



# MAALLA, MERELLÄ, ILMASSA

Katsaus Logistiikan ja merenkulun  
tutkimus- ja kehitystoiminnasta 2022

Ville Henttu



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Ville Henttu

# **MAALLA, MERELLÄ, ILMASSA**

Katsaus Logistiikan ja merenkulun  
tutkimus- ja kehitystoiminnasta 2022

XAMK KEHITTÄÄ 203

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
KOTKA 2022

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Jonne Holmén

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-465-2 (nid.)

ISBN: 978-952-344-466-9 (PDF)

ISSN: 2489-2459 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkko)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# ESIPUHE

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Oy (Xamk) tarjoaa monipuolista tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa (TKI) neljällä eri vahvuusalalla (1. Logistiikka ja merenkulku, 2. Kestävä hyvinvointi, 3. Metsä, ympäristö ja energia sekä 4. Digitaalinen talous). Ammattikorkeakoulun TKI-toiminnan tarkoituksena on olla soveltavaa toimintaa, joka kohdentuu työelämään ja julkista sektoria tukevaksi. Tavoitteena on alueen osaamisen lisääminen ja yritystoiminnan kilpailukyvyyn vahvistaminen. Xamkin TKI-toiminnan lähtökohtana on siis aluekehittäminen Kymenlaakson ja Etelä-Savon alueilla, mutta kansainvälisissä hankkeissa maantieteellinen fokus on luonnollisesti suurempi.

Tämä julkaisu on Logistiikka ja merenkulku -vahvuusalan kuudes vuosittain ilmestyvä tutkimusjulkaisu. Julkaisu kokoaa kyseisen vahvuusalan TKI-toiminnasta kertovia artikkeleita. Lisäksi osa artikkeleista on irrallaan hanketoiminnasta, mutta ne ovat muuten vahvasti osana vahvuusalan tutkimuskohteita. Artikkelit jakautuvat vahvuusalan eri tutkimuskärjille, jotka ovat: 1) merenkulun turvallisuus ja häiriötilannehallinta, 2) öljyntorjunta, 3) kestävä satamalogistiikka, 4) rautatielogistiikka sekä 5) tulevaisuuden älykkäät liikennejärjestelmät. Tässä artikkelikokoelmassa esitellään hanketoiminnan tuloksia vuosilta 2021 ja 2022.

Kokoelman kirjoittajat ovat pääasiassa Logistiikka ja merenkulku -vahvuusalan ja NELI TKI-yksikön asiantuntijoita, jotka työskentelevät pääosin tutkimusryhmän hankkeissa. Osa kirjoittajista toimii Xamkissa muilla vahvuusaloilla sekä muissa organisaatioissa. Kiitän kaikkia TKI-toiminnassa mukana olleita tahoja, rahoittajia, opinnäyte- sekä projektitöiden tekijöitä ja kaikkia muita yhteistyökumppaneita TKI-toiminnan mahdollistamisesta.

*Ville Henttu*, tutkimusjohtaja  
Kotkassa 5.12.2022

# TEKIJÄT

**ELIAS ALTARRIBA**, tekniikan lisensiaatti, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**OLLI-PEKKA BRUNILA**, diplomi-insinööri, tutkimuspäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**VILLE HENTTU**, tekniikan tohtori, tutkimusjohtaja  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**JUSTIINA HALONEN**, diplomi-insinööri, merikapteeni AMK, tutkimuspäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**JONNE HOLMÉN**, diplomi-insinööri, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**ANTTI JAKONEN**, ensihoitaja YAMK, TKI-asiantuntija  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Kestävä hyvinvointi

**HEIDI JÄRVI**, palvelumuotoilija AMK, BBA, kauppatieteiden yo, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**RIITTA KAJATKARI**, diplomi-insinööri, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**TIMO KASURINEN**, diplomi-insinööri, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**MANU KETTUNEN**, ympäristöinsinööri AMK, TKI-asiantuntija  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**ANNA KIVINIITTY**, kansainvälisten suhteiden asiantuntija  
(ylempi korkeakoulututkinto), projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**MERVI KOISTINEN**, muotoilija AMK, TKI-asiantuntija  
LAB-ammattikorkeakoulu, Muotoiluinstituutti

**TOMI KORHOLA**, insinööri, TKI-asiantuntija  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**MARIA KÄMÄRÄINEN**, merikapteeni YAMK, Merenkulku- ja satama-alan kouluttaja  
Etelä-Kymenlaakson ammattiopisto (Ekami)

**ANNUKKA LEHIKAINEN**, filosofian tohtori, tutkimusjohtaja  
Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Merikotka

**TOOMAS LYBECK**, filosofian maisteri, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**PAULA NURMINEN**, muotoilija AMK, projektipäällikkö  
LAB-ammattikorkeakoulu, Muotoiluinstituutti

**TIINA POIKOLAINEN**, diplomi-insinööri, tutkimuspäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**SIRPA RAHIALA**, tekniikan tohtori, tutkimuspäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia

**TARU TANHUANPÄÄ**, maatalous- ja metsätieteiden kandidaatti, TKI-asiantuntija  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**VESA TUOMALA**, merikapteeni, Henley MBA, projektipäällikkö  
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

**VESA VUORIO**, insinööri, RDI Engineer, Standards and Certification  
Kempower Oyj

# SISÄLTÖ

ESIPUHE.....	3
TEKIJÄT.....	4
SATAMISSA LIIKKUMINEN SYSTEEMISEN TURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA.....	8
Antti Jakonen, Maria Kämäräinen ja Annukka Lehikoinen	
5G-MOBIILIVERKKOTEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTTO, MITTAUS JA SUORITUSKYKY SATAMAYMPÄRISTÖSSÄ.....	13
Jonne Holmén ja Vesa Vuorio	
TOWARDS DIGITALIZATION OF PORTS IN THE EASTERN GULF OF FINLAND.....	27
Olli-Pekka Brunila and Vesa Tuomala	
THE BASICS OF CYBERSECURITY FOR PORT AND MARITIME SECTOR IN THE EASTERN GULF OF FINLAND.....	34
Vesa Tuomala and Olli-Pekka Brunila	
HYBRIDIAKUSTOT ALUKSISSA.....	43
Tomi Korhola	
DIGI- JA ROBOMAHDOLLISUUDET TUTUIKSI SOTE-ALAN YKSIKÖISSÄ.....	49
Jonne Holmén	
KIERTOTALOUS ON KESKEINEN OSA LOGISTIikkaA.....	54
Olli-Pekka Brunila	
TEN-T EDISTÄÄ IHMISTEN JA TAVAROIDEN KESTÄVÄÄ LIIKKUVUUTTA.....	59
Heidi Järvi ja Tiina Poikolainen	
DROONIEN KOELENNOT ERITYINEN-KATEGORIASSA XAMKIN TESTIALUEELLA VUONNA 2022.....	66
Timo Kasurinen	
HIUSKUIDUSTA KESTÄVÄ IMEYTYSTUOTE ÖLJYN RANTAKERÄYKSEEN.....	77
Manu Kettunen, Paula Nurminen, Justiina Halonen ja Mervi Koistinen	
UUDEN SUKUPOLVEN HARJOITUSSIMULAATIOIDEN KEHITTÄMINEN.....	90
Riitta Kajatkari, Anna Kiviniitty ja Ville Henttu	

TOIMIVA VERKOSTO JAKAA JOHTAJUUTTA, OSAAMISTA JA ONNISTUMISIA.....	98
Toomas Lybeck	
POIKKEUSAJAN JOUSTAVAT TOIMINTATAVAT HANKETYÖSSÄ.....	103
Vesa Tuomala ja Olli-Pekka Brunila	
LUONNONKIVIEN HISTORIA – HAASTEITA NASTA-HANKKEEN KANSAINVÄLISESSÄ TYÖSSÄ.....	111
Anna Kiviniitty	
TUTKIMUKSEN TEKO ON YHTEISTYÖTÄ – REFERAATTI MARTECH 2022 -KONFERENSSIESITELMISTÄ.....	119
Elias Altarriba ja Taru Tanhuanpää	
IMAM 2022 – KONFERENSSIKATSAUS.....	135
Elias Altarriba, Sirpa Rahiala ja Taru Tanhuanpää	



# SATAMISSA LIIKKUMINEN SYSTEMISEN TURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA

Antti Jakonen, Maria Kämäräinen ja Annukka Lehikoinen

Satamalogistiikassa turvallisuudella on suuri merkitys. Suomen huoltovarmuus on vahvasti riippuvainen satamien kautta kulkevasta tuonnista ja viennistä, joista jopa 90% tapahtuu meriteitse. Työturvallisuus-, huoltovarmuus-, ja talousnäkökulmien kannalta onkin oleellista, että liikkuminen satamissa tapahtuu turvallisesti. Turvallinen logistiikan tulevaisuus (TLT) –hankkeessa saadut alustavat tulokset osoittavat, että satamassa liikkumisen turvallisuuteen tulee panostaa aiempaa enemmän.



