiden keräämiseen, yksiköissä säilyttämiseen ja pois kuljettamiseen sairaalan alueelta liittyviä, mielellään automatisoituja ja resursseja säästäviä toimintatapoja. Automatisoinnin avulla voitaisiin vähentää tarvetta manuaaliseen siirtelyyn, ja mahdollisesti optimoida jätekuljetuksia sellaisiin aikoihin, jolloin muuta liikennettä on vähemmän. Järjestelmää testataan pilottien kautta. Pilotoinnit suoritetaan Kymenlaaksossa ja Uudellamaalla. Monialaisella tutkimuksella ja innovoinnilla tuodaan mm. teknologiaosaamista ja robotiikan vaikutuksia sairaalaympäristöön.

Hankkeella edistetään moniammatillista yhteistyötä sairaaloiden, korkeakoulujen ja yritysten välillä. Hankkeen aikana on tavoitteena tuottaa lisäarvoa uudistamalla kokonaisvaltaisesti sairaalan pienjätelogistiikkaa ja kehittää sairaalaympäristöön älykäs pienjätteen

logistiikkajärjestelmä, joka voi luoda erilaisia liiketoimintamahdollisuuksia esimerkiksi robotiikan valmistajille ja terveystalvveluja tuottaville yrityksille kuten sairaaloille. Robotiikan tuominen sairaalaympäristöön pienjätelogistiikan kautta lisää myös henkilökunnan ymmärrystä robotiikan mahdollisuuksia kohtaan sekä luotettavuus- että turvallisuusnäkökulmasta.

Hanketta rahoitetaan Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR). Rahaston tavoitteena on parantaa työllisyyttä sekä lisätä alueiden kilpailukykyä ja elinvoimaisuutta.

ROBOTIIKAN YLEISTYMINEN MUUTTAA HOITOALAA

Robotiikka ja tekoäly sekä niihin liittyvät älypalvelut muuttavat palveluita, joihin olemme tottuneet. Robottien jalkautumista vanhusten kotona asumisen tukemiseen, lääke- ja välinehuoltoon, sairaalaympäristöihin ja kuntoutukseen on jo onnistuneesti kokeiltu. Jätelogistiikka on valtava sisälogistiikkatoiminto, joka vaatii paljon fyysistä työtä sairaalaympäristössä. Tässä hankkeessa kehitettävä ratkaisu täydentää robottien avulla tehtäviä toimintoja ja edistää robotiikan yleistymistä sairaaloihin. Samalla se mahdollistaa henkilöstön työajan kohdentumisen vaativampiin, erityisosaamista edellyttäviin tehtäviin.

Perinteisen teollisuusrobotin tehtävä on suorittaa rutiininomaista ja usein toistuvaa työtä. Se kokoaa ja lajittelee kappaleita, tuottaa suuria sarjoja samaa tuotetta tai pakkaa. Teollisuusrobotti onkin yksi tunnetuimmista robottityypeistä. Yhteistyörobottien tarkoitus on helpottaa ihmisen työtä tekemällä raskaat nostamiset tai voimaa vaativat työvaiheet. Kotona avustavat robotit taas auttavat ikäihmisiä esimerkiksi ottamaan lääkkeitä tai mittaamaan verenpainetta. Humanoidirobotit osaavat jo työskennellä ihmisten kanssa, harjoittaa sosiaalista kanssakäymistä ja reagoida ihmisten käyttäytymiseen. Robotteihin lukeutuvat myös osaltaan autonomiset ajoneuvot sekä etsintä-, pelastus- ja valvontarobotit. Mobiilirobotteja voidaan käyttää tehdasympäristössä esimerkiksi välituotteiden kuljettamiseen työpisteestä toiseen. Yrityksissä käytetään ihmisten sijaan yhä enemmän liikkuvaa kalustoa, joka kuljettaa tavaraa automaattisesti pisteestä A pisteeseen B. Mobiilirobotteja on tarkoitus pilotoida pienjätkekeräilyssä Pienjätelogistiikka sairaalaympäristössä-hankkeen aikana.



Kuva 2. Esimerkkejä mobiilirobotteista (kuvat: Omron LD-series Mobile Robot, Aethon TUG T3 ja Mobile Industrial Robots Aps - MiR. Mi100)

Mobiilirobotit (AIV – Autonomous Intelligent Vehicles) on suunniteltu tehostamaan tuotavuutta logistisissa operaatioissa ja suorittamaan rutiininomaisia usein toistuvia tehtäviä. Mobiilirobotit nostavat läpäisykykyä, poistavat virheitä ja parantavat seurattavuutta. Mobiilirobotialusta on tarkoitettu tavaroiden kuljettamiseen varastoissa, jakelukeskuksissa ja tuotantolaitoksissa. Niiden kuormituskapasiteetti voi vaihdella satojen kilojen välillä ja niihin on kytkettävissä erilaisia lisälaitteita. Mobiilirobotteja käytetään jo laajalti erilaisissa teollisuuden ja sairaalan logistiikka- ja kuljetustehtävissä. Ne voivat toimia joko yksittäisinä robotteina tai kokonaisina robottilaivueina, jotka kuljettavat tuotteita paikasta toiseen. Ne kartoittavat ympäristönsä ja navigoivat itsenäisesti. Mobiilirobotti voidaan varustaa esimerkiksi robottikäsivarsilla, lukittavilla säilytystiloilla tai kuljettimilla. Mobiilirobotit on kehitetty nopeaan ja luotettavaan ympärivuorokautiseen materiaalien kuljetukseen, ja ne osaavat navigoida automaattisesti myös vaihtelevissa ympäristöissä. (Uusiteknologia 2018)

Tavallisista vihivaunuista poiketen nykyaikaiset mobiilirobotit pystyvät kulkemaan itsenäisesti. Tästä johtuen robotin toiminnalle edellyttämät laiteasennuskustannukset ovat vähäisiä, kun erillisiä lattiamagneetteja, teippejä, lasermajakoita tai muita tavallisten vihivaunujen käyttöön tarvittavia varusteita ei tarvitse asentaa. Mobiilirobotit osaavat toimia tiloissa, joissa on jatkuvaa ihmisten, laivojen, vaunujen ja trukkien liikettä. Niissä on järjestelmät, jotka osaavat väistää esteitä ja selvittää vaihtoehdoisen reitin tehtävän suorittamista varten. Älykkään ohjauksen ansiosta robottien käyttö on turvallista myös ihmisten rinnalla.

ROBOTTIEN PILOINNIIT SAIIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Hankkeen aikana toteutetaan kaksi ylimaakunnallista pilottia sairaalaympäristössä: Kymen alueella Careassa sekä pääkaupunkiseudulla Pohjola Sairaalassa. Pilottitutkimuksessa arvioidaan mobiilirobotin pätevyyttä sekä siihen liittyvien ja hankkeessa kehitettävien teknisten ratkaisujen toimivuutta. Pilotin jälkeen päästään arvioimaan tutkimuksen hyödynnettävyyttä laajemmin. Pilotit toteutetaan vaiheittain, jolloin toimintamallien ja -tapojen kautta saatava ensimmäisen pilotin käyttäjäkokemus ja -tietous robotiikan sekä IoT:n soveltamisessa sairaalaympäristössä voidaan hyödyntää toisen pilotin aikana. Näiden kahden pilot-tutkimuksen aikana saatavia tuloksia voidaan hyödyntää myöhemmin muita vastaaventyypisiä pienjätelogistiikkaratkaisuja suunnittelevissa sairaalayksiköissä.

Hankkeen aikana mallinnetaan ja simuloidaan pienjätelukuljetusten prosessit, jotka sisältävät logistiset reitit, toiminnot, tietovirrat ja tunnistetaan turvalliseen liikkumiseen liittyvät kohteet. Tuloksilla kehitetään Carean olemassa olevan virtuaalimallisuuden sisältöä sekä myös sen käyttömahdollisuuksia esimerkiksi uuden henkilöstön perehdyttämisessä ja kouluttamisessa.

Carealla on tällä hetkellä käytössä virtuaalimallinnettu ympäristö rakenteilla olevasta laajennuksesta, G-osasta, johon sijoittuvat sairaalan HOT-toiminnot: päivystys, intensii-

vihoito, synnytysyksikkö, leikkausyksikkö ja välinehuolto. Virtuaaliympäristöä pyritään laajentamaan, kun hanke etenee ja suunnitelmat seuraavaksi rakenteilla olevien laajennusten tai peruskorjausten osalta valmistuvat. Virtuaaliympäristön kehittämiseen saatava kokemus ja tietous ovat hyödynnettävissä myös Pohjola Sairaalassa sekä myöhemmin muilla mahdollisilla sairaalatoimijoilla tämän hankkeen jälkeen. Xamk ja Laurea pilotoivat suunnitellun järjestelmän todellisessa ympäristössä, analysoivat sen toiminnallisuuden ja yhdessä hankkeeseen osallistuneiden yritysten kanssa tuotteistavat palvelukokonaisuuden.



Kuva 2. Pilotoinnin suunnittelu (kuva: Xamk 2018).

TOIMIIKO MOBILIROBOTTI JÄTTEENKERÄILYSSÄ?

Laitevalmistajilla ei ole valmista ratkaisua pienjätekeräilyn suorittamiseksi sairaalaympäristössä. Sairaalaympäristöissä syntyvä jäte on monimuotoista ja -kokoista, ja niihin liittyy erilaisia riskitekijöitä. Esimerkiksi biologiset jätteet tulee käsitellä ja säilyttää asiaan-kuuluvalla tavalla, eikä tietosuojalain alaisia näyteputkiloita saa toimittaa turvaamattomana loppujätteeseen. Lisäksi kuljetettavat astiat ovat erikokoisia ja -muotoisia. Tarvitaan toimiva ratkaisu jäteastioiden kuljettamiseen, joka täyttää sen säilyttämisen ja kuljettamisen edellyttämät vaatimukset. Kuljetusalusta robotin päällä tai sen vetämänä on yksi hankkeen aikana kehitettävä ratkaisu, jota lähdetään kehittämään yhteiskehittämismenetelmin. Aluksi kartoitetaan sairaaloiden nykytila ja tarve jätteenkeräilyyn: millaista pienjätettä syntyy, kuinka paljon ja missä. Samalla sovitaan pilotoinnin tarkempi kohde tai osasto sairaalan sisällä. Alkuun tutustutaan myös markkinoilla olevaan robotiikkaan ja tunnistetaan siihen liittyvät teknologiat. Toimijoiden kanssa neuvotellaan yhteistyöstä pilotoinnin ja jätteenkeräilyratkaisun yhteiskehittämisestä.



Kuva 3. Hankkeen aikajana (kuva: Xamk 2018).

Kun jäteologiikka on mallinnettu ja siihen liittyvät prosessikuvaukset piirretty, päästään suorittamaan pilotti todellisessa ympäristössä. Pilotin jälkeen tulokset analysoidaan, tehdään johtopäätökset sen onnistumisesta ja kootaan jatkokehitysideat. Koko hankkeen läpileikkaavana teemana on koulutuksellisuus. Hankkeen aikana on tarkoitus lisätä tietoisuutta robotisaatiosta, edistää kokeilukulttuuria ja kehittää sairaaloiden, oppilaitosten ja yritysten yhteistyötä. Hankkeen kokemukseräinen ja tieteellinen aineisto on tarkoitus saattaa myös opetuksen käyttöön.

Pienjäteologiikka sairaalaympäristössä -hanketta hallinnoi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja osatoteuttajana on mukana Laurea-ammattikorkeakoulu. Hankkeen kesto on 1.9.2018–31.7.2020.

LÄHTEET

Aethon TUG T3. Products. <https://aethon.com/products/> [viitattu: 1.11.2018]

Carea 2014. Jättemäärät KOKS 2012 ja 2013.

Mobile Industrial Robots ApS – MiR. MiR100. <https://www.mobile-industrial-robots.com/en/products/mir100/> [viitattu: 1.11.2018]

Omron LD-series Mobile Robot. Mobiilirobotti. <https://industrial.omron.fi/fi/products/mobile-robot> [viitattu: 1.11.2018]

Rakennerahastot 2018. Mitä rakennerahastot ovat? <https://www.rakennerahastot.fi/mita-rakennerahastot-ovat> [viitattu: 1.11.2018]

Uusiteknologia 2018. Mobiilirobotit tulevat logistiikkaan. <https://www.uusiteknologia.fi/2018/02/16/mobiilirobotit-tulevat-logistiikkaan/> [viitattu: 1.11.2018]

Xamk – Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Pienjätelogistiikka sairaalaympäristössä. Tutkimus ja kehitys. <https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/pienjätelogistiikka-sairaalaymparistossa/> [viitattu: 1.11.2018]

PÄIVÄKOTIEN JA ALAKOULUJEN PIHA-ALUEET TURVALLISEMMIKSI

Jukka Hietapakka, logistiikan opiskelija, Jeremias Taponen, logistiikan opiskelija & Olli-Pekka Brunila, DI, tutkimuspäällikkö

Logistiikan ja merenkulun TKI-toiminnan merkittäviä osaamiskärkiä ovat satamalogistiikan, rautatielogistiikan, liikennejärjestelmien sekä toimitusketjujen, logistiikan ympäristövaikutusten ja turvallisuuden tutkiminen ja kehittäminen. Näihin teemoihin sisältyy myös alueellinen vaikuttaminen ja tutkimustyö päiväkotij- ja alakoululaisten turvallisuuden lisäämiseksi. Turvaa Vaalien -hankkeessa (TurVaa) tutkittiin jakeluliikenteen tuomia riskejä ja tehtiin riskiarvio jakelulogistiikan vaikutuksista lasten liikenneturvallisuuteen Etelä-Kymenlaakson alueen päiväkodeissa ja alakouluissa. Aihe oli uusi eikä vastaavanlaista tutkimusta ole aiemmin tehty Suomessa. Hanke oli osa valtion vuoden 2017 tieliikenteen turvallisuuden edistämistä ja hanketta rahoittivat Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk.

VALITETTAVASTI ONNETTOMUUKSIA TAPAHTUU

Suomessa alle kouluikäisille, 0–6-vuotiaille lapsille on tieliikenteessä sattunut kolmen viime vuoden aikana keskimäärin kolme kuolemaan johtanutta onnettomuutta ja yli 70 loukkaantumista vuosittain. Liikennekuolemista ja loukkaantumisista 17 prosenttia tapahtui jalankulkijoille. Jalankulkijoista kaikki kuolemaan johtaneet onnettomuudet ja kaksi kolmesta loukkaantumisesta tapahtuivat muualla kuin suojatiellä. (Liikenneturva 2018a.) Alakouluikäisille on sattunut tieliikenteessä kolmen viime vuoden aikana keskimäärin viisi kuolemaan johtanutta onnettomuutta ja yli 160 loukkaantumista vuosittain. Lähes viidennes liikennekuolemien ja loukkaantumisten uhreista oli jalankulkijoita. Näistä loukkaantumisista vajaa puolet ja kuusi kymmenestä kuolemaan johtaneista tapauksista tapahtuivat muualla kuin suojatiellä. (Liikenneturva 2018b.) Liikenneturvan (2018) tilastokatsauksen mukaan päiväkotij- ja alakouluikäisille lapsille sattuu paljon onnettomuuksia paikoissa, joista ei tarkasti kerrota, missä onnettomuus on fyysisesti tapahtunut. Etelä-Suomessa vuonna 2017 peruskouluissa oli 556 742 oppilasta ja esiopetuksessa 61 000 oppilasta. Samana vuonna Kymenlaaksossa peruskouluissa oppilaita oli 16 084. (Tilastokeskus 2017a.) Haminassa esiopetuksessa ja ala-asteella oppilaita oli 1 225 ja Kotkassa oli 3 166 (Tilastokeskus 2017b).

PÄIVÄKOTIEN JA ALAKOULUJEN JAKELULIIKENTEN NYKYTILA

TurVaa-hankkeessa tarkasteltiin päiväkotien ja alakoulujen jakeluliikenteen nykytilaa kyselyn ja haastattelujen avulla. Kysely lähetettiin yhteensä 70 vastaanottajalle 85 päiväkotiin ja alakouluun Kotkan ja Haminan alueella. Vastauksia saatiin 17. Vastausten perusteella toimipaikkoihin toimitetaan pääasiassa elintarvikkeita, pehmapapereita, siivoustarvikkeita sekä toimistotarvikkeita ja -paperia. Lisäksi koulutaksiliikenne ja pesulasta tulevat toimitukset mainittiin useamman kerran. Muutamiin toimipaikkoihin toimitetaan ainoastaan elintarvikkeita. Useaan paikkaan toimitetaan neljästä kuuteen tai seitsemän kertaa viikossa tavaraa. Tämä tarkoittaa, että jakeluauto käy piha-alueella purkamassa kuorman kerran tai useammin päivässä. Neljässä päiväkodissa tai alakoulussa jakelukertoja on yhdestä kolmeen kertaa viikossa. Toimitusten saapumisaika jakautuu melko tasaisesti koko päivälle. Valtaosa toimituksista tapahtuu silloin, kun lapset ovat paikalla ja saattavat olla samanaikaisesti ulkona. Vastanneet alakoulut ja päiväkodit ovat pääsääntöisesti järjestäneet omat liikennejärjestelyt jakeluliikenteelle, vaikka se toimisikin samalla alueella jätehuollon kanssa. Osassa kiinteistöistä on erotettu omat alueet jakelu- ja jäte liikenteelle, jotta liikennöinti on pois lasten keskuudesta.

Selvityksen mukaan eri toimipaikoissa on laadittu turvallisuussuunnitelma, mutta vain viidessä oli huomioitu jakeluliikenne. Sama on havaittavissa toimipaikkojen riskianalyysissä. Riskianalyysi on tehty kaikkialla, mutta jakeluliikenne on huomioitu vain kahdessa toimipisteessä. Onnettomuuksia ei kyselyn mukaan tapahdu vuosittain ollenkaan, mutta läheltä piti -tilanteita on vuosittain joitakin kappaleita. Vastausten perusteella läheltä piti -tilanteita on tapahtunut saattoliikenteessä eli vanhempien tai läheisten kuljettaessa lapsia toimipaikan ja kodin välillä. On kuitenkin olemassa riski, että jotain voi sattua myös jakeluliikenteen liikkua alueella.

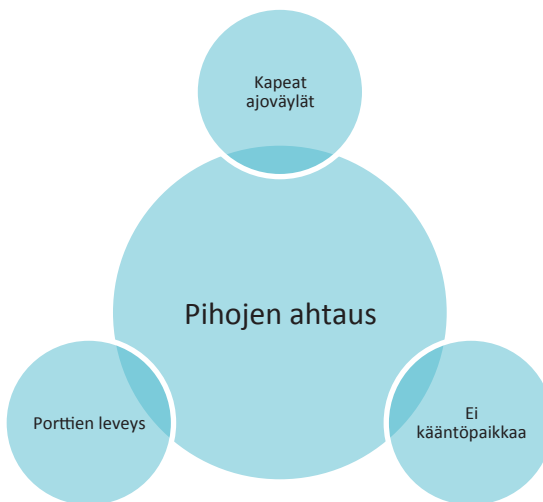
VÄLINPITÄMÄTTÖMYYS, TIEDONKULUN PUUTE JA PIHOJEN AHTAUS LISÄÄVÄT RISKEJÄ

Etelä-Kymenlaakson alueen päiväkodeille ja alakouluille tehdyssä kyselyssä, haastatteluissa ja aikaisemmissa tutkimuksissa nousivat esille seuraavat ongelmakohdat: purkupaikkojen alue/tila, saattoliikenteen aiheuttamat häiriöt, välinpitämättömyys sääntöjä kohtaan, jakeluautojen ajoreitit kiinteistön alueella sekä henkilöstön koulutus ja ohjeistus häiriötapauksissa. Haastatteluissa tuli esille, kuinka tärkeänä tiedonkulkua pidettiin työpaikalla. Kuvassa 1 on esitetty, mitkä eri tekijät vaikuttavat saattoliikenteeseen ja saattoliikenteen aiheuttamiin riskeihin. Kuten kuvasta voidaan huomata, yleisesti nopeudet, ruuhkat, pysäköintitila, muu liikenne ja kiire ovat tekijöitä, jotka nostavat riskitasoa saattoliikenteessä.



Kuva 1. Saattoliikenne ja siihen vaikuttavat tekijät (kuva: Hietapakka & Taponen 2018).

Piha-alueiden ominaisuudet vaihtelevat riippuen siitä, mihin käyttöön tila on alun perin tarkoitettu. Päiväkodit voivat olla jonkin rakennuksen yhteydessä, eikä varsinaista piha-aluetta ole tai se on hyvin pieni. Etenkin vanhemmissa rakennuksissa ei ole huomioitu nykyisten ajoneuvojen tilavaatimuksia, jolloin jakeluautojen on vaikea operoida pihoilla, joissa myös lapset oleilevat. Kuvassa 2 on esitetty tekijöitä, jotka vaikuttavat pihojen ahtauteen jakeluliikenteessä. Yleisesti kapeat ajoväylät, kääntöpaikan puute ja kapeat sisääntuloportit yhdistettynä lasten piha alueeseen lisäävät jakeluliikenteen riskejä.



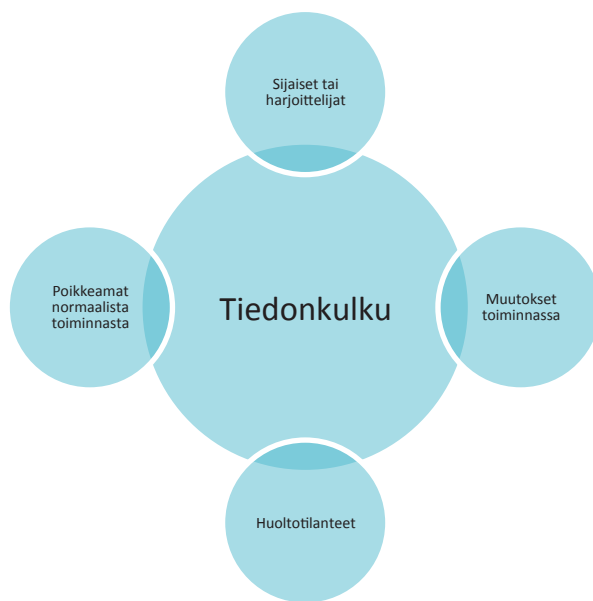
Kuva 2. Pihojen ahtauteen vaikuttavia tekijöitä (kuva: Hietapakka & Taponen 2018).

Haastattelussa yhdeksi keskeiseksi teemaksi nousi välinpitämättömyys. Tärkeää on, miten asennoituu omaan ja toisten liikenneturvallisuuden noudattamalla liikennesääntöjä ja ohjeita. Kuvassa 3 on esitetty eri tekijöitä, jotka lisäävät tai vaikuttavat välinpitämättömyyteen liikenteessä. Aikataulut aamuisin voivat olla tiukkoja ennen töihin menoa, jos työmatkaan sisältyy lasten kouluun tai päiväkotiin vienti autolla. Hektinen elämä ja kiire voivat aiheuttaa stressiä sekä ylilyöntejä, jolloin riskin mahdollisuus kasvaa huomaamatta. Samoin tunneperäiset tekijät voivat vaikuttaa käyttäytymiseen liikenteessä. Esimerkiksi kiire, työstressi, lasten sairaus ja monet muut tekijät voivat vaikuttaa tai muuttaa mielialaa, mikä saattaa johtaa normaalista poikkeavaan käyttäytymiseen. Käyttäytymisen muutos voi johtaa siihen, miten noudattaa esimerkiksi liikennesääntöjä tai liikenneturvallisuutta.



Kuva 3. Välinpitämättömyyteen vaikuttavia tekijöitä (kuva: Hietapakka & Taponen 2018).

Haastattelussa korostui, kuinka tärkeää tiedonkulku on koulu- ja päiväkotiympäristössä. Kuvassa 4 on esitetty tekijöitä, jotka vaikuttavat tiedonkulkuun päiväkotij- ja alakouluympäristössä. Päiväkotij- ja alakouluympäristössä toimii sijaisia ja harjoittelijoita, jotka eivät välttämättä perehdytyksestä huolimatta tiedä kaikkia työpaikan työ- ja toimintatapoja tai toimintaohjeita. Mahdollisesti normaalirutiinista tapahtuvat poikkeamat eivät tavoita kaikkia etenkin suuremmissa yksiköissä, vaikka toimenpiteet vaatisivat nopeaa tiedotusta ja reagointia henkilökunnalta. On otettava myös huomioon, että päiväkodit ja alakoulut ovat monikulttuurisia toimintaympäristöjä eikä kaikkien äidinkieli ole suomi.



Kuva 4. Tiedonkulkuun vaikuttavia tekijöitä (kuva: Hietapakka & Taponen 2018).