**Kuva 1.** Näkymiä Vuosaaren satamasta.

## SYSTEMINEN TURVALLISUUS JA LIIKKUMISEN TURVALLISUUDEN NYKYTILA

Satamalogistiikan toimivuus on elinehto Suomen tuonnille ja viennille (Suomen Varustamot, 2022). Siksi satamalogistiikan turvallisuus ja sen jatkuva kehittäminen tulisi priorisoida korkealle tasolle. TLT-hankkeessa luodaan tilannekuvaa satamasidonnaisten logistiikkayritysten systemisen turvallisuuden nykytilasta. Systemisyydellä viitataan satamatoimijoiden

yhteisölliseen turvallisuuteen, jossa useat toimijat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa yhdessä synnyttävät ja toisaalta myös pystyvät hallitsemaan turvallisuusriskejä (Adjekum & Fernandez Tous, 2020). Bye ym. (2021) tekemässä katsauksessa todettiin, että merenkulkuun liittyvässä turvallisuudessa on kiinnitettävä erityistä huomiota systeemiseen näkökulmaan ja käytännön integraatioihin. Satama-alalla tietoisuus inhimillisten tekijöiden vaikutuksesta on lisääntymässä, mikä mahdollistaa avoimen ja joustavan lähestymistavan uusiin turvallisuuskäytäntöihin. Tätä tietoa tarvitaan kuitenkin lisää, sillä satamaympäristöissä on tunnistettu olevan monia vaaroja ja riskejä. Lisäksi satamissa tapahtuvat erilaiset työvaiheet ja prosessit ovat turvallisuuden näkökulmasta kompleksisia (Corrigan ym., 2019).

Hankkeessa kerättiin systeemisen turvallisuuden nykytilan selvittämiseksi aineistoa teema-haastatteluilla satamasidonnaisten logistiikkayritysten ja viranomaisten edustajilta (n = 22). Haastatteluissa keskeisenä turvallisuusteemana esiin nousut satama-alueella liikkuminen on malliesimerkki systeemisestä turvallisuusriskistä: useat eri toimijat liikkuvat alueella erilaisilla kulkuvälineillä omissa tehtävissään, mahdollisesti vailla hyvää kuvaa muiden liikkujien tehtävistä ja näkökulmasta kohtaamistilanteissa. TLT-hankkeen tavoitteena onkin etsiä yhteistoiminnallisin menetelmin luovia ja moderneja ratkaisuja toimijoiden kollektiivisen turvallisuuden edistämiseen ja riskien hallintaan. Eri toimialojen toimijoiden laajan osallistamisen tavoitteena on tunnistaa koulutustarpeita sekä ideoida uusia toimintatapoja ja työkaluja tunnistettujen haasteiden ratkaisemiseen ja tarpeiden täyttämiseen.

## KOULUTUKSEEN LIITTYVÄT TARPEET

Satamasidonnaisille logistiikkayrityksille tehtyjen teema-haastattelujen perusteella liikkumisen turvallisuuteen liittyvät koulutustarpeet keskittyvät erityisesti liikkumiseen perehdyttämiseen. Jalan liikkuvien tulisi ymmärtää, että isot koneet eivät pysähdy hetkessä. Lisäksi työkoneiden ja muiden ajoneuvojen liikkuminen toisiinsa nähden vaatii perehdyttämistä huomioiden myös sen, että satamassa liikkuvat ovat eri yritysten ja tahojen palveluksessa. Yritysten välinen yhteistyö ja viestintä on avainasemassa, jottei törmäyksiä (etenkään raskailla työkoneilla) pääsisi tapahtumaan. Jalan kulkevat työntekijät ovat alttiina työkoneiden aiheuttamille vaaroille, mikäli varovaisuutta sekä annettuja turvallisuus- ja muita toimintaohjeita ei noudateta molemmin puolin. Haastatteluista nousi myös esiin, että uudet työntekijät eivät osaa varoa sataman liikennettä, ja toisaalta, että tutussa ympäristössä liikutaan huolettomammin.

Perehdytystä turvalliseen satamassa liikkumiseen tulisi tarjota työntekijöiden lisäksi myös satamaan tuleville vierailijoille ja muille liikkujille, sillä tällä hetkellä koulutusta ja perehdytystä turvalliseen liikkumiseen satamassa ei ole tai käytännöt sen suhteen vaihtelevat toimijoiden välillä. Joissain satamissa vierailijoiden ohjaus ja opastus ovat vierailun kohteena olevan sataman yrityksen vastuulla. Tämä johtaa siihen, että liikkumiseen liittyvät ohjeistukset voivat vaihdella hyvinkin paljon. Satama-alueella tavanomaiset lain määrittämät liikennesäännöt eivät ole voimassa, ja satamassa autoilla liikkuvien tulisikin tiedostaa,

että raskaat työkoneet voivat tulla odottamattomasti eteen tilanteissa, joissa autoilevalla vierailijalla tavanomaisten liikennesääntöjen mukaan olisi etuajo-oikeus.

## VIRANOMAISTEN OSOITTAMAT KEHITTÄMISKOHDAT

Teemahaastatteluissa olivat edustettuina myös satamaturvallisuuden kannalta keskeiset ja siten itsekkin satama-alueella toimivat viranomaistahot. Heidän näkökulmassaan korostui muun muassa sataman kohteiden saavutettavuus, jota tulisi parantaa esimerkiksi lisäämällä selkeät opasteet ja osoitemerkinnät. Sataman kohteisiin löytäminen voi olla haasteellista opastuksen puuttuessa. Huomionarvoista on myös se, että satama-alueella autoille tarkoitetut navigaattorit eivät välttämättä osaa opastaa oikein. Pehdytystä satamassa liikkumiseen ja kohdeosaamiseen tarvitaan myös viranomaispuolen uusille työntekijöille. Haastatteluissa nousi esiin myös, että liikkumisen turvallisuuden kehittämiseksi ja sataman kohteiden saavutettavuuden parantamiseksi yritysten ja viranomaisten välistä yhteistyötä tulisi tiivistää.

## YHTEENVETO

TLL –hankkeen alustavat tutkimustulokset osoittavat, että jotta satama olisi yhteisenä työpaikkana yhä turvallisempi toimintaympäristö, se vaatii kaikkien satamassa toimivien yritysten ja muiden tahojen yhteistä panostusta sekä avointa keskinäistä kommunikointia. Oman toimenkuvan tuntemisen ja siihen liittyvien taitojen vahvan osaamisen lisäksi turvallisuutta lisää laajempi sataman toimintojen ymmärtäminen ja muiden toimijoiden näkökulman tiedostaminen. Hankkeen seuraavassa vaiheessa parhaita keinoja tähän pääsemiseksi lähdetään pohtimaan yhdessä toimijoiden kanssa.