KOHTI TURVALLISEMPAA KOULU- JA PÄIVÄKOTIYMPÄRISTÖÄ

Kyselyn perusteella riski on suurempi vanhempien saattoliikenteessä kuin jakeluliikenteessä. Jakeluliikenteessä ongelmia aiheuttavat pääosin samanaikainen saattoliikenne ja ahtaat piha-alueet yhdistettyinä rakennuksen kulmalla tapahtuviin ajoneuvojen tai ihmisten kohtaamisiin. Joissakin tapauksissa alueen asukkaat aiheuttavat riskitilanteita läpikulkemalla päiväkotien tai koulujen pihojen kautta tai pysäköimällä autonsa jakeluliikenteen kannalta huonoon paikkaan. Varsinaiset suositukset, joilla turvallisuuden ongelmat voitaisiin ratkaista kaikissa päiväkodissa, vaatii lisätutkimusta. Jokainen päiväkotikoti on erilainen ja etenkin vanhemmissa kiinteistöissä on ilman suurempia perusrannuskorjauksia hankala saada kaikkia puutteita korjatuksi. Kuitenkin välinpitämättömyys ja poikkileikkaavana teemana tiedonkulku ovat asioita, joihin voidaan kaikissa päiväkodeissa ja alakouluissa puuttua. Välinpitämättömyys on asia, johon jokainen pystyy vaikuttamaan omilla toimillaan ja siten parantamaan liikenneturvallisuutta. Päiväkodit ja alakoulut, kaupungit, kunnat ja viranomaiset voivat esimerkiksi kampanjoida välinpitämättömyyden vähentämiseksi. Vastaavasti tiedonkulku on jokaisen päiväkodin ja ala-koulun varmistettava niin, että myös harjoittelijoilla ja sijaisilla on riittävät tiedot eri tilanteita varten. On myös löydettävä ohjeistus tai henkilö, joka osaa tarvittaessa auttaa tai neuvoa ongelmatilanteissa.

LÄHTEET

Hietapakka, J. & Taponen, J. (2018). TurVaa – Turvaa vaalien. Xamk kehittää 40. Kaakois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kotka 2018. ISBN: 978-952-344-081-4 (nid.). Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-082-1>

Liikenneturva. (2018a). Alle kouluikäisten lasten henkilövahingot tieliikenteessä. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_alle_kouluikaiset.pdf.

Liikenneturva. (2018b). Alakouluikäisten lasten henkilövahingot tieliikenteessä. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_alakouluikaiset.pdf.

Tilastokeskus. (2017a). Peruskouluissa 556 700 oppilasta vuonna 2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/pop/2017/pop_2017_2017-11-14_tie_001_fi.html.

Tilastokeskus. (2017b). Peruskoulun oppilaat maakunnittain, kunnittain, opetuskielittäin ja vuosiluokittain vuonna 2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__kou__pop/statfin_pop_pxt_001_fi.px/table/table-ViewLayout2/?rxid=4c66b6f4-2fc1-46a7-9f3a-a1e96d70b9fa.

INTOPORT TUOTTAÄ LASTIN- KÄSITTELYN INNOVAATIO-, TESTAUS- JA KOULUTUS- YMPÄRISTÖN SATAMAAN

Arto Ahlberg, projektipäällikkö

Innovations to Port eli INTOPORT-hankkeen tavoitteena on luoda satamaympäristöön toimintamalli lastinkäsittelyyn erikoistuneen testaus- ja koulutusympäristön järjestämiseksi. Tällainen toimintamalli mahdollistaa koko HaminaKotkan satama-alueella uusien innovaatioiden käytännönläheisen testauksen todellisessa toimintaympäristössä. Digitalisaatio, automaatio, uudet polttoaineet ja sähkökäyttöihin siirtyminen tuovat alalle kehittämishaasteita ja tarvetta uudelleenlaiseen osaamiseen. Koulutusympäristö antaa yrityksille mahdollisuuden kouluttaa työntekijöitä uuden teknologian käyttäjiksi. Hanke tukee uusien tuotteiden ja palvelujen sekä uusien työpaikkojen ja yritysten syntyä. INTOPORT verkostoituu satamatoimintoihin liittyvään TKI- ja koulutustoimintaan tarjoamalla monipuolista lastausteknologiaan liittyvää käyttötestiympäristöä. INTOPORT edistää lastinkäsittelyn älykkyyttä ja turvallisuutta sekä tukee vähähiilisten satamatoimintojen kehittymistä ja on siten vahvasti EU:n liikenne- ja ilmastostrategian mukainen.

KEHITTÄMISKOHTENA VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET

INTOPORT-hanke käynnistyi syyskuussa 2017. Ensimmäiset toimenpiteet liittyivät yritysverkoston kokoamiseen ja toimintakonseptin määrittelyyn. Työryhmätoiminnan avulla rakennetun eri toimijoista koostuvan verkoston kanssa on suunniteltu tutkimusalustaa HaminaKotkan satamaan. Seuraavana askeleena oli tutkimus- ja kehityshaasteen avaaminen verkostolle ja toimijoille. Kehittämiskohteeksi valittiin vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuuden käyttömallin luominen HaminaKotkan satamaan. Tarkastelun kohteena on dieselöljyn nykyinen käyttö ja kustannusrakenne kokonaisuutena. Tässä keskitytään kahdeksan tonnin nostokyvyn trukkeihin, jotka ovat nykyisistä ajoneuvoista potentiaalisimpia kehityskohteita. Tämän työn rinnalla tutkitaan mahdollisuuksia vaihtoehtoisen polttoaineen löytämiseksi kyseisiin ajoneuvoihin. Toinen tutkimusalue on sähkön käyttö satama-alueella ja myös sen mahdollinen tuotanto aurinkoenergialla.

Käyttömallin tavoitteena on, että sataman tehdessä tulevaisuudessa hankintaratkaisuja sillä on käytettävissään laskelmat eri vaihtoehtojen kustannuksista ja kannattavuudesta sekä ver-

tailu nykyisin käytössä olevaan dieselpolttoaineeseen. Selvityksessä esitetään toimintamalli, joka pohjautuu tutkittujen taloudellisten vaikutusten, saavutettavien ympäristöhyötyjen ja käytännön toteutuksen vaatimista toimenpiteistä.



Kuva 1. Hangon aurinkoenergiajärjestelmään tutustuminen. Palaveri kaupungintalolla. Kuvassa edessä vasemmalla Hangon kaupunginjohtaja Denis Strandell, oikealla edestä Xamkin opiskelijat Veeti Reinikainen ja Timo Kokko. Taaempänä Kaj Lille Kotkan Energialta. (kuva: Intoport)

Malli rakennetaan yhteistyössä satama-alueen toimijoiden sekä paikallisen sähköyhtiön ja kehitysyhtiön kanssa. Yhteistyötahoina ovat toimineet HaminaKotka-satama, Steveco Oy, Suomen Satamatekniikka Oy, Kotkan Energia/ Karhuvoima, Cursor Oy ja Cargotech Finland Oy/ Kalmar. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun opiskelijoista valittiin ryhmä, joka lähti kehittämään toimintoja opinnäytetöiden kautta. Ryhmässä on neljä opiskelijaa. Kesällä valittiin vielä kaksi opiskelijaa lisää, koska hanke todettiin kokonaisuutena niin laajaksi, että kattavan tutkimuksen aikaansaamiseksi haluttiin useammalta aihealueelta yksilöidempää tietoa.

Tutkimusalustaa varten on valmisteltu myös muita kehityskohteita, mm. turvallisuuteen liittyvää kehitystyötä ja mahdollista drone-lennokkien käyttöä satamassa.

YHTEYSTYÖ ON OLLUT TIIVISTÄ

Hankkeen ensimmäisen vuoden aikana ohjausryhmä on kokoontunut kolme kertaa ja työryhmä useita kertoja erilaisilla kokoonpanoilla. Työryhmän kanssa on tutustuttu myös Kalmar Global Oy:n toimipisteeseen Tampereella. Lisäksi on järjestetty keskustelutilaisuus biokaasun käytöstä ja tulevaisuudesta.

Verkostoitumistapaamisia on pidetty Gasum Oy:n, Kotkamillsin ja Haminan energian sekä Forus Oy:n kanssa. Hankkeen projektipäällikkö on osallistunut Suomen osto- ja logistiikkayhdistyksen järjestämään koulutustilaisuuteen, Gasum Oy:n järjestämään kiertotalousseminaariin sekä Transport Research Arena 2018 -tilaisuuteen Wienissä.

Opinnäytetyötä tekevien opiskelijoiden kanssa on tutustuttu Hangon kaupungin aurinkoenergiajärjestelmään sähkön käyttöön ja sen mahdolliseen tuotantoon liittyen. Opiskelijat ovat ohjatusti tutustuneet sataman toimintoihin sekä ryhmässä että pienryhmässä valitun opinnäytetyön mukaisesti. Satamassa on opiskelijoiden kanssa käyty useaan kertaan.

INTOPOINT-hanke jatkuu vuoden 2019 loppuun. Syksyn 2018 aikana rakennetaan tutkimusalustaa satamaan ja valitaan testattavat laitteet sekä ajoneuvot.

INTOPOINT-hankkeen (A72964) päärahoittajana toimii Euroopan aluekehitysrahasto EAKR Uudenmaan liiton kautta.

JOUSTAVAA OPISKELUA JA YRITYSYHTEISTYÖTÄ OPPIMISYMPÄRISTÖISSÄ

Tuomo Kettula, projektipäällikkö & Jonne Holmén, projektiasiantuntija

VARIKKO, Rautatiealan TKI-keskus -hankkeen aikana perustetaan rautatiealan innovaatio- ja tutkimuskeskus, joka toimii liiketoiminnan kehittämissympäristönä rautatieliikenteen palvelujen tuottajille ja muille alan toimijoille; aloittaville yrityksille, pk-yrityksille, tutkijoille ja alan korkeakouluopiskelijoille, ammattiopiskelijoille sekä alan palvelutuotteiden kehittäjille. Varikon tehtävänä on

- luoda uudenlainen ympäristö ja tapa kehittää yhdessä rautatieliikennettä ja siihen liittyviä palveluja tulevaisuuden tarpeisiin
- mahdollistaa innovaatioiden ja asiantuntemuksen kohtaaminen sekä turvallisuusajattelun ja älykkään kuljetusketjun kehittäminen yhteistyössä eri toimijoiden ja opiskelijoiden välillä
- avata kehittämis- ja testausympäristö projektien käyttöön ja tarjota opiskelijavoimaa projektien toteuttamiseen.

OMAN ROOLIN HAKEMISTA – MITEN LUODA UUSIA OPPIMISYMPÄRISTÖJÄ?

Projektin alkuvaiheessa tehtiin käytännön selvitystyötä siitä, millaisissa ympäristöissä opiskelu tällä hetkellä tapahtuu. Tutustuimme Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa Xamkissa muiden yritysyritysyhteistyötä tekevien hankkeiden ja oppimisympäristöjen toimintatapaan hahmottaaksemme millaisia mahdollisuuksia toimintamallin kehittämiseksi on. Pyrimme tutustumisessa noudattamaan hyvin käytännönläheistä ja soveltavaa lähestymistapaa osallistamalla itse muun muassa Logistiikkaverstaan projektitapaamiseen ja ”Sydäntä projektille” -työpajaan opiskelijoiden mukana ideoiden ja tunnustellen ilmapiiriä.

Varikon toimintaympäristö rautatielogistiikan alalla asettaa hyvin erilaiset lähtökohdat Logistiikkaverstaan toimintaympäristöön verrattuna, mutta yhteistyö opiskelijoiden kanssa on monessa suhteessa hyvin samankaltaista, joten hyviä käytäntöjä on monestakin näkökulmasta järkevää jatkaa ja kehittää myös Varikon toimintaympäristöön sopiviksi. Logistiikkaverstaan toiminnan seuraaminen käytännössä antoi hyvän pohjan Varikon toimintamallin ja tarjonnan suunnitteluun. Tunnustelut ja yhteydenotot rautatiealan toimijoihin antoivat myös hyvin tietoa siitä, millaisia tarpeita ja ajatuksia työelämäyhteistyölle

alan toimijoilta nousee esille. Näiden huomioiden pohjalta Varikolle tehtiin ensimmäinen, nykyisinkin keskusteluissa pohjana toimiva kolmijakoinen tarjontamalli (kuva 1). Tarjottavat kokonaisuudet perustuvat työelämän tarpeisiin ja Varikon mahdollisuuksiin tuottaa oppimisympäristöjä, joissa eri tyyppiset ja eri kestoiset yhteistyöaiheet voidaan toteuttaa mahdollisimman sujuvasti ja osapuolia kehittäväällä tavalla.



Kuva 1. Varikon tarjontamalli (kuva: Varikko).