**Kuva 2.** Mussalon konttisatama.

## LÄHTEET

Adjekum, D. K., & Fernandez Tous, M. 2020. Assessing the relationship between organizational management factors and a resilient safety culture in a collegiate aviation program with Safety Management Systems (SMS). *Safety Science* 131, 104909. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104909> [viitattu 13.10.2022].

Bye, R. J., Holmen, I. M., & Størkersen, K. V. 2021. Safety in marine and maritime operations: Uniting systems and practice. *Safety Science*, 139, 105249. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2021.105249> [viitattu 13.10.2022].

Corrigan, S., Kay, A., Ryan, M., Ward, M. E., & Brazil, B. 2019. Human factors and safety culture: Challenges and opportunities for the port environment. *Safety Science*, 119, 252–265. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2018.03.008> [viitattu 13.10.2022].

Suomen Varustamot. 2022. Merenkulun avainluvut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://shipowners.fi/kilpailukyky/merenkulun-avainluvut/> [viitattu 9.9.2022].

# 5G-MOBIILIVERKKOTEKNOLOGIAN KÄYTTÖÖNOTTO, MITTAUS JA SUORITUSKYKY SATAMAYMPÄRISTÖSSÄ

Jonne Holmén ja Vesa Vuorio



## **5G Finlog (1.10.2019–31.3.2022) -hankkeen kokemukset Mussalon sataman 5G testaus- ja innovaatioalustan perustamisesta ja siinä ajetuista käyttötapauspiloteista.**

Uuden sukupolven 5G-teknologia käynnisti uuden vaiheen mobiiliverkkojen kehityskaassa. 5G Finlog -hanke pääsi olemaan eturintamassa toteuttamassa uutta mobiiliverkko-revoluutiota rakentamalla avoimen 5G-testiverkon Suomen suurimpaan yleissatamaan. 5G-verkkoteknologia tukee monenlaisia käyttötapauksia huippunopeasta parannetusta mobiililaajakaistasta (eMBB - enhanced Mobile Broadband) erittäin luotettavan matalan viiveen viestintään (URLLC - Ultra Reliable Low Latency Communications) sekä massiiviseen konetyyppiseen kommunikaatioon (mMTC - massive Machine Type Communications). 5G

FINLOG – 5G Future Innovation Platform for Logistics -hankkeessa rakennettiin toimiva 5G NR -verkkoteknologiaan perustuva testiverkko HaminaKotka Satama Oy:n satama- ja teollisuusalueelle tukemaan sataman digitalisaation kehitystä sekä pilotoitiin logistiikan ja teollisuuden tarpeisiin soveltuvia uusia teknologioita.

Hankkeen tavoitteina olivat logistiikka- ja satamatoimialan toiminnan tehostaminen, uusien digitaalisten innovaatioiden fyysinen testaaminen innovaatioalustalla ja pilotointien sekä niistä saatavien tulosten hyödyntäminen tulevaisuudessa. 5G vie perinteisen mobiililaajakaistan uusiin ulottuvuuksiin datanopeuksien, kapasiteetin ja liitettävyyden suhteen. Lisäksi 5G mahdollistaa kokonaan uusia palveluita, kuten hyödyntämällä asiakaskohtaisten virtuaalisten privaattiverkkojen viipalointia.

Tämä artikkeli perustuu Uudenmaan liiton Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman 5G Finlog - 5G Future Innovation Platform for Logistics -hankkeen tuloksiin ja kokemuksiin 5G testiverkon perustamisesta ja siinä suoritettujen käyttötapauspilottien toteuttamisesta. Lukijalle teksti antaa kuvan 5G:n suorituskyvystä, vaatimuksista ja niistä tekijöistä, jotka on syytä ottaa huomioon satamaympäristön kaltaiselle alueelle perustettavan nykyaikaisen langattoman mobiiliverkon perustamisessa.

## NYKYAIKAINEN LANGATON MOBIILIVERKKO

5G Finlog – 5G Future Innovation Platform for Logistics -hankkeessa rakennettiin toimiva 5G NR -verkkoteknologiaan perustuva testiverkko HaminaKotka Satama Oy:n satama- ja teollisuusalueelle tukemaan sataman digitalisaation kehitystä sekä pilotoimaan logistiikan ja teollisuuden tarpeisiin soveltuvia uusia teknologioita. Operatiivisia tavoitteita ovat logistiikka- ja satamatoimialan toiminnan tehostaminen, uusien digitaalisten innovaatioiden fyysinen testaaminen innovaatioalustalla ja pilotointien sekä niistä saatavien tulosten hyödyntäminen tulevaisuudessa.

5G vie perinteisen mobiililaajakaistan uusiin ulottuvuuksiin datanopeuksien, kapasiteetin ja liitettävyyden suhteen. Lisäksi 5G mahdollistaa kokonaan uusia palveluita, kuten teollisen internetin, (IoT)-yhteydet ja kriittisen viestinnän. Tähän asti matkapuhelinverkot ovat pääasiassa tarjonneet yhteyksiä älypuhelimille, tableteille ja kannettaville tietokoneille kuluttajakäyttöön. Erityisinä käännepesteinä nähdään 5G:n uusi radiostandardi, pilvikonseptien leviäminen langattomissa verkoissa ja tekoälyn sekä koneoppimisen nopeasti lisääntyvä käyttö (Holma ym. 2020).

5G-verkkoteknologiat tuovat Traficom (2019) mukaan suurempia muutoksia ja parannuksia yhteyksiin kuin yksikään aiempi matkaviestinsukupolvi. 5G mahdollistaa yli sadan Mbit/s keskimääräisen datan siirtonopeuden ja jopa 20 Gbit/s maksiminopeuden. Se myös kasvattaa mobiiliverkon kapasiteetin eli kyvyn välittää tietoliikennettä ja mahdollistaa parhaimmillaan alle millisekunnin viiveen, eli latenssin datansiirrossa.

Tulevaisuudessa data-, ääni- ja tv-markkinat eivät enää kasva, mikä voi aiheuttaa teleoperaattoreiden liiketoiminnalle haasteita (Uitto 2018). Pilvipalvelut saattavat tuoda pientä kasvua, mutta niiden markkinat eivät ole kovin suuria ja osa tästä markkinoiden kasvusta siirtyy muille kuin teleoperaattoreille. Teleoperaattorit voivat hyödyntää 5G-tietoliikennetekniikan rinnalla pilvilaskentaa, tekoälyä ja koneoppimista, jotka palvelevat erityisesti vertikaalisten alojen toimijoita. Vertikaalisilla aloilla tarkoitetaan teollisuutta, julkishallintoa, sosiaali- ja terveysalaa, logistiikkaa, satamia ja rakennustyömaita. Teleoperaattorien suurimmat mahdollisuudet kasvattaa liiketoimintaansa sijaitsevat nimenomaan vertikaalisilla aloilla liiketoimintaprosessien digitalisoinnissa. Tulevaisuudessa vertikaalisten alojen toimijat voisivat myös toimia Neutral host -operaattoreina tarjoamalla 5G-verkkopalveluja kuluttajille ja muille käyttäjäryhmille.

Erilaisia käyttötapauksia sovellettaessa on olennaista tietää, millaisen verkkoympäristön käyttötapaus tarvitsee toimiakseen. 5G-teknologiamääritykset jaetaan kolmeen osaan: huippunopeisiin langattomiin laajakaistoihin, luotettavaan lyhyen viiveen kommunikaatioon ja massiiviseen koneiden väliseen kommunikaatioon. Nämä tukevat erilaisia käyttötapauksia ja mahdollistavat erilaisia uusia palveluinnovaatiota (Traficom 2019).

Traficomin (2019) mukaan huippunopeat langattomat laajakaistat mahdollistavat jopa kymmenien Gbit/s yhteysnopeuden ja suuremman kapasiteetin mobiiliverkon yli. Luotettava lyhyen viiveen kommunikaatio sen sijaan mahdollistaa erittäin pieniviiveiset langattomat yhteydet korkeaa luotettavuutta ja lähes reaaliaikaisuutta vaativiin käyttötapauksiin (Traficom 2019). 5G on ensimmäinen langaton tekniikka, joka mahdollistaa valokuitua vastaavan luotettavuuden ja lyhyet viiveet (Väylävirasto 2019). Massiivinen koneiden välinen kommunikaatio taas tukee suurta energiatehokkuutta ja toimintakykyä vaativia IoT-käyttötapauksia, joissa edellytetään myös suurta määrää kytkettyjä laitteita (Traficom 2019).