Varikon hankeajan tärkeimmäksi osa-alueeksi muodostui yhteistyön rakentaminen yritysten, opiskelijoiden ja Varikon välille. Lähtökohta Logistiikkaverstaaseen verrattuna on siinä suhteessa erilainen, että toimeksiannot pyritään saamaan rautatielogistiikan toimijoilta ja taasen toimeksiantojen sisältöjä haettiin niin, että niissä tarvitaan laaja-alaisesti ammatikorkeakouluopiskelijoiden osaamista. Yritysten osallistumista helpottamaan tarjosimme mahdollisuutta työpajojen ja tietoisuuksien järjestämiseen opiskelijoille, toiminnan tai yrityksen esittelyä opiskelijoille tai yhteistä kehittämisprojektia. Näiden eripituisen ajan vaativien ryhmien alle räätälöimme yrityksen tarpeen kautta sopivan kokonaisuuden toteutettavaksi. Tarjottavat kokonaisuudet jaettiin kolmeen isompaan ryhmään, joiden sisällä Varikolla on mahdollisuus tarjota erilaisia tuotteita ja toteutusmalleja yhteistyön tarpeisiin.

YRITYSYHTEISTYÖ KÄYNTIIN OPISKELIJAPROJEKTILLA

Ensimmäinen yhteistyö alkoi VR TRACK Oy:n koneliiketoiminnan palvelunkehittämisen näkökulmasta ja toteutustavaksi valittiin yhteistyöprojekti, johon rekrytoitiin monialaisia opiskelijoita hakumenettelyn avulla. Tämä toimintamalli on pitkälti muodostettu Logistiikkaverstaasta toimintatavasta ja siellä testatuista menetelmistä. Itse projektin toteuttamisessa Varikolla tehtiin projektin sisällä ohjaustyötä hieman eri metodeilla, kokeilla ja opiskelija-

projektia tukien. Oppimisympäristöinä käytettiin Xamkin kampusten tiloja, yhteisöllisen työskentelypaikan Viiraamon tiloja ja yrityksen omia tiloja. Viiraamo on yhteisöllinen työtila Kouvolan keskustassa, joka on tarkoitettu yrittäjille, opiskelijoille, kehittäjille ja kaikille niille, joiden työ on liikkuvaa ja projektiluontoista. Ohjaamisessa käytettiin hyvin paljon myös verkkoympäristöä. Tällaista erilaisten oppimisympäristöjen käyttämistä pidettiin niin opiskelijoiden kuin toimeksiantajankin näkökulmasta tehokkaana ja joustavana tapana tehdä yhteistyötä. Projektin tulokset luovutettiin toimeksiantajan edustajalle Viiraamon yhteisötilassa järjestetyssä finaalityöpajassa.



Kuva 2. Projektin työpajatoimintaa toimeksiantajan tiloissa (kuva: Varikko).

YHTEISTYÖN RAKENTAMINEN POIKI IDEAN REKRYTOINTISEMINAARILLE

Seuraava tilaisuus Varikon järjestämästä yritysyhteistyöstä konkretisoitui 20.2.2018 järjestetyssä Track Yourself -rekrytointiseminaarissa. Tämän tapahtuman järjestäminen lähti käyntiin usean yrityksen toiveesta päästä esittäytymään korkeakouluopiskelijoille ja kerrtoon rautatie- ja logistiikka-alan työvoiman tarpeesta ja myös keskustelemaan avoimena olevista työpaikoista yrityksissä. Tapahtumaan osallistui seitsemän toimijaa, joista kolme toimii logistiikan parissa, kaksi rautatieliikenteen kehittämisessä ja kaksi oli työvoiman välityspalvelua tarjoavaa toimijaa. Seminaari oli odotuksiin nähden todella onnistunut – kiitos nähtiin osallistujamäärissä ja kuultiin osallistuneiden yritysten palautteesta.

Track Yourself -seminaarissa alussa yrityksille tarjottiin mahdollisuus kertoa toiminnastaan ja siitä, millaista osaamista yrityksissä tarvitaan myös tulevaisuuden näkökulmasta. Esitysten jälkeen siirryimme Pajarakennuksen aulatiloihin verkostoitumaan. Yritykset keskustelivat omilla ständeillään opiskelijoiden kanssa työpaikoista, harjoittelupaikoista ja muista mahdollisuuksista ja verkostoituivat täten potentiaalisten työntekijöiden kanssa

face-to-face. Tapahtuman suosio yllätti positiivisesti. Ständeille oli usein pitkiäkin jonoja opiskelijoita odottamassa vuoroaan keskustelulle ja kiinnostuneita keskustelijoita riitti yli tapahtumalle varatun ajan. Myös yrityksiltä palautteena saatu viesti oli selkeä: tapahtumalle on tarvetta jatkossakin.



Kuva 3. Track Yourself -seminaarin osallistujia (kuva: Varikko).



Kuva 4. Track Yourself -seminaarin ständiaulan yleisöä (kuva: Varikko).

KOHTI VARIKON TAVOITTEITA

Oppimis-, innovaatio- ja tutkimuskeskuksen luomisen lisäksi Varikon tavoitteena on lisätä Kouvolan tunnettua rautatiekaupunkina ja korostaa sen TEN-T (Trans European Network -Transport) -statusta ainoana Euroopan liikenteen ydinverkon rautatie- ja maantieteterminaalipaikkakuntana Suomessa sekä toimia liikenteen monimuotoisuuden ja liikennemuotojen yhdistämisen lisäämiseksi RRT (Rail Road Terminal) ympäristössä.

Rautatie- ja maantieterminalihanke Kouvola RRT on Tehola–Kullasvaaran alueelle rakennettava eri kuljetusmuotoja yhdistävä intermodaaliterminaali, joka tarjoaa konttiliikenteelle kilpailukykyisen kuljetuskäytävän Aasiasta Pohjois-Eurooppaan rautateitse. Intermodaaliterminaalialueella tarjotaan kaikille avointa, yhdenvertaista ja syrjimätöntä palvelua.

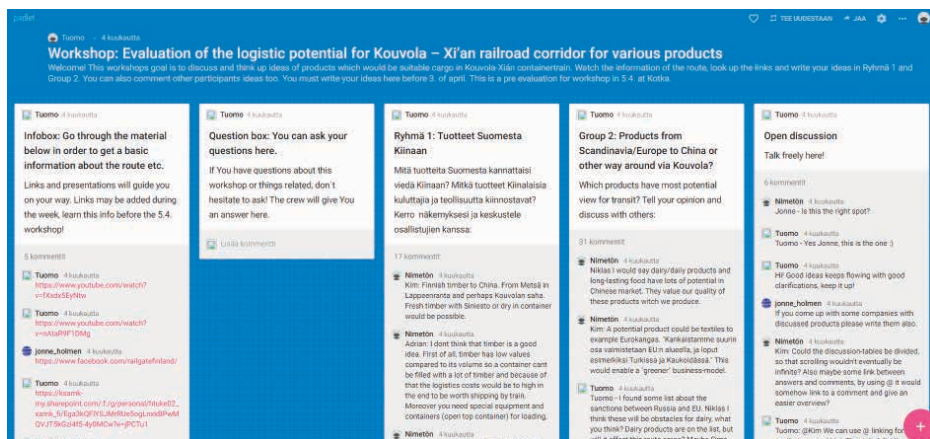
Kouvolan kaupunki panostaa vahvasti logistiikkaan ja sen mahdollisuuksiin tulevaisuudessa. Seuraava projektin painopiste olikin uusien tuotteiden ja tuoteryhmien potentiaalın selvittämien rautateitse välillä Kouvola–Xi’an.

KOKEILUA VERKKOTYÖPAJAN JA PROJEKTIN YHDISTÄMISESTÄ

Varikon yhteistyöprojekti aloitettiin Kouvola Innovation Oy:n ja Railgate Finlandin kanssa. Kouvola Innovation Oy eli Kinno on Kouvolan kaupungin omistama Kouvolan seudun elinkeinoyhtiö. Railgate Finland on Kouvolan ja Kiinan Xi’anin välillä avautunut kuljetuskäytävä. Uusi silkkitie Kouvolasta Kiinaan avautui liikenteelle marraskuussa 2017, kun ensimmäinen konttijuna lähti matkaan. Tällä hetkellä konttijunan lähdöt ovat noin kerran viikossa. Railgate Finland kilpailee laivaliikenteen kanssa muun muassa nopeudella. Tavarın kuljettaminen junalla Kouvolasta ja Xiániin vie aikaa 10–14 päivää, kun sama matka meritse veisi vähintään 45 päivää.

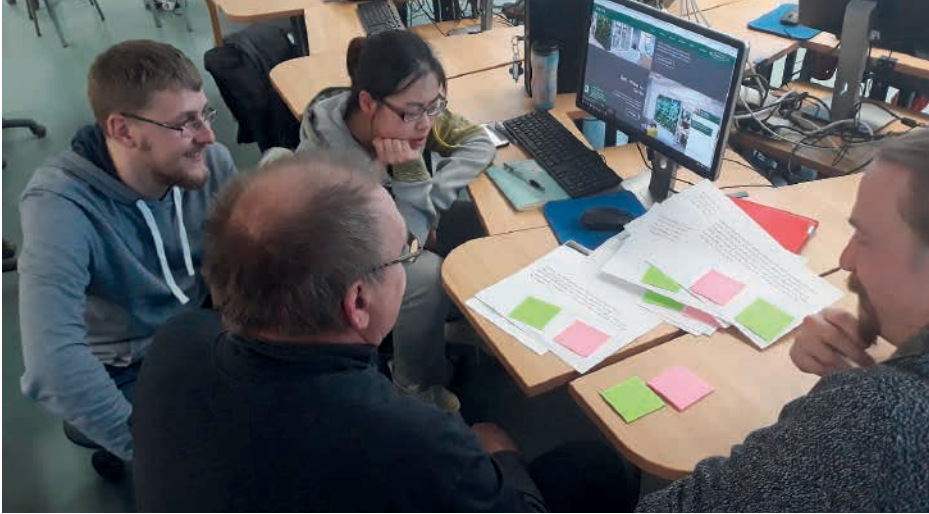
Projektin tavoitteena oli kartoittaa Suomen ja muiden pohjoismaiden tärkeimmät vienti- ja tuontituotteet Kiinaan sekä selvittää, mitkä tuoteryhmät soveltuisivat kuljetettavaksi rautateitse Aasiaan tai sieltä Pohjoismaihin ja edelleen Eurooppaan. Opiskelijat esittelivät tulokset TrackAsia -asiantuntijaseminaarissa 13.9.2018.

Projektin toteutukseen haluttiin mahdollisimman paljon ideoita ja näkemystä, joten aloitimme projektin yhteistyössä ”Planning of international supply chains” -kurssin opiskelijoiden kanssa. Projektin osana kokeiltiin ideoinnissa käyttää verkkotyöpajametodia, jonka Varikon voimin rakensimme Padlet-alustalle (kuva 5).



Kuva 5. Padlet-verkkotyöpaja innovoinnin tukena (kuva: Varikko).

Projektin seuraavassa vaiheessa verkkotyöpajan ideoinnin tulokset otettiin tarkasteltavaksi ja jatkoideoitavaksi Kotkan kampuksella järjestettyyn työpajaan. Työpajassa käytiin läpi ehdotettuja ideoita ja valikoitiin reitin kannalta eniten potentiaalia omaavat tuotteet ideatasolta jatkotutkittavaksi. Työpajaan osallistuneet edustivat useata eri kansallisuutta, ja sitä kautta saatiin näkemystä myös eri kulttuureista. Myös toimeksiantaja oli paikalla työpajassa, ja projektiin valittu tiimi sai paljon apua oman työnsä jatkolle.