## 5G-TESTIVERKON RAKENTAMINEN

5G Finlog -testiverkko haluttiin toteuttaa viimeisintä ja nopeinta saatavilla olevaa 5G-teknologiaa hyödyntäen. Jotta erilaiset häiriötekijät huomattaisiin ja sitä kautta häiriötön verkko saataisiin toteutettua, haluttiin se yksinomaan hankkeen käyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että verkko ei nojautuisi julkisen verkon varaan. 5G-privaattiverkot ovat paikallinen ratkaisu, mikä mahdollistaa kriittisen ja luotettavan tiedonsiirron langattomasti. Verkon suunnittelussa otettiin huomioon toimintaympäristö, käyttötapaukset ja tekniset vaatimukset. Verkon suorituskyky ja peittoalue suunniteltiin tarkasti etukäteen simuloimalla. Tämän perustella valittiin optimaalisin paikka tukiasemalle, jossa kiinteä valokuituyhteys on käytettävissä. Tärkeää on myös huomioida, että koko verkko ja siellä liikkuva data ovat paikallisia ja omassa hallinnassa.

Privaattiverkko on aina paikallinen ratkaisu. Privaattiverkko toimii kivijalkana luotettavalle digitalisaatiolle ja mahdollistaa eri toimenpiteiden digitalisoinnin. 5G tehostaa tuotan-



toa ja luo uutta kilpailukykyä. Se mahdollistaa muun muassa uusia liiketoimintamalleja, joustavuutta ja turvallisuutta laatuna sekä säästöinä kustannuksissa ja nopeammilla tuotantoajoilla.

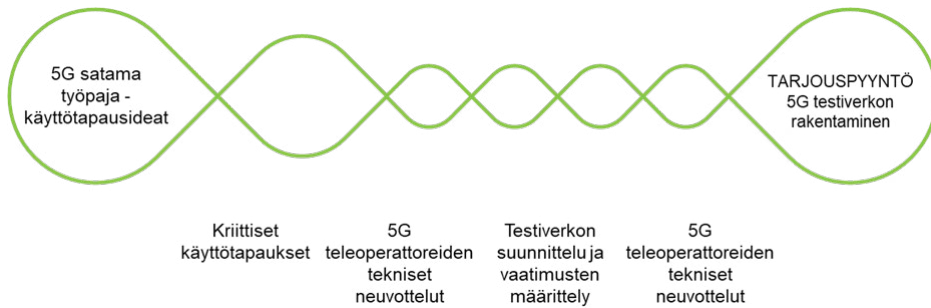
## **5G-TESTIVERKON SUUNNITTELUN LÄHTÖTILANNE JA VAATIMUKSET**

Satama-alueella sijaitseva 5G-testiverkko otettiin käyttöön vuoden 2021 ensimmäisen vuosineljänneksen aikana. Jotta verkosta saatiin mahdollisimman kattava ja ominaisuuksiltaan tarpeita vastaava verkkokokonaisuus, järjestettiin eri teknologiatoimittajien, asiantuntijoiden ja satamatoimijoiden kanssa yhteinen työpaja (5G satama – potentiaaliset käyttötapaukset, maalla, meressä ja ilmassa 3.3.2020). Työpajan tavoitteena oli yhteiskehittämisen avulla ideoida rakennutettavaan 5G-testiverkkoon käyttötapauksia, jotka hyödyntäisivät satamassa toimivia loppukäyttäjiä. Työpajaan osallistui yli kolmekymmentä osallistujaa, jotka edustivat laajasti eri toimialoja, kuten IT, satama, koulutus, droneoperaattorit, julkisyhteisöt ja viranomaiset, mittalaitteet, turvallisuus, teleoperaattorit, konsultointi ja energioteollisuus.

Työpajassa kehitettiin käyttötapausideoita, jotka liittyivät sataman, satamaoperaattorin tai varastojen fyysisiin liiketoimintaprosesseihin. Ideoinnin periaatteena pidettiin käyttötapauksien tuomaa hyötyä satamatoimijoille ja niiden soveltuvuutta 5G-testiverkkoympäristöön. Yhteenvetona satama yhdistää erilaiset liikennemuodot, lastinkäsittelyjärjestelmät ja työkonet, joiden toimintaan linkittyy erilaisia digitaalisia ratkaisuja. Satamassa reaaliaikaisen tilannekuvan saaminen koettiin tarpeelliseksi, mikä olisi mahdollista toteuttaa hyödyntämällä 5G-teknologiaa. Testiverkon ja siinä suorittavien pilottien myötä toivottiin teknologian tuomien konkreettisten hyötyjen todentuvan showcase -periaatteella.

## **KÄYTTÖTAPAUKSET ASETTAVAT VAATIMUKSET PERUSTETTAVALLE VERKOLLE**

Hankkeen kannalta työpajassa esille nousseiden käyttötapausideoiden pohjalta suunniteltiin testiverkon tekniset vaatimukset ja määriteltiin peittoalue potentiaalisia käyttötapauksia varten. Tavoitteena käyttötapauksien suorittamisessa oli jo olemassa tai kehitteillä olevan teknologian testaaminen, jotta piloteissa saatavat kokemukset ja tulokset olisivat todennettavissa hankkeen aikana. Lisäksi pilottien oli hyödynnettävä satamatoimintoja tarvelähtöisesti. Kun lähtötiedot ja tekniset vaatimukset olivat selvillä, käytiin edelleen vuoropuhelua teleoperaattoreiden kanssa niiden valmiuksista toteuttaa ennalta määritelty verkkopalvelu. Seuraavassa kuvassa on kuvaus käyttötapauksien ja testiverkon vaatimusten määrittelystä sekä teleoperaattoreiden kanssa käydystä vuoropuhelusta. Määrittelyjen jälkeen verkkopalvelu kilpailutettiin julkisen hankintailmoituksen kautta.



**Kuva 1.** Käyttötapausten ja testiverkon vaatimusten määrittely 5G Finlog -hankkeessa.

Mussalon satamassa nousi esille myös erityisesti tiedonsiirtokapasiteetti. Ensimmäisen vaiheen käyttötapa-pilotit liittyivät videokuvan välittämiseen verkon suuntaan (uplink). Satamassa yksi suurimmista kiinnostuksen kohteista on kamerateknologian erilaisten mahdollisuuksien testaaminen. Tulosten perusteella analysoitiin esimerkiksi sitä, kuinka tehokkaasti ja millaisella aikataululla voitaisiin ajoneuvojen ja konttinostureiden etäohjattavuutta ja jopa autonomisuutta hyödyntää enemmän. Suorituskykyä testattiin viemällä verkon peittoalueelle IP-kameroita, jotka lähettävät 4K-tasoisia kuvia verkon yli: tällä tavalla kuormitettiin verkkoa simuloituilla määrityksillä aina teoreettiseen maksimikapasiteettiin asti. Vaihtamalla kameroiden paikkaa ja tarvittaessa myös antennien suuntausta selvitimme, mikä yhden 5G-privaativerkon tukiaseman kapasiteetti oikeasti on.

Mittaustietoja skaalaamalla hahmottui kuva koko alueen kapasiteetista. Näin saadaan arvokasta tietoa siitä, millaisia teollisuutta hyödyttäviä käyttötapa-ideoja 5G-privaativerkko pystyy mahdollistamaan tiedonsiirron näkökulmasta. Esimerkiksi korkearesoluutioisen videokuvan lähettäminen mahdollistaa tarkan reaaliaikaisen aluevalvonnan. Seuraavissa vaiheissa videokuvaa voidaan analysoida eri koneoppimis- tai tekoälysovellutuksilla. Näillä ratkaisuilla ei kuitenkaan ratkota yksittäisiä haasteita tai palveluita. 5G luo alustan sen sijaan kokonaisuuksille, joilla parannetaan työturvallisuutta ja -viihtyvyyttä.