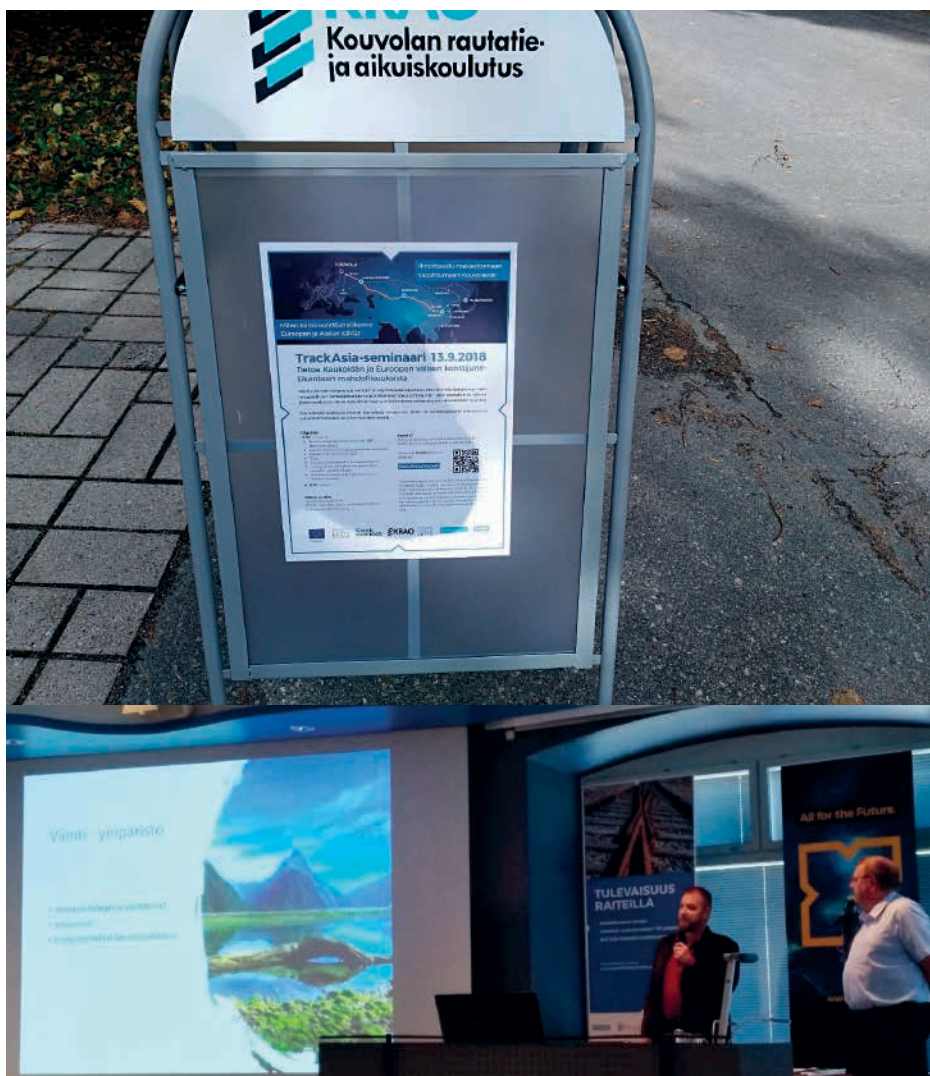


Kuva 6. Verkkotyöpajan tulosten purkua työpajassa (kuva: Varikko).

TOIMEKSIANNON TULOKSET ESILLE

Projektiin rekrytoitujen opiskelijatiimin työ sai arvoisensa huipennuksen 13.9.2018 järjestetyssä TrackAsia -seminaarissa, jossa tiimi pääsi esittelemään projektin tuloksia reitistä kiinnostuneelle kohderyhmälle. Varikko toimi TrackAsia -seminaarin järjestäjänä. Seminaarin kohderyhmänä olivat erityisesti vienti- ja tuontiyritykset, jotka voisivat laivakuljetusten sijaan käyttää joillekin kuljetuksilleen Kouvola–Kiina-välistä rautatiereittiä.

Seminaariin osallistuneista suurin osa oli huolinta- ja logistiikkatoimijoita sekä Kiinan-kauppaa käyviä yrityksiä. Lisäksi seminaariin osallistui opiskelijoita, opettajia ja muita aiheesta kiinnostuneita. Seminaarin ohjelma koostui asiantuntijapuheenvuoroista, joissa kuultiin muun muassa RRT-alueen kehittämissuunnitelmista, Railgate Finlandin ajankohtaisia kuulumisia, palveluista vienti- ja tuontiyrityksille, yritysten käyttökokemuksia konttijunan käytöstä, raideliikenneosaamisen ja logistiikan koulutuksesta Kaakkois-Suomessa sekä Xamkin TKI-toiminnasta. Varikon opiskelijaprojektitiimi esitteli tekemänsä selvityksen. Esitys oli hyvin onnistunut ja se sai seminaariyleisöltä paljon huomiota osakseen. Projektin tuloksena syntyi mielenkiintoinen ja asiapitoinen selvitys Kouvolan ja Kiinan Xián välisen junaliikenteen potentiaalista eri tuotteille.



Kuva 7. Opiskelijaryhmän esitys projektin tuloksista TrackAsia -seminaarissa (kuvat: Varikko).

Tämä projekti tuki erinomaisesti Varikon tavoitetta kehittää liikenteen monimuotoisuutta ja liikennemuotojen yhdistämisen lisäämistä RRT (Rail Road Terminal) -ympäristössä, sekä vahvistaa Kouvolan asemaa Euroopan pohjoisimpana TEN-T-verkoston kuuluvana rautatieliikenteen solmukohtana.

TIETOISKUJA JA YHTEISTYÖTÄ OPPILAITOSTEN KANSSA

Varikossa on kevään aikana kokeiltu myös useita tietoiskutoteutuksia, joista ensimmäisessä kävimme Kouvolan rautatie- ja aikuiskoulutus Oy:ssä (KRAO) tutustumassa rautatiealan simulaattorikoulutukseen Xamkin TKI-henkilöstön voimin. Lisäksi Varikko vei kansainvälisen opiskelijaryhmän sekä Kiinantuote-projektitiimin tutustumaan Kouvolan RRT-alueeseen sekä tutustutti osallistujat RRT-alueen kehittämissuunnitelmiin kevään 2018 aikana. Varikko järjesti myös tietoiskutyypin tutustumisvierailun Kouvolan ratatekniseen oppilaitokseen (ROK), joka on liikenneviraston omistama uutukainen oppimiskeskus Kouvolassa. Käynnille osallistui Xamkin TKI- ja opetushenkilöstöä sekä ammattikorkeakouluopiskelijoita.



Kuva 8. Tutustuminen RRT-alueeseen paikan päällä (kuva: Varikko).



Kuva 9. Tutkimusjohtaja Ville Henttu tutustumassa simulaattoriin KRAOilla eli Kouvolan rautatie- ja aikuiskoulutus Oy:ssä (kuva: Varikko).

LOGISTIIKAN JA RAUTATIEALAN TYÖPAIKKOJA SEKÄ KOULUTUSTA ESITTELEVÄ VIDEO

Varikolla tehdään yhteistyötä logistiikkaa ja rautatiealaa kouluttavien oppilaitosten kanssa. Tästä yhteistyöstä esimerkkinä on Varikolla tuotettu video Kouvolan logistiikka- ja rautatiealan koulutuksesta. Videon ajatuksena on tuoda esille alojen eri ammatteja ja niihin kouluttautumisen mahdollisuuksia Kouvolassa. Videosta tehtiin myös englanninkielinen versio. Video julkaistiin Xamkin YouTube-kanavalla nimellä ”Logistiikka- ja rautatiealan koulutus Kouvolassa”.

LEAN AJATTELUTAPA TUTUKSI JA HACKATHON-TAPAHTUMA

Varikon tavoitteena on myös Lean-menetelmien soveltaminen työpajojen ja kehitysprojektien tukena, johon kevään aikana hankimme koulutuksen Quality Knowhow Karjalaisen kurssilta ”LEAN Six Sigma Green Belt”. Kurssilta opittuja menetelmiä sovellettiin syksyn 2018 opiskelijaprojekteissa ja yrityksille tarjottavilla Lean-valmennuksilla, kuten LeanYourself-koulutuksessa. Lean-valmennuksia varten teimme verkko-oppimisympäristö Moodleen oppimateriaalia, jonka tarkoitus on johdattaa osallistujat Lean-ajatteluun ennen heille järjestettäviä työpajoja. Valmennukseen osallistui useita henkilöitä yrityksistä rautatiemaailmasta sekä muista yrityksistä ja vielä muutama henkilö Xamkin opetuksesta, TKI-toiminnasta ja opiskelijoista.

Yritysyhteistyön alkaminen antaa lisätukea Varikon innovaatioekosysteemin toimivuuteen. Yhteistyön avaaminen eri oppilaitosten, yritysten ja Varikon välillä tarvitsee kuitenkin laaja-alaisempaa kokeilua. Tätä yhteistyötä laajentaaksemme suunnittelimme marraskuulle ”Trackathon2018”-innovointitapahtuman yhteistyössä Liikenneviraston ratateknisen oppimiskeskukseen (ROK) ja rautatiealan koulutusta tarjoavien oppilaitosten sekä Xamkin Varikon kesken. Tähän työpajaan suunnittelemme ohjelman, johon myös Xamkin opiskelijat pääsevät osallistumaan. Toimeksiannon tavoitteena oli rikastaa ROK:n oppimisympäristöä opiskelijoiden ja kouluttajien tarpeen näkökulmasta.

HYVÄT KÄYTÄNTEET HYÖTYKÄYTTÖÖN JA OPPIMISYMPÄRISTÖT OSAKSI AMMATTIKORKEAKOULUJEN YDINTOIMINTAA

Yritysyhteistyö ja työelämälähtöiset opiskelijaprojektit tuottavat arvokasta oppia ja kokemusta opiskelijoille. Opiskeluaikana saavutettu aito työkokemus kasvattaa itseluottamusta, ja projektin aikana syntyneet verkostot helpottavat työllistymistä opintojen päätyttyä. Hyvin tehty työ ja projektin aikana syntynyt vaikutelma voivat poikia jatkoa työharjoittelupaikkana, opinnäytetyönä tai työpaikkana. Varikon projekteihin osallistujat ovat koostuneet

monialaisista opiskelijatiimeistä, joiden keskuudesta valittu projektipäällikkö on vastannut osaltaan projektin toteutumisesta ja seurannasta. Suurimmalta osaltaan itseohjautuvat tiimit ovat saaneet tukea ja työkaluja projektin toteutusta varten Varikon fasilitaattoreilta. Tätä kautta opiskelijat ovat saaneet arvokasta kokemusta projektityöstä, joka on tuttu työskentelymuoto monissa työyhteisöissä.

Kokemukset Xamkin Logistiikkaverstaan, Varikon ja Digiverstaan oppimisympäristöistä ovat olleet erinomaisia. Vaikka kaikki ovat toiminnaltaan poikenneet toisistaan, on kaikkia oppimisympäristöjä yhdistänyt yhtenäinen tavoite tuottaa ideoita ja ratkaisuja työelämän tarpeisiin opiskelijavoimin. Kuka kerää hedelmät yhteen koriin ja tuotteistaa oppimisympäristön eri aloja kehittäväksi palveluksi? Tämän tyyppinen toiminta olisi hyvä yhdistää osaksi ammattikorkeakoulun ydintoimintaa. Toiminnasta voisi tehdä osin kaupallistakin, jolloin ainakin osa kustannuksista saataisiin katettua ulkoisella rahoituksella. Tällaisia palveluja voisivat olla erilaisiin tapahtumiin, kuten rekrytointitapahtumiin osallistuminen, työpajat, koulutukset ja yhteistyöprojektit. Oppimisympäristöissä syntyneet palveluportfoliot, innovaatioekosysteemit ja toimintamallit olisi saavutettujen tulosten perusteella ajattelematonta heittää hukkaan.

TKI-toiminnan ja opetuksen välistä yhteistyötä on tarpeen kehittää jatkossakin. Nämä hankkeissa syntyneet oppimisympäristöt tukevat opetuksen ja tutkimustoiminnan integrointia; niiden kautta syntyy opintopisteitä, ja opettajat voivat samalla osallistua TKI-toimintaan. Opetuksen siirtyessä pois luokkahuoneista saadaan uutta näkemystä hyödyllisistä ja tehokkaista käytännöistä opetukseen.

PALVELUNA MATKA

Petri Kähärä, insinööri, projektipäällikkö

Viime vuoden Logistiikan ja merenkulun TKI-katsauksessa raideliikenteen tulevaisuutta käsittelevä teksti aloitettiin sanoilla ”liikenne on palvelu” (Märkälä, 2017). Tekstin mukaan palvelua kehitetään aktiivisesti ja perinteisiä raja-aitoja rikkoen. Mitä tämä liikenteen palvelu on ja mitä on sen aktiivinen raja-aitoja rikkova kehitys? Kuinka palvelu koetaan ja mitä uutta on tulossa? Muun muassa nämä ovat kysymyksiä, joihin etsitään vastauksia Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Xamkin ”Kotka–Kouvola-yhteysvälin kehittäminen” -hankkeessa.

JUNA PALVELUNA

Juna on palvelu, joka palvelee asiakasta viemällä hänet asemalta toiselle. Lisäksi pitkän matkan junissa on ravintolapalvelut – lähiliikenteen junissa ravintolapalveluita ei ole. Palvelu on tällä hetkellä siis melko suppea. VR, joka on tällä hetkellä raiteiden suurin matkapalveluiden tuottaja, haluaa palvella laajemmin ja kuljettaa asiakkaan ovelta ovelle. Tähän se ei pysty yksin, sillä raiteet eivät ulotu kaikkialle vaan asemalle saapumiseen ja asemalta poistumiseen tarvitaan kumppania. VR kehittää järjestelmiään, siten, että muun muassa lippujärjestelmän rajapintaan integroituminen on pian mahdollista. Tällöin kumppaneiden on mahdollista olla mukana tuottamassa matkustuspalvelua VR:n kanssa – raidepalvelu kasvaa ulos kiskoilta. (Hannukainen 2018.)