## SATAMA ON AINUTLAATUINEN YMPÄRISTÖ MYÖS MOBIILIVERKOLLE

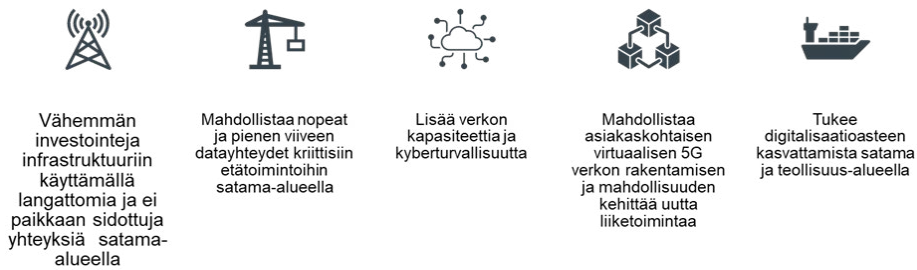
Uuden sukupolven 5G-mobiiliverkko tuli käyttöön vähitellen vuodesta 2020 eteenpäin. 5G on edeltäjiään entistä suorituskykyisempi mobiiliverkko, joka mahdollistaa monia uusia ja jatkokehittyjä käyttökohteita. Yksi erityisen mielenkiintoinen käyttöympäristö on satamat.

5G:n laajemmalla taajuuskaistalla saavutetaan suurempi tiedonsiirtonopeus. 5G-verkkojen yhteysnopeudet mahdollistavat yrityksille, kuluttajille ja talouksille nopeudeltaan jopa kymmenien Gbit/s langattomat laajakaistayhteydet. 5G-teknologian mobiiliverkot haastavat

ensimmäistä kertaa myös arvokkaat valokuituyhteydet. Langattomat yhteydet mahdollistavat myös nopealla aikataululla siirtymisen suurempiin nopeuksiin, kuin mitä kupariyhteyksien päivityksiin kului. Valokuituinfrastruktuurin rakentaminen satamiin tai muihin ja raskaasti rakennettuihin ympäristöihin on usein kallisarvoista. Lisäksi rakentamisen ei haluta aiheuttavan kuin pakottavista tarpeista viivytyksiä tuotanto- ja suorituskykyyn.

Langattomalla 5G -mobiiliverkolla on edellytykset toimia tuotanto- ja turvallisuuskriittisten toimintojen alustana joiden ehdottomana toimintaedellytyksenä on luotettava ja riittävä tiedonsiirtokapasiteetti. 5G Finlog hankkeessa perustetun 3.5GHz 5G testiverkon testaukset sataman vaativissa olosuhteissa tukee edellä mainittua määrittelyä siinä tehtyjen suorituskykymittausten ja pidempikestoisen käyttötapauspilotin perusteella.

Hankkeen aikana ja sidosryhmien kanssa saatujen kokemusten perusteella todettiin (kuva 2) 5G:llä olevan useita etuja edellä mainittujen 5G:n uusien ominaisuuksien lisäksi: kustannusten pienuus verrattuna kiinteisiin tietoliikenneverkkoratkaisuihin, etänä operoitavien toimintojen alustana toimiminen, tietoliikennekapasiteetin sekä kyberturvallisuuden merkittävä vahvistuminen, täysin uusien liiketoimintamahdollisuuksien, kuten käyttötarkoitusta varten optimoidut ja suojatut asiakaskohtaiset virtuaaliset verkot ja satamien digitalisaation selkeänä väylänä toimiminen, mahdollistaminen.



**Kuva 2.** 5G-tekniikan hyödyt satamaympäristössä.

## 5G-TESTIVERKON KILPAILUTUS JA VERKONTOIMITTAJAN VALINTA

Satamaympäristö luo varsin haastavat olosuhteet 5G 3.5GHz -testiverkon luotettavalle toiminnalle. Nopeasti muuttuvat sääolosuhteet sekä vaihtuvat radiosignaalien etenemisreitit asettavat verkkosuunnittelulle erityisiä vaatimuksia. Esimerkiksi merestä nouseva kosteus, laivojen navigointivälineet ja alati muuttuva ympäristö, kuten konttikentät muuttavat radiosignaalien laatua. Hyvällä verkkosuunnittelulla ja testiverkon laajamittaisella testaamisella ennen verkon käyttöönottoa varmistettiin 5G 3.5GHz -testiverkon toimintakyky kaikissa olosuhteissa.

Rakentamalla käyttötapauksia varten suunniteltu 5G 3.5GHz -testiverkko mahdollistettiin testit niiden autenttisessa ympäristössä ja päästiin vertailemaan saatuja mittaustuloksia simuloituihin tai ideaalisiin laboratoriotesteissä saatuihin tuloksiin. Tavoitteena oli erilaisen käyttötapauksien laajamittainen testaus haastavassa käyttöympäristössä ja tiedonkeruu siitä, miten tulevaisuuden 5G-verkkoa voidaan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla ja kehittää sataman toimintaa käyttämällä 5G-teknologiaa.

Kilpailutuksen vaiheet ja sisältö sisälsi pääpiirteittäin tarjoajan kuvauksen tarjoamastaan ratkaisusta 5G Finlog –hankkeen testiverkon perustamisesta Kotkan Mussalon teollisuus- ja satama-alueelle reunaehdoin, jotka esitettiin tarjouspyynnössä erikseen. Tarjouksen piti sisältää myös tarkka kuvaus tarjotusta testiverkosta, käyttönotosta ja käytönaikaisesta tuesta. Tarjouspyynnössä määritettiin haluttu laadukas 5G-testiverkon peittoalue satama-alueella. Tarjouksen piti sisältää myös simuloitu peittoalue ja arvioitu verkon suorituskyky määritettyjä käyttötapauksia varten. Tarjoajan piti vielä erikseen esittää 5G-verkon peittoalue ja suorituskyky mittaamalla testiverkko verkon rakentamisen jälkeen.

Tarjouspyynnön vaatimukset voi karkeasti jakaa kolmeen kategoriaan: teknisiin vaatimuksiin, palvelun tuottamisesta aiheutuviin kustannuksiin projektille sekä yhteistyön laajuuteen projektin aikana.

## **5G-TESTIVERKON SIMULOITU PEITTOALUE JA SUORITUSKYKY**

Hankkeessa suunniteltu 5G-testiverkon peittoalue satama-alueella on määritetty ennalta määritettyjen kriittisten käyttötapauksien testaamiseksi sekä hyödyntäen jo olemassa olevaa infraa parhaalla mahdollisella tavalla. Eri satamatoimijoiden kanssa on selvitetty infran valmius, kuten käytettävissä olevat valokuituyhteyshälyt, rakennusten kattorakenteet, sähkönsyöttökeskukset ja valomastot.

5G Finlog -hankkeen testiverkon peittoalue kattaa osaksi konttiterminaalialueen, joka on varsin haastava ympäristö radioverkoille. Se on jatkuvasti muuttuva ympäristö, missä alueella sijaitsevat kontit heikentävät radiosignaaleja, sekä missä on useita muita häiriötekijöitä, kuten alusten tutkat ja muista radioverkoista aiheutuvat häiriöt, ilma- ja sääolosuhteet sekä mahdolliset katvealueet. Peittoalue kattaa noin kolmasosan koko Mussalon satama- ja teollisuusalueesta.

## **KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS**

5G-verkon käyttöönottotestaus suoritettiin ennen varsinaista päätelaitteiden kytkemistä verkkoon. Käyttöönottotestauksen tarkoituksena on varmistaa 5G-verkon suorituskyky ja kattavuus simuloituihin arvoihin verrattuna sekä varmistaa verkon toiminta suunnitellulla

käyttöalueella. Testaus suoritettiin ulkotiloissa sataman alueella autolla ajaen sisältäen kaksi mittausta Uplink- ja Downlink-suuntaan erikseen.

## KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUKSEN TULOKSET

Yhteenvedona mittaustuloksista voidaan todeta, että lähetyksen suuntaan (total Uplink throughput) on 110 Mbps sekä vastaanotto suuntaan (total Downlink throughput) on 682 Mbps, 60 MHz 5G NR kaistanleveydellä. Kartoituksen (SS-RSRP) tuloksien mukaan peittoalue vastaa simuloituja arvoja varsin tarkasti.



**Kuva 3.** Total UL throughput (Huawei P40 Pro)



**Kuva 4.** Total DL throughput (Huawei P40 Pro)



**Kuva 5.** SS-RSRP (PcTel Hbflex)

## 5G-TESTIVERKON TOIMINNAN VARMISTAMINEN KÄYTTÖNOTON JÄLKEEN

Testiverkon toiminnan seuraamiseksi alueelle sijoitettiin siirrettäviä 5G-verkon mittauspisteitä, jolloin alueella olevan verkon toimintaa voitiin monitoroida laajalla alueella samanaikaisesti ja kartoittaa mahdolliset käyttökatkokset verkossa.

## 5G-TESTIVERKON TESTAAMISTA ÄÄRIOLOSUHTEISSA

HaminaKotka Mussalon satamassa sijaitseva 5G Finlog -hankkeen testiverkon peittoalue-, referenssisignaalisato-, häiriö- ja kohinasuhdeskannaukset toteutettiin droneen liitetyllä verkkoskannerilla. Dronea hyödyntävä testijärjestelmä havaittiin erittäin tehokkaaksi, koska sen avulla saatiin kattava alue skannattua nopeasti ja suunnitelman mukaan sataman vaativissa olosuhteissa tarkkaan määritetyissä korkeuksissa ilman ulkoisia häiriötekijöitä. Dronea hyödyntämällä saadaan hyödyllistä tietoa verkon peittoalueesta laajalla alueella myös satamakonttinsturien korkeudella, missä osa käyttötapauksista käytännössä toteutetaan. Tutkimme myös 5G:n kyvykkyyttä korvata tulevaisuudessa osa kiinteään infraan tarvittavista investoinneista satama-alueella käyttäen 5G-tekniikan päälle rakennettuja ratkaisuja.

Mittausjärjestely:

- Rohde & Schwarz TSMA6 -verkkoskanneri + akkupaketti
- Laajakaista-antenni
- GPS-antenni
- Drone, modifioitu Freefly Alta 8 Pro -multikopteri
- Romes4 -mittaus ja analyysi sw

Lennot tehtiin pääosin konttiterminaalialueella kahdella eri korkeudella (20 m ja 40 m). Testaus suoritettiin kolmesta eri lähtöpaikasta, eikä mittausta keskeytetty lähtöpaikkojen siirtymisen välillä. Näin varmistettiin alueen kokonaisvaltainen 5G-peittoalueen kartoitus.

Testiverkkoa mitattiin useilla verkkoparametreilla kokonaisvaltaisen verkon suorituskyvyn määrittämiseksi verkon eri kuormitusilanteissa sekä pisteissä. Testeissä kartoitettiin niin verkon peittoaluetta kuin verkon palvelun laatutasona:

- verkon kapasiteetti ja kuormitusilanteet
- verkon luotettavuus
- säätilan vaikutus
- beam forming
- black spot
- verkon viipalointi

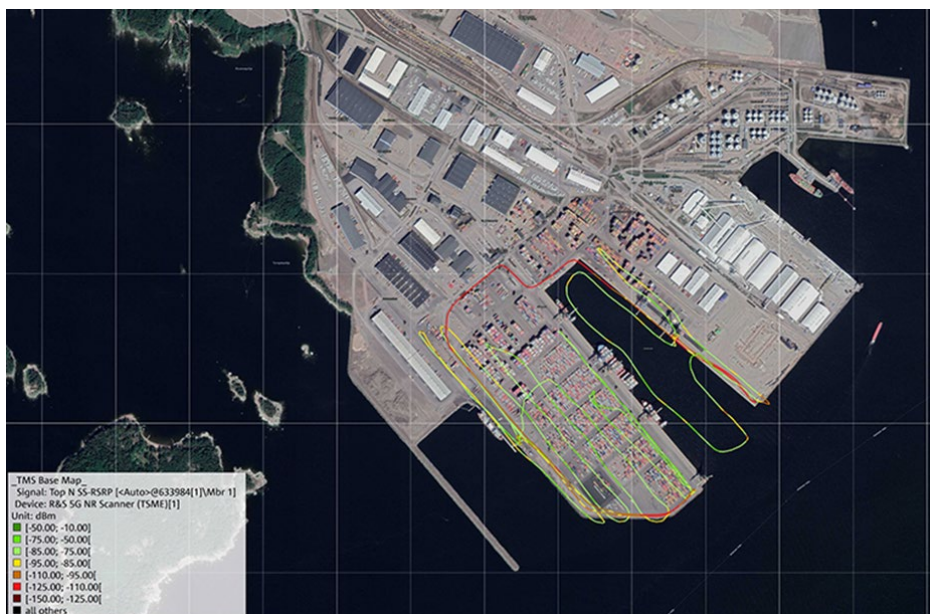
## YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA JA TULOKSIEN ANALYSOINTI

Peittoaluekartoituksen mukaan (kuva 6) voidaan todeta, että 5G-peittoalue vastaa varsin tarkasti simuloineissa saatuja tuloksia, ja tämä mahdollisti verkon suorituskykyä vaativien käyttötapauksien pilotoinnin satama-alueella suunnitelmien mukaisesti. SS-RSRP tarkoittaa synkronointisignaalin referenssisignaalin vastaanotettua tehoa, ja arvoa voidaan käyttää parametrinä, kun halutaan verrata yksittäisten solujen signaalien vahvuuksia 5G-verkoissa sekä määrittää peittoalue.

Tuloksien perusteella voidaan todeta SS-RSRP-arvojen olevan -50 ... -95 dBm mitatulla alueella, mikä tarkoittaa, että 5G-peittoalue kattaa suunnitellun alueen, missä 5G-käyttötapauksia testataan. Tulosten analysoinnissa keskityimme kolmeen tärkeään radiotekniseen parametriin 5G-peittoalueen, laadun ja palvelutason määrittämiseksi Mussalon 5G-verkossa:

1. SS-RSRP (Synchronization Signal reference Signal Received Power) ilmaisee vastaanotettavan referenssisignaalin tason.
2. SS-RSRQ (Secondary synchronization Signal Reference Signal Received Quality) ilmaisee referenssisignaalin laadun.
3. SS-SINR (Signal to Noise or Interference Ratio) indikoi kattavuuden ja signaalin laadun.

Kuvassa 6 on havainnollistettu SS-RSRP mittaustuloksia eri lentokorkeuksissa.



**Kuva 6.** SS-RSRP mittaus, lentokorkeus 20 m. Punainen viiva kuvaa siirtymistä eri lähtöpaikkojen välillä. Lähde: ROMES4.

**Taulukko 1.** Mittaustaulukko SS-RSRP

SS-RSRP	Signaalintaso (dBm)	5G testiverkon mitatut arvot
> -80 dBm	erinomainen	x
-80 dBm < arvo < 100 dBm	hyvä	x
< -100 dBm	kohtalaisesta huonoon	

## 5G-TESTIVERKON KEHITTÄMINEN

Standalone- tai paikallisilla asiakkaille räätälöidyillä verkoilla uskotaan olevan tulevaisuudessa kysyntää dedikoidun kapasiteetin, suuren käytettävyyden ja turvallisen tietoliikenteen vuoksi. Uusissa ja jo nykyisissä tietoliikennetarkoituksissa datamäärät kasvavat massiivisesti, jolloin luotettavien ja matalaviiveisten yhteyksien tarve lisääntyy. Seuraavien sukupolvien käyttötapaukset liittyvät kontrolloituihin ja etäohjattuihin toimintoihin, joita voidaan hallitua ns. kiinteillä langattomilla yhteyksillä. Yksi merkittävimmistä eduista privaattiverkkoratkaisuilla on se, että niillä pystytään varmistamaan tietty kapasiteetti ja verkon luotettavuus riippumatta ulkopuolisten tekijöiden vaikutuksesta. Privaattiverkkojen toteutus riippuu asiakaskohtaisesta tarpeesta verkon käytölle. Tarvittaessa koko liikenne voidaan eriyttää asiakkaan omaan käyttöön ja taata aina viiveetön, tietoturvallinen ja luotettava yhteys.



Jatkon kannalta päätavoite on kehittää digitalisaation avulla satamatoimintoja ja palveluita kohti älykkäämpiä ratkaisuja satamaympäristössä lisäämään sataman ja siellä toimivien yritysten toimintojen tehokkuutta ja työturvallisuutta. Tavoitteena on myös parantaa satamaan pysähtyvien laivojen digitaalisia palveluita hyödyntämällä 5G-teknologian päälle rakennettua luotettavaa verkkoyhteyttä ja palveluita. Satamassa hyödynnetään jo alueella olevaa 5G (5G Finlog) -verkkoinfrastruktuuria, joka saadaan päivittämällä tukemaan 5G:n uusimpia ominaisuuksia (SA-moodi), jolloin tarvittavat investoinnit verkkoinfrastruktuuriin voidaan minimoida sekä laajentaa 5G:n peittoaluetta myös sisätiloissa tukemaan sataman eri osissa tapahtuvia toimintoja.

5G:n tarjoamasta aiempaa merkittävästi suuremmasta nopeudesta on hyötyä käytännössä kaikille, mutta silti erityisesti yritysasiakkaat odottavat myös muita 5G:n ominaisuuksia. Yksi tällaisista ominaisuuksista on verkon viipalointi (engl. slicing). Tämä tarkoittaa, että 5G-verkon kapasiteettia voidaan jakaa eri kokoisiksi paloiksi eli viipaleiksi. Seuraavaksi satama-alueelle rakennetaan korkean tietoturvatason viipaloituja asiakaskohtaisia verkkoja vastaamaan erilaisten käyttötapauksien asettamia vaatimuksia verkon suorituskyvylle.

## KÄYTTÖTAPAUKSET NYT JA TULEVAISUUDESSA

Tulevaisuudessa Suomen satamien digitalisointi etenee kiihtyvällä vauhdilla ja mahdollistaa uudenlaisten käyttötapauksien toteuttamisen ja uuden liiketoiminnan kehittämisen alueen yrityksissä. Digitaalisuuden etuja ovat turvallisuus, tilannetieto, päästöjen kontrollointi ja toimintojen tehostuminen sataman toiminnoissa.

5G:n uudet ominaisuudet, kuten 5G Stand Alone (SA) -arkkitehtuuri, mahdollistaa uudenlaiset käyttötapaukset ja liiketoimintamahdollisuudet. 5G SA tukee viivekriittisiä sovelluksia, kuten etäohjaus. Tämän lisäksi automaatio sekä verkon viipalointi voidaan asettaa yrityskohtaisesti sekä käyttötapauskohtaisesti.

Tulevaisuudessa verkon suunnittelussa keskitytään enemmän myös kyberturvallisuuteen sekä verkon luotettavan ja reaaliaikaisen toiminnan varmistamiseen kaikissa olosuhteissa erityisesti huoltovarmuudelle kriittisissä kohteissa. Verkon luotettavuus ja reaaliaikaisuus mahdollistavat sataman toimintojen digitalisoinnin ja reaaliaikaisen sataman toimintojen tilannekuvan hyödyntämisen sataman toiminnoissa, viranomaistoiminnoissa ja yrityksissä. 5G:n läpimurto on yhä tulevaisuutta, mutta 5G-arkkitehtuuriin perustuvia verkkoratkaisuja rakennetaan parhaillaan. 5G mahdollistaa muutoksia ja sovelluksia, jotka eivät ole koskaan ennen olleet mahdollisia. Vaikka teknologian laajamittaista läpimurtoa saadaan vielä odotella, 5G:n mukaisien teollisuuden privaattiverkkoratkaisujen, kuten 5G Finlog, tuloksia päästään jo näkemään.

## YHTEISTYÖKUMPPANIT JA YHTEISTYÖN LAAJENTAMINEN

Yhteistyökumppaneilla on tärkeä rooli niin 5G-tekniikan mahdollisuuksien hyödyntämisessä, käyttötapauksien kehittämisessä kuin uuden liiketoiminnan kehittämisessä. Tulevaisuudessa useat käyttötapaukset vaativat samaan aikaan usean eri osa-alueen osaamista ja ylipäättään syvää ymmärtämistä 5G-tekniikan mahdollisuuksista. Riittävällä 5G-osaamisella varmistetaan käyttötapauksien ja verkon luotettava toiminnallisuus ja toteutus varsinkin huoltovarmuudelle kriittisissä toiminnoissa sataman alueella. Tavoitteena on myös tuoda 5G-tekniikan mahdollisuuksia tutuksi kaikille yhteistyökumppaneille ja näin mahdollistaa tekniikan omaksuminen eri yrityksissä tukemaan yritysten liiketoimintaa ja kilpailukykyä.

## LÄHTEET

Holma, H., Toskala, A. & Nakamura, T. 2020. 5G Technology : 3GPP New Radio, John Wiley & Sons, Incorporated, Newark.

Huawei. 2017. 5G Unlocks A World of Opportunities – Top Ten 5G Use Cases. Saatavilla: <https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/mbb/5g-unlocks-a-world-of-opportunities-v5.pdf?la=en> [viitattu 7.9.2022].

Jokinen, O., Piuva, J-P., Mäkipää, M. & Riihentupa, L. 2019. Väylävirasto. 5G Väyläviraston toiminnassa; Väylävirasto nopeiden tietoliikenneyhteyksien hyödyntäjänä ja mahdollistajana. Väyläviraston julkaisuja 52/2019. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-741-3>

Traficom. 2019. Selvitys 5G:n kyberturvallisuudesta: Yhteenvedo. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Kyberturvallisuuskeskus. www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/file/Selvitys%205Gn%20kyberturvallisuudesta%20yhteenvedo.pdf> [viitattu 7.9.2022].

Uitto, T. 2018. The operators' quest for new value. Nokia Oyj.

# TOWARDS DIGITALIZATION OF PORTS IN THE EASTERN GULF OF FINLAND

Olli-Pekka Brunila and Vesa Tuomala

In the future, environmental values and sustainability will become more important and effect competition between ports. The European Union are setting environmental requirements for decreasing the emission of Green House Gases (GHG) and thus Emissions Trading (ET) is one key element of this policy in the maritime and port sector. Digitalization is a megatrend that is transforming the ports and both maritime and logistics sectors. Ports, as a part of a worldwide logistics chain, play a key role in the development of this information network. The future development of the digitalization of ports will be dependent on many factors, but it is clear that digitalization improves port efficiency, productivity, security and sustainability, although there are also disadvantages. Ports must have the capabilities to adopt and implement reliable technologies with a clear vision of the future. This article addresses the key findings of digitalization and ports in the Get Ready project.