Kun kysytään junaliikenteen palvelua kuluttajilta – henkilöiltä, jotka eivät ole tekemisissä junaliikenteen kanssa ja jotka eivät siten ole perillä raiteilla olevista rooleista – saamme monipuolisempia kuvauksia junamatkailun palvelusta. Asiakkaan näkökulmasta pelkkä junassa matkustaminen ei ole koko palvelu. Junailuun liittyy vahvasti juna-asema ja sen oheispalvelut, kuten wc, kauppa, tavaroiden säilytystilat ja lämpimät odotustilat. Lisäksi junamatkustaja tarvitsee matkustaakseen selkeät opasteet saapuessaan asemalle, liikkuessaan asemalla sekä lähtiessään pois asemalta – viestintä junien saapumisista ja lähdöistä on jo lähes itsestäänselvyys, toimivasta lipun ostamisesta puhumattakaan. Näiden lisäksi junalla matkustamiseen liittyy myös muita palveluvaiheita, jotka ovat sidoksissa matkan tekoon.

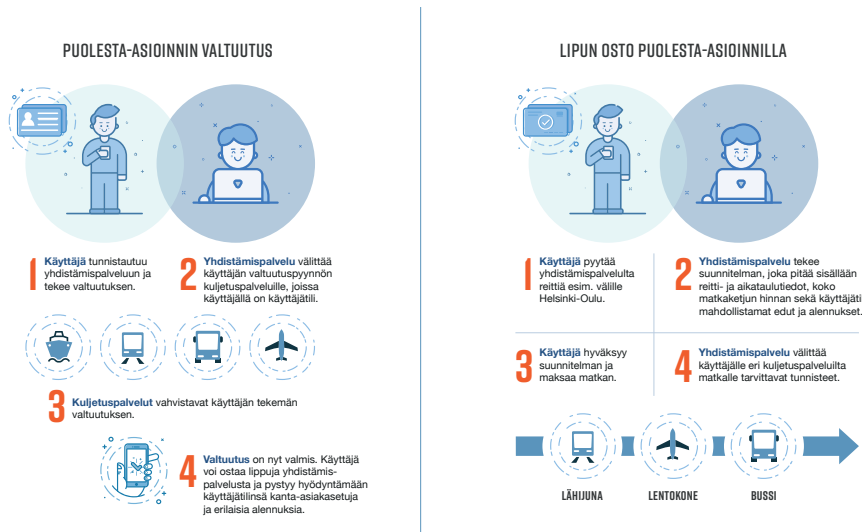
Yllä mainittuja palveluita ovat tuottamassa VR – kuljettamassa ja tarjoamalla lipun ostomahdollisuuden – Liikennevirasto raiteiden ja asemien infrastruktuurin ylläpitäjänä, kaupungit asemien hallinnoitsijoina. Lisäksi tarvitaan kauppiaita, siivoojia, vartijoita, takseja, busseja, internet-palvelun tarjoajia ja ravintoloitsijoita. Kuten huomaamme, käsitys raideliikenteeseen liittyvistä palveluista on itse raideliikennettä paljon laajempi.

HENKILÖRAIDELIIKENTEN UUDET KILPAILUASETELMAT

Kun asiakkaan odotukset junalla matkustamisen palveluista ovat näin moninaiset, kuinka palvelua voisi kehittää vastamaan vaatimuksia? Pelkästään jo liikumisen palvelu – matkustaminen paikasta A paikkaan B – sisältää jo tarpeeksi kehittämisen haasteita. Käyttäen junaa henkilö tosiasiassa matkustaa paikasta A (lähtöpaikka), paikkaan B (lähden juna-asema), josta siirtyy paikkaan C (saapumisen juna-asema) ja sieltä lopulliseen määränpäähänsä, paikkaan D. Vaiheet A–B sekä C–D ovat yksi tunnistettuja pullonkauloja matkustamisessa. Sekä saapuminen että poistuminen asemalta ovat junalla matkustamisen esteitä. Ne muodostavat niin sanotut ”first mile” ja ”last mile” -haasteet.

Näitä ongelmia ei voi ratkaista pelkästään yhden toimijan puolesta – tarvitaan siis yritysten välistä kommunikaatiota ja yhteistyötä. Asiakkaan palvelu yhdessä luo uutta arvoa. Kun jokainen palveluntarjoaja tuo oman osaamisensa ja tarjontansa yhteen muiden kanssa, kasvaa kokonaispalvelun arvo asiakkaalle (Vargo et. al. 2010). Koska matkustajalla on esimerkiksi pendelöidessään kodin ja työpaikan väliä käytössään vain rajatut vaihtoehdot matkan suorittamiseen, ja ne samalla kilpailevat keskenään sekä tukevat toisiaan, on voittava kulkumuoto se, joka sattuu olemaan vaivattomin, nopein tai halvin (Kivari & Helaakoski 2014). Kokenut pendelöijä osaa yhdistää yksittäisiä palveluntarjoajia, mikäli ne sattuvat täsmäämään tarpeeseen – uusi tai mistä tahansa asiasta tahansa turhautunut matkustaja ei välttämättä niin tee.

Kun puhutaan monien palveluiden tarjoamisesta yhdessä, puhutaan palvelujärjestelmästä. Se mahdollistaa toisen, ulkoisen järjestelmän palvelun parantumisen jakamalla tai yhdistämällä omat resurssinsa varsinaiseen palvelujärjestelmään. Palvelujärjestelmä paranee myös itse kykenemällä hyödyntämään ulkoisia palveluntarjoajia omaksi edukseen – järjestelmien integraatio kasvattaa järjestelmien luomaa kokonaisarvoa. Palvelujärjestelmä tuottaa vastavuoroista arvoa kaikille palvelujärjestelmään osallistuville sekä sen ylläpitäjälle. (Spohrer et. al. 2008.)



Kuva 1. Kuljetusten yhdistämispalveluun liittyminen sekä lipun osto palvelusta. (kuva: Viestintävirasto 2018)

Yllä olevassa kuvassa on havainnollistettu Viestintäministeriön (2018) Lippu-hankkeessa tehtävän pilotin periaatetta yhdestä matkapalvelusta. Palvelussa on avoin rajapinta, johon palveluntarjoaja voi liittyä ja saada oman palvelunsa mukaan asiakkaan saataville muiden palveluntarjoajien kanssa yhdessä. Asiakkaan etu on yhdestä paikasta saatava matkustuspalvelu, jossa on mukana kaikki hänen reitillään tarvitsemat liikennevälineet. Hänen ei tarvitse enää käyttää montaa palvelua ja etsiä yhteensopivia kuljetusmuotoja, vaan junat, bussit, taksit, kaupunkipyörät yms. muodostavat yhteisen tarjooman – tässä on kyse matkaketjusta.

Matkaketju tulee olemaan yksi liikenteen raja-aitoja kaatava teknologia, joka helpottaa asiakkaan matkustuspalveluiden kuluttamista sekä hyödyttää palveluntarjoajia. Palveluntarjoajien liittoutuminen edistää liiketoimintaa siten, että asiakas todennäköisimmin valitsee helpoimman (ja silti kohtuuhintaisen) palvelun mieluummin kuin näkee vaivaa palveluiden etsimiseen ja yhdistämiseen – yhteispalvelussa mukana olevat palveluntarjoajat saavat suurimman asiakasvirran ja jakavat tulot.

Suomessa tällä hetkellä eri liikennemuotojen saumatonta palvelua tarjoaa vain pääkaupunkiseudun liikenne, jossa voi matkustaa yhdellä lipulla sekä raitiovaunussa, bussissa, metrossa että VR:n lähijunissa ja lautoilla (HSL 2018). Pilotteja matkaketjuista on VR:llä tällä hetkellä Tampereella ja Turussa (Hannukainen 2018). Pääkaupunkiseudun etu matkaketjujen kehittämisessä on suuri käyttäjävolyymi ja lyhyet etäisyydet – lähiliikenteessä riittää käyttäjiä. Tilanne on hankalampi esimerkiksi Kotka–Kouvola-välillä, jossa volyyymiä on murto-osa pääkaupunkiseutuun verrattuna ja matkaketjun pituus on pelkästään keskustasta toiseen noin 50 kilometriä. Pidemmät matkaketjut ja pienemmät volyymit tarvitsevat optimaalista dataa tarkimman mahdollisen kysynnän saamiseksi liikkeelle.

MATKUSTAMISEN UUDET MAHDOLLISUUDET JA LISÄÄNTYVÄ POTENTIAALI

Kotka–Kouvola-hankkeessa pyritään löytämään mm. optimaalisin aikataulu joukkoliikenteelle, jotta sitä voitaisiin käyttää tehokkaammin. Junavuoro on jo tällä hetkellä nopeampi kuin bussi ja häviää oman auton käytölle nopeudessa, kustannuksissa sekä vaivattomuudessa vain ”first mile/last mile” -tilanteessa. Kotka-Kouvola -yhteysvälin kehittäminen on monella tapaa ajankohtaisempaa juuri nyt kuin koskaan aiemmin. Tähän vaikuttaa kolme merkittävää asiaa. 1) Yhteysväli ollaan avaamassa kilpailulle, ja vuonna 2022 yhteysväliä ajaa kilpailun voittanut palveluntarjoaja (Piipponen 2018). Käyttäjämääriä halutaan kasvattaa, jotta se houkuttelisi uutta palveluntarjoajaa panostamaan yhteysväliin myös jatkossa. 2) Sekä Kotka että Kouvola ovat muutoksen alla. Suuret rakennushankkeet tulevat mahdollisesti avaamaan uusia työpaikkoja, mikä voi lisätä yhteysvälin potentiaalista käyttäjämäärää. Työssäkäynti Kotkassa Kantasatamaan suunnitellussa outletissa tai hotellissa, Xamkin kampuksella, sairaalassa tai Kymiringillä ei onnistu nykyisillä joukkoliikenteen aikatauluilla. 3) Kymenlaaksossa kokeiltiin tänä kesänä ensimmäistä kertaa kaupunkipyöriä. Pilotti onnistui ja pyörät tulevat näkyväksi myös tulevaisuudessa – tämä tuo helpotusta matkaketjun ”first-mile/last-mile” -ongelmaan. VR:n kehitystyö lippujärjestelmänsä kanssa mahdollistaa palvelualustan todellisille matkaketjuille – ainakin nykyisen sopimuksen ajan. Samaan aikaan myös muut palveluntarjoajat ovat kehittäneet järjestelmiään ja siksi järjestelmien integraatiot ovat lähempänä kuin koskaan (Kymenlaakson taksi 2018).

Kotka–Kouvola-yhteysvälin kehittäminen -hanke on rahoitettu Kymenlaakson liiton AI-KO-rahoituksella. Hanke toteutetaan 1.9.2018–30.4.2019. Sen lisäksi, että hankkeessa selvitetään yhteysvälin käytettävyyttä ja palvelutasoa tarjoten myös parannusehdotukset, niin hankkeen aikana suoritetaan myös pilotti ja markkinointitempaus. Pilotilla halutaan simuloida matkaketjun toimivuutta Kymenlaaksossa ja markkinointitempauksella lisätä tietoisuutta yhteysvälin olemassaolosta – aikatauluista, pysäkeistä sekä hinnoittelusta. Kaikki toimet tähtäävät kestävästi liikkuemisen edistämiseen.

LÄHTEET

Hannukainen, J., 2018. Haastattelut. 18.9.2018, VR Group Oy, Iso Paja sekä puhelinhaastattelu 18.10.2018.

HSL, 2018. HSL Lyhyesti. Www-artikkeli. Saatavilla: <https://www.hsl.fi/hsl-kuntayhtyma> [viitattu: 29.10.2018]

Kivari, M. & Helaakoski R., 2014. Kaakkois-Suomen liikennestrategia 2035. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 86:2014. Saatavilla: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/100949/Raportteja_86_2014.pdf?sequence=2 [viitattu: 31.10.2018]

Kymenlaakson taksi, 2018. Taksi Kymenlaakso – sovellus nyt Appstoresta ja Google Play-kaupasta. Kymenlaakson Taksi. Tiedote. Saatavilla: <https://www.kymenlaaksontaksi.fi/uutiset/taksi-kymenlaakso-sovellus-nyt-appstoresta-ja-google-play-kaupasta> [viitattu: 31.10.2018]

Märkälä, M., 2017. Tulevaisuus raiteilla. Teoksessa Halonen, J., Potinkara, P., (toim.) Turvallisesti, tehokkaasti, asiantuntevasti – Katsaus logistiikan ja merenkulun kehityshankkeisiin. Kotka: Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu, 13. Saatavilla: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/137279/XAMK_kehittaa_23_netti_04122017.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu: 23.10.2018]

Piipponen M., 2018. Kotkan seudun joukkoliikenteen vuosiraportti 2017. Ramboll. Vuosiraportti 2017. Saatavilla: http://www.kotka.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/kotka/embeds/kotkawwwstructure/31009_Vuosiraportti2017_Kotka_2018-02-21_.pdf [viitattu: 31.10.2018]

Spohrer, J., Vargo, S., Caswell, N., & Maglio, P. 2008. The service system is the basic abstraction of service science. 41st Annual HICSS Conference Proceedings, Honolulu, Hawaii. Saatavilla: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cc.lut.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4438807> [viitattu: 29.10.2018]

Vargo, S. L. & Lusch, R. F. 2010. It's all B2B ... and beyond: Toward a systems perspective of the market. *Industrial Marketing Management* 40, 184. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850110001082> [viitattu 29.10.2018]

Viestintävirasto, 2018. Liikkumispalvelujen rajapinnat avautuvat: Yhdellä sovelluksella koko matkaketju. Ajankohtaista – 2018. Www-artikkeli. Saatavilla: <https://www.viestintavirasto.fi/viestintavirasto/ajankohtaista/2018/liikkumispalvelujenrajapinnatavautuvatyhdellasovelluksellakokomatkaketju.html> [viitattu: 29.10.2018]

RAIDELIIKENTEN OSAAJAT, AMMATTIKORKEAKOULUTASOISTA RAUTATIELOGISTIIKAN KOULUTUSTA VERKOSSA

Tiina Poikolainen, DI, tutkimuspäällikkö, rautatielogistiikka

Vuonna 2016 Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa tehtiin Rautatieosaajat-esiselvitys ammattikorkeakoulutasoisen koulutuksen tarpeellisuudesta Kouvolan kaupungin toimeksiannosta. Esiselvityksessä tehdyissä haastatteluissa kiinnitettiin erityisesti huomiota koulutusmallin painottumiseen operatiivisen osaamisen suuntaan. Rautatiealan koulutusta tarjottiin viidessä alan oppilaitoksessa. Jotta oppilaitokset voivat antaa rautatiealan liikenneturvallisuuskoulutusta, tulee sekä oppilaitoksilla että niiden tarjoamalla koulutusohjelmilla olla Trafinit antama hyväksyntä. Ammattikorkeakoulutasoista rautatielogistiikan koulutusta ei vuonna 2016 ollut saatavissa. (Rautatieosaajat 2016.)

Esiselvitykseen liittyvissä haastatteluissa nähtiin, että operatiivispainotteinen koulutusmalli tuottaa osajia ainoastaan kansallisiin tarpeisiin. Suunniteltavan koulutuksen tähtäimenä tulisi olla kansainvälisen liiketoiminnan osaamisen laajentaminen. Koulutuksen suunnittelussa tulisi lähtökohtaisesti miettiä, millaista osaamista tarvitaan, jotta menestyttään kansainvälisessä kilpailussa. Esiselvityksen tuloksena nähtiin, että koulutus tulisi suunnitella kiinteässä yhteistyössä yritysten kanssa. Koulutuksen tulisi olla joustavaa ja sen pitäisi pystyä sopeutumaan nopeasti muuttuviin elinkeinoelämän tarpeisiin. Tällä hetkellä korkeakouluopintoihin hakeutuvat eivät saa riittävästi tietoa mahdollisuuksista suuntautua eri logistiikan alojen erityistehtäviin, vaan opetus on yleisluontoista. Logistiikan koulutuksen sektorilla olisi kysyntää erikoistumiskoulutuksiin, joihin eri oppilaitokset voisivat erikoistua. (Rautatieosaajat 2016.)

Esiselvityksen perusteella vaikutti siltä, että rautatiealan korkeakoulutasoiselle erikoistumiskoulutukselle olisi kysyntää. Koulutuksen kehittämiseksi voisi avata laajempaa keskustelua logistiikan koulutuksen kokonaisvaltaisesta tarkastelusta ja sen vastaavuudesta yritysmaailman kehittyviin tarpeisiin digitalisaation, automatiikan ja älylogistiikan tullessa voimakkaasti alalle. (Rautatieosaajat 2016.)

RAIDELIIKENTEN OSAAJAT- HANKKEEN VASTAAMINEN KEHITYSTARPEeseen JA TAVOITTEIDEN TOTEUTUMINEN

Raideliikenteen osajat -hankkeessa (1.4.2017–31.8.2018) suunniteltiin ja toteutettiin rautatielogistiikan korkeakoulutasoinen täydennyskoulutuskokonaisuus, jota pilotoitiin yritysedustajille suunnatussa koulutuksessa. Kurssi ei valmista tutkintoon tai anna kurssin kävijälle pätevyymistä esimerkiksi liikenneturvallisuustehtävissä työskentelyyn eikä sille haeta Trafín hyväksyntää. Se ei siis kilpaile alalla jo olevien oppilaitosten kanssa.

Kurssi on toteutettu videoluentoina, jotka on koottu Moodle-oppimisolustalle. Luennot on suunniteltu ja toteutettu yhdessä viranomaisten ja yritysten kanssa, jotta saatavilla olisi alan uusinta tietoa. Pilotikoulutukseen kuului kaksi seminaaripäivää, joihin saatiin vierailijaluennoitsijoita rautatiekuljetuksia käyttävistä yrityksistä (UPM ja NESTE) sekä palautetyöpaja, jonka perusteella kurssin sisältöä kehitettiin. Lisäksi hankkeessa järjestettiin kaikille avoin seminaaripäivä ”Potkua logistiikan ja vientikaupan käytäntöihin”.

Koulutuksen sisällön runko suunniteltiin yhdessä rautatielogistiikan TKI-tiimin ja logistiikan opetuksen kanssa. Alustava runko esiteltiin hankkeen ohjausryhmässä sekä esiselvitykseen osallistuneiden yritysten edustajille sekä esimerkiksi Trafín ja Liikenneviraston edustajille. Koulutuksen sisällönsuunnittelussa otettiin huomioon esiselvityksessä esiin nousseet aiheet sekä yritysten ja viranomaisten esiin tuomat aiheet, jotta kokonaisuudesta saatiin mahdollisimman kattava tietopaketti.

Kurssin osallistuja saa käsityksen rautatiealan toimijoista ja viranomaisista (LVM, Trafi, Liikennevirasto ja Finrail) sekä toimintaa säätelevistä laeista ja normeista sekä tarvittavista luvista. Osallistuja ymmärtää, mitkä ovat rautatieliikenteen harjoittamisen edellytykset sekä miten junaliikennettä ohjataan, valvotaan ja mikä rooli eri toimijoilla on sujuvan ja turvallisen liikenteen mahdollistamiseksi. Osallistuja ymmärtää rautatiekuljetukset osana logistista kuljetusketjua sekä miten rautatiet sijoittuvat maantieteellisesti suhteessa esimerkiksi satamiin. Kurssilla käsitellään rautatiekuljetuksia myös asiakasyritysten näkökulmasta sekä tutustutaan lyhyesti mm. sopimusten hallintaan. Lisäksi kansainvälisen kaupan näkökulmasta kurssilla on laaja osuus EU:n sisä- ja ulkokaupan käytänteistä sekä Kiinan suuntautuvasta viennistä ja tuonnista sekä Kiinan rautatieliikenteestä.

Sisällöllisesti kurssista tuli laaja kokonaisuus, eikä vastaavaa ole tarjolla missään oppilaitoksessa tai yksityisillä koulutuksen tarjoajilla yhtenä tiiviinä pakettina. Näin laajan koulutuspaketin kokoaminen käyttäen asiantuntijaluennoitsijoita mahdollistaa uusimman tiedon saamisen koulutuksen käyttöön.

Pilottikoulutuksen osallistajat arvioivat sekä kurssin sisältöä ja toteutusta, mutta myös omaa osaamistaan aihealueista ennen kurssin suorittamista ja osaamisen kehittymistä kurssin suoritettuaan. Kaikki osallistajat haastateltiin ennen kurssille osallistumista. He myös antoivat kirjallisen palautteen jokaisesta kurssin moduulista. Toisen lähipäivän loppuun pidettiin palautetyöpaja, jossa keskusteltiin pienryhmissä omasta kehittymisestä kurssin aikana sekä arvioitiin toteutusta sekä kehityskohteita. Pilottikurssilaiset pitivät verkkokurssia hyvänä tapana opiskella työn ohessa, ja kahta lähipäivää pidettiin sopivana määränä. Videotallenteet tukivat kurssilaisten mielestä hyvin oppimista. Lähes kaikki pilottikurssin osallistujista kertoivat voivansa hyödyntää luentojen antamia tietoja työssään sekä osaamisensa aihealueista kasvaneen kurssin suoritettuaan.

Kurssi on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Xamkin avoimen AMK:n tarjonnassa vuonna 2019.

LÄHTEET

Rautatieosaajat 2016, Kymenlaakson ammattikorkeakoulun selvitys, Mervi Nurminen.

SUOMI-KIINA-RAID EKULJETUS- KÄYTÄVÄN KEHITYS JA NYKYTILA

Ville Henttu, tekniikan tohtori, tutkimusjohtaja & Simo Päivinen,
kehittämispäällikkö, Kouvola Innovation Oy

Kiinan ja Suomen välillä aloitti tuore rahtijunayhteys vuoden 2017 marraskuussa. Yhteyden takana on monia organisaatioita, mutta eniten yhteyden eteen ovat tehneet töitä Kouvolan kaupungin omistama kehitysyhtiö Kouvola Innovation Oy sekä Kouvolan kaupunki. Junayhteyden päätepieste Suomessa on Kouvola ja Kiinassa Xi'an. Suunnittelua ja valmistelua tehtiin pitkään ennen kuin itse yhteys alkoi konkreettisesti toimia eli ennen kuin ensimmäiset kontit saatiin kuljetettua raiteita pitkin Suomesta Kiinaan ja takaisin.

Tämä ei kuitenkaan ole ensimmäinen vastaava yhteys Suomen ja Aasian välillä. Suomen ja Idän välillä on ollut parhaimmillaan noin 124 000 TEU (20 jalan merikontti) vuosittainen liikennemäärä TSR-reitillä (Trans-Siberian Railway), joka kulkee koko Venäjän läpi. Suuri osa tästä liikenteestä oli Etelä-Koreasta lähetettyä transitoa, joka kuljetettiin rautateitse Suomeen, mistä rahti kuljetettiin takaisin Venäjälle, kun se oli ensin tullattu Suomessa. Huippuvuodet olivat 2003–2005, jolloin vuosittainen konttimäärä oli välillä 100 000–124 000 TEU. (Tsui 2007 ja VR-Yhtymä 2005.)

ESITYÖT ENNEN KULJETUSKÄYTÄVÄN KÄYNNISTYSTÄ

Junayhteyden konkreettinen kehittäminen aloitettiin vuoden 2013 aikana. Käytännössä työt aloitettiin selvittämällä, olisiko yrityksillä tarvetta meriyhteyttä nopeammalle, mutta kalliimmalle raiderahtiyhteydelle Kouvolan ja Idän välillä. Alussa myös kartoitettiin sopivia kohteita, joista Kiina valikoitui parhaaksi vaihtoehdoksi. Alkuselytysten perusteella yrityksillä on eniten kysyntää tälle reitille, koska niillä on eniten vientiä Kiinan suuntaan. Kiinasta löytyy hyvin myös tuontia takaisin Suomeen. Koska kyseessä on konttijuna, tarvitaan molempiin suuntiin sekä kontteja että sopivia vaunuja. Tästä johtuen optimaalinen kuljetuskäytävä on molempiin suuntiin balanssissa, eli rahtia löytyy yhtä paljon molempiin suuntiin. Tyhjen vaunujen sekä konttien kuljettaminen ei koskaan ole kannattavaa. Useamman maan läpikulkevan rahtikäytävän etuna on myös se, että junayhteyden merkitys ei ole ainoastaan kahden maan varassa. Tämä kuljetuskäytävä yhdistää neljä valtiota (Suomi, Venäjä, Kazakstan sekä Kiina), minkä vuoksi yhteys on kestävämmällä pohjalla tulevaisuuden kannalta. Usean valtion haittana voidaan pitää sitä, että rajanylityksiä on enemmän, minkä takia tulliselvitysten ym. muiden muodollisuuksien määrä lisääntyy. (Kouvola Sanomat 2016a ja 2016b, MTV 2017a.)

Työtä jatkettiin kontaktoimalla viranomaisia sekä yrityksiä alustavan reitin varrelta (Kouvola, Suomi; Kaluga, Venäjä; Khorgos, Kazakstan; Zhengzhou ja Xi'an, Kiina). Kun keskustelut olivat edenneet tarpeeksi pitkälle, kohdekaupunkien sekä -maiden kanssa allekirjoitettiin aiesopimukset, jotka olivat pohjana kuljetuskäytävän jatkokehitykselle. Valmistelut edellyttivät merkittävän määrän matkoja kaikkiin kohdevaltioihin.

Lopulta ensimmäisen kuljetuskäytävän itäiseksi päätepisteeksi valikoitua Xi'anin kaupunki Shaanxin provinssista, joka sijaitsee Keski-Kiinassa reilun tuhannen kilometrin päässä rannikosta. Toisena vaihtoehtona oli pitkään Zhengzhou, jonne on myös hyvät suhteet olemassa, eli rahtijunayhteys voidaan tarpeen tullen aloittaa myös Kouvolan ja Zhengzhou'n välillä. Kuvassa 1 on esitetty kolme kansainvälistä rautatiekuljetuskäytävää Suomen ja Aasian välillä. Tämän hetkinen kuljetuskäytävä on esitelty kuvassa 2.

Reitti	Pituus (km)	Läpimenoaika	Päämarkkinat
Trans-Siperian reitti (TSR) Nadhodkaan tai Vladivostokiin Venäjälle	9960 km	21 päivää	- Japani - Etelä-Korea - Pohjois-Kiina
TSR-reitin sekä Kazakstanin reitin yhdistelmä Xi'aniin Kiinaan	8473 km	12-16 päivää	- Länsi-Kiina - Keski-Kiina - Itä-Kiina
TSR-reitin ja Mongolian reitin yhdistelmä Tianjiniin Kiinaan	8417 km	16 päivää	- Pohjois-Kiina - Luoteis-Kiina

Kuva 1. Kolme vaihtoehtoista reittiä rautatiekuljetuskäytävälle Suomen ja Aasian välillä (Hilmola ym. 2018).

Kouvolan ja Xi'anin reitti on selvästi nopein taulukossa esitetyistä vaihtoehtoisista reiteistä. Xi'an on sopiva päätepiste niille yrityksille, joiden kohde on Keski-, Pohjois- tai Luoteis-Kiinassa. Tätä kautta on mahdollista kuljettaa rahtia myös rannikolle, mutta satamien kanssa on mahdotonta kilpailla, jos hinta on ratkaisevin tekijä.



Kuva 2. Suomen ja Kiinan välinen rautatiekuljetuskäytävä (lupa kuvan käyttöön saatu Kouvola Innovationilta).

Vuoden 2017 kesäkuussa Kouvolaan perustettiin Unytrade-yritys, joka on KTZ Express JSC:n tytäryhtiö. KTZ Express JSC on Kazakstanin valtion omistama rahtikuljetuksiin erikoistunut yritys, ja se vastaa koko kuljetuskäytävän operoinnista ja hallinnoinnista. Unytraden tehtävänä on vastata rahtijunan Suomen toiminnoista (mm. markkinoinnista ja myynnistä), minkä lisäksi se toimii yhteyspisteenä Pohjoismaisille asiakkaille. Operatiivista toimintaa (esim. konttien nostoista ja junan järjestelystä) hoitaa Kouvola Cargo Handling (KCH), joka sijaitsee Kouvolan konttiterminalin välittömässä läheisyydessä. Kiinassa KTZ Expressin partnerina toimii Xi'an International Port Multimodal Transportation Co., Ltd. (Kouvolan Sanomat 2017a ja 2017b)

Kouvolan ja Aasian väliselle kuljetuskäytävälle löytyy Euroopasta useita kilpailijoita, joiden läntisen päätepiisteet ovat esim. Saksassa. Pohjoisen reitin etuja ovat mm:

- Kouvola on toiminut vastaavassa liikenteessä aiemminkin, eli paikallista kokemusta kansainvälisestä rautatiekuljetuksesta löytyy alueelta.
- Suomen ja Venäjän raideverkostolla voidaan käyttää samaa kalustoa raideleveysien tarpeeksi pienen eron takia. Suomen raideleveys on 1524 mm, ja Venäjällä 1520 mm. Tästä johtuen Suomen ja Kiinan välillä tapahtuu vain yksi kalustonvaihto raideleveyden muutosten takia, kun taas Keski-Euroopan ja Kiinan välillä muutoksia on kaksi. Suomen ja Kiinan välinen reitti on siis sekä kustannustehokkaampi että läpimenoajaltaan nopeampi.
- Kuljetuskäytävä Suomesta Kiinaan ohittaa ruuhkautuneet Keski- tai Itä-Euroopan alueet. Esimerkiksi Valko-Venäjän Brestin nykyinen kapasiteetti on lähes kokonaan käytetty.
- Rautatiekuljetuskäytävä on merirahtiin verrattuna läpimenoajaltaan nopeampi. Suomen ja Kiinan väli kestää rautateitse noin pari viikkoa, kun taas merikuljetus kestää reilusti yli kuukauden, minkä päälle tulee ottaa huomioon myös kuljetukset satamaan ja satamasta edelleen rahdin vastaanottajalle.
- Rautatiekuljetusten hintataso on huomattavasti alhaisempi kuin lentorahdin, mutta hieman korkeampi kuin merirahdin.

KULJETUSKÄYTÄVÄN NYKYTILA – ENSIMMÄINEN RAHTIJUNA LÄHTI MATKAAN MARRASKUUSSA 2017

Kuljetuskäytävä on ollut toiminnassa vuoden 2017 marraskuusta lähtien. Vuoden 2017 aikana juna lähti noin kerran kuukaudessa Suomesta Kiinaan ja Kiinasta Suomeen (Kuvassa 3 valokuva ensimmäisestä junasta, joka on juuri lähtenyt liikkeelle Kouvolan ratapihalta). Vuoden 2018 alusta maaliskuun loppuun juna lähti noin kaksi kertaa kuukaudessa molempiin suuntiin. Tämän jälkeen kuljetuskäytävällä on kulkenut rahtijunia viikon tai kahden viikon välein riippuen esimerkiksi asiakkaiden aikatauluista. 40 jalan kontteja (FEU) on yhdessä rahtijunassa ollut noin 40 (1 FEU = 2 TEU).

Konttivaunut lastataan Kouvolan nykyisellä konttiterminalilla, joka sijaitsee Teho-Kullasvaarassa Valtatie 15:n länsipuolella. Terminaalin vuosittainen käsittelykapasiteetti on arvion mukaan noin 50 000 konttia. Tämä riittää hyvin tällä hetkellä, koska junia on noin yksi per viikko molempiin suuntiin. Jos määrä lisääntyy useampaan kuin yhteen junaan per päivä, alkaa kapasiteetti olla täysin käytetty. Tämä johtuu useasta syystä. Yhteydet terminaaliin ovat huonot. Junan täytyy kulkea ylämäkeä ennen terminaali-alueelle saapumista. Ylämäki on myös loivasti sivulle kaartava, eli vauhti ei voi olla suuri. Painavampi juna on siis pilkkottava osiin, koska muuten se ei välttämättä pääse nousemaan koko ylämäkeä. Terminaalin pistoraiteet ovat korkeintaan 545 metriä pitkiä, eli kokopitkää 800 metrin tai 1100 metrin juna ei voi käsitellä kerrallaan, vaan junat on yhdisteltävä muualla. Edellä mainitut tekijät hidastavat rahtijunien käsittelyä. Lisäksi myös kustannustehokkuus kärsii, eli junien käsittely on myös kalliimpaa ylimääräisten prosessien takia. Kouvolaan onkin tästä johtuen suunnitteilla kokonaan uusi intermodaalinen terminaali, jonka kapasiteetti olisi huomattavasti suurempi (Kouvolan sanomat, 2018a).



Kuva 3. Ensimmäinen konttijuna juuri lähdössä Kouvolasta vuoden 2017 marraskuussa.

Tällä hetkellä Kouvolan ja Xi'anin välisellä kuljetuskäytävällä voi kuljettaa rahtia ainoastaan Suomesta Kiinaan ja Kiinasta Suomeen. Väliastaukset kauttakulkumaissa ei tällä hetkellä ole mahdollisia. Perimmäisenä syynä tähän on Kiinan OBOR-hanke (One Belt One Road), joka subventoi osan kansainvälisten kuljetusten kustannuksista (Forbes 2017). Tähän on tulossa muutos, koska syksyllä 2018 on tehty sopimus uudesta kuljetuskäytävästä Suomen ja Kazakstanin välillä, mikä mahdollistaa rahtin kuljetuksen Suomen ja Kazakstanin välillä. Sama kehitys saattaa tuoda myös Venäjän sopivaksi kohdemaaksi. Kuljetuskäytävän läntisessä päässä on lisäksi lisätty yhteistyön määrää muiden Pohjoismaiden kanssa. Mm. Narvikin ja Haaparannan kanssa on sovittu yhteistyöstä, ja nämä kaupungit yhdistyvät kuljetuskäytävään. Lisäksi myös Joensuun sekä Tornion kanssa on käyty keskusteluja yhteistyön tiivistämisestä. Sidosryhmillä on myös vahva tuntuma siitä, että liikennemäärät ovat kaiken aikaa kasvussa, ja päivittäinen junayhteys on täysin mahdollinen vuonna 2019 tai 2020. (Kouvolan Sanomat 2018b ja 2018c)

LÄHTEET

Forbes. 2018. The New Eurasian Land Bridge Linking China And Europe Makes No Economic Sense, So Why Build It? Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/salvatorebabones/2017/12/28/the-new-urasian-land-bridge-linking-china-and-europe-makes-no-economic-sense-so-why-build-it/#2bb3e0475c9c> [viitattu 30.10.2018].

Hilmola, O.-P., Henttu, V., Panova, Y. 2018. Development of Asian Landbridge from Finland: Current State and Future Prospects. Proceedings of Cambridge International Manufacturing Symposium. 27 and 28 of September 2018.

Kouvolan Sanomat. 2016a. Junayhteys Kouvolasta Kiinaan nytkähti eteenpäin — ensimmäinen koejuna ehkä alkuvuonna. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/8b6a5519-586d-4931-acb9-c371447f300a> [viitattu 30.10.2018].

Kouvolan Sanomat. 2016b. Kouvolasta Silkkitietä Kiinaan: yhteys tuo onnistuessaan konttiterminaalin ja uutta teollisuutta. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/fb694d44-488a-4db6-a50d-7e6a82c3891a> [viitattu 29.10.2018].

Kouvolan Sanomat. 2017a. Junayhteys Kouvolasta Kiinaan odottaa vielä Kiinan valtion tukea - koejuna lähtee syksyllä. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/6d95b276-6415-4239-841b-b9a8c83a7061> [viitattu 30.10.2018].

Kouvolan Sanomat. 2017b. Kouvola Cargo Handlingille enemmän vastuuta Kiina-yhteyden myynnistä ja markkinoinnista. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/2f6604d6-82a9-4057-885a-2ecd39f9cff6> [viitattu 28.10.2018].

Kouvolan Sanomat. 2018a. Kouvolan RRT-hankkeelle lisää vauhtia — Kaupunginhallitus esittää valtuustolle sitoutumista hankkeen rahoitukseen. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/ed3a4a07-78f5-4889-ac96-9e0aa5f57ecb> [viitattu 30.10.2018].

Kouvola Sanomat. 2018b. Kouvola vetää neljän kaupungin kansainvälistä yhteistyötä — Nyt myös ruotsalaiset ja norjalaiset haluavat saada tuotteensa Kiinan markkinoille Kouvolan kautta. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/6f4caaea-4d67-491b-9fc6-0d8a-4fb97a> [viitattu 30.10.2018].

Kouvolan Sanomat. 2018c. Kouvolan konttijunat voivat pysähtyä jatkossa myös Kazakstanissa — lisää kuljetusmahdollisuuksia Keski-Euroopasta ja Amerikasta asti. Saatavissa: <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/talous/ddf8cc11-d4cf-489e-a497-37e2633e522c> [viitattu 30.10.2018].

MTV. 2017a. Huomenna on Kouvolan iso päivä – raideyhteys Kiinaan avautuu. Saatavissa: https://www.mtv.fi/uutiset/talous/artikkeli/huomenna-on-kouvolan-iso-paiva-raideyhteys-kiinaan-avautuu/6651044?mtv_ref=twb_uutiset_uusimmat#gs.wS_tPbc [viitattu 29.10.2018].

Tsuji, H. 2007. International container transport on the Trans-Siberian Railway in 2005-2006: The end of Finland transit and expectations regarding Japanese use. *Erina Report*, vol. 73, pp. 20-30.

VR-Yhtymä. 2005. Vuosikertomus 2004. Helsinki, Suomi.