## BACKGROUND OF DIGITALIZATION IN MARITIME AND LOGISTICS SECTOR

The Baltic Sea is one of the busiest and highly polluted sea areas in the world. It is a vital logistic route for the Baltic region, but also for the surrounding countries. In Finland, 80% of import and 90% of export are transported by ship and worldwide maritime transportation covers approximately 90% of global traffic volumes. According to HELCOM AIS (Helsinki Commission, Automated Identification System) data, every year almost 300,000 ships visit different ports in the Baltic Sea. Almost half (46%) of that shipping volume are passenger ships and a third are cargo ships, such as tankers, container, Ro-Ro or bulk ships. The rest of the ships are categorized as other, pilot or tugboats or fishing vessels. (Helcom 2018.) Despite dense traffic volumes, emission regulations in the Baltic Sea are some of the strictest in the world. International Maritime Organization (IMO) MARPOL Convention Annex VI sets the general limits of ships emissions to the atmosphere. The convention covers SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> emissions as well as shipboard incineration, ozone-depleting substance (ODS), volatile organic compounds (VOC) and fuel quality and availability. (IMO 2021.)

At the EU level, shipping traffic accounts for approximately 11% of all EU CO<sub>2</sub> emissions in transport and 3-4% of total EU CO<sub>2</sub> emissions. Researchers estimate that emissions

from shipping and maritime sector will increase without any action taken. The EU launched the Green Deal and the 'Fit for 55' package to tackle the emission problem. The target is to reduce greenhouse gases (GHG) at least 55% compared to 1990 levels by the year 2030 and to ensure the maritime sector achieves zero-emission by 2040. (European Parliament, 2022.) To achieve these goals, policy instruments and different technologies are required and must be implemented. The possible first steps would be to achieve operational energy efficiency in daily base routines to cut CO<sub>2</sub> emissions and ensure more renewable energy sources for ships and ports in the future.

As a megatrend, Digitalization is rapidly changing the entire maritime and logistics sector. In the past, digitalization in the port sector was seen more like an optimization tool (see for example, Heilig et al. 2017; Leviäkangas, 2016; Kayikci, 2018; Fruth, 2017; Bouklata & Bensfia 2020). A fundamental goal of digitalization is to improve cost-efficiency, meaning that it should bring about more efficient workflows and productivity and thus, result in a decrease in costs. (Qin et al. 2016) Now with better and improved communication and other technologies like 5G, digitalization offers significant potential for ports to improve their efficiency, productivity, security, and sustainability. At this moment, many ports are starting to digitalize operational systems, while the actual level of digitalization varies between ports. In general, however, it is possible to say that smaller ports do not have same resources as larger ports, so it will take time until "normal" ports can be defined as "smart" ports. (Buck et al. 2019; Brunila et al. 2021; Inkinen et al. 2019.)

## AIMS

The aim of this article is to identify and summarize the current situation of digitalization, specifically focusing on port digitalization in the Eastern Gulf of Finland. This article highlights the results from the 'Getting Ready for Cross-border Challenges: Capacity building in sustainable shore use' project on the Eastern Gulf of Finland (GET READY), based at South-Eastern Finland University of Applied Science (Xamk).

This study focuses on the challenges and defines pertinent terminology of sustainability in the maritime sector based on studies written during the GET READY project. This article reviews the literature and the results of work completed in the Get Ready project during the last three years.

## ADOPTING DIGITALIZATION IN SEAPORTS

The benefits of digitalization can be clearly seen and new technologies can provide an even more competitive advantage for ports. (Leviäkangas 2016; Kunnaala-Hyrkki et al. 2015) The most important aspect in competition between ports is shipping lines, infrastructure, and level of service however, digitalization can boost these factors which makes ports

competitive. When a port starts to plan new digitalized system or integrate new devices or equipment in current systems, the initial phases is very crucial, and many things must be taken in consideration. It is vital that ports carefully decide and compare, which technologies are to be integrated or installed into daily operations. In other words, there a quite a lot of different challenges in port digitalization processes. (Brunila et al. 2021.)

Digitalization in ports can face different challenges. Old bilateral systems are usually functional and are built in for certain purposes between port, forwarding agency and industry companies. New system requirements are usually more complex, and more data is needed and collected from more sources with different techniques. When implementing or planning a new system, a common obstacle is that the old current systems are still operating, and thus both systems should be in operational use at the same time. In these ecosystems, there might be failures especially in connectivity or incompatible systems with other stakeholders that are involved in the system. (Brunila et al. 2021.)

Another crucial part is recourses, which effects every part of digitization. According (Qvin et al. 2016), smaller ports and companies especially do not have the same or similar resources as larger ones do. Investments in digitalization requires long term planning to achieve the best results. Early stage of the digitalization project should start with allocating the required resources for the planning, implementation and operation phases. Every digitalization or IoT project requires specialized skills from the users, including HR who oversee staffing. In some instances, a lack of resources can cause resistance towards digitalization, robotization and automation. Resistance is a negative attitude towards new systems or development. Increased costs and the fear that a human workforce will be not needed anymore are rooted in a lack of understanding of digitalization process and are as such often a major reason for resistance. (Inkinen et al. 2019.) In Finland, labor unions fear that digitalization decreases the need for workers in the port and maritime industry. In some cases, this concern might be true, but digitalization also transforms the work description and tasks. The need for a work force is same, but the work tasks and education needs transform.

## **BEST PRACTICES OF DIGITALIZATION IN PORTS**

Best practices comprise the most effective ideas, techniques, or methods that have been adopted during daily operations. Best results have become a standard way to do business in compliance with legislation and ethical requirements. In the port and maritime sector, best practices are processed in the same way when new solutions are developed to solve problems, decrease effects (emission, energy, costs), or increase efficiency. Some best practices are developed on purpose and some accidentally. Methodology in best practices is based on the principle of “plan, do, check, act”, which means creating best practices is a continuous process. Best practices enhance the operations of a port and helps them to choose the most cost-effective measures for increasing the level of digitalization.

Open data can be defined as data that refers to information that can be freely used, modified, and shared by anyone for any purpose (van Knippenberg, 2020). Open data, and especially the sharing of open data, is not commonly used in ports. Despite being free and openly available, it seems that the data collected in ports is not willingly passed on to others for free, if it does not benefit both parties. Potentially, more open information sharing might improve the operations of a port as a whole and facilitate the development of various applications based on the shared information. (Hannula, 2020.)

## SUCCESSFUL PILOT CASES IN PORTS

Ports in the Gulf of Finland actively participate in Research and Development projects. Most of the projects are led by universities but in some cases, ports implement their own R&D and piloting projects to boost their own activities. Development between ports and universities are often related to experimental piloting of new technologies such as, 5G, IoT, working machines, emission measurements technology or energy-saving technologies. The role of a port in these situations is akin to that of a platform or testbed for these pilots (Wang & Sarkis, 2021; Liu et al. 2020).

One ongoing digitalization project is '5G–Future Innovation Platform for Logistics' that develops a 5G pilot test network in Finland's largest universal port (HaminaKotka). The project's goal is to increase knowledge about 5G technology and produce comprehensive insight on implementation practices. Benefits can be seen easily through technical measures such as data transaction speed (Gb/Mb per second) or low latency readouts. The actual benefits may also present themselves when the operation takes place as it has been seen in this 5G project. Systems compatibility is important because it may be completed modularly to prolong technology lifespan and integration with other systems.

## CONCLUSIONS

This article identifies and summarizes the main findings of Xamk's port and digitalization work in the Get Ready project. In the development of the port and maritime sector in the future, digitalization has a major role to play. The benefits of digitalization are proven, but there are potential hindrances in the early stages of implementing digital solutions. The identified challenges of digitalization in ports are mostly related to incompatible systems, lack of resources, and resistance towards digitalization. The level of digitalization in Finnish ports are advancing quite rapidly. Ports are in different phases of digitalization, some are taking first steps and other ports have invested in different systems like 5G network, digital twins or other digital devices. Despite a relatively good situation in many Finnish ports, there are not much open data sharing practices or information available that is perceived as useful by other stakeholders. This may be explained by the fact that the benefits of open data may not be known or may not be sufficiently familiar, and there may be a need for

training in this regard. Ports are actively participating in R&D projects with universities, private companies or by themselves. Over the past few years, many successful projects have been implemented to improve ports efficiency, productivity, security and sustainability. Best practices are also one key factor to test solutions to achieve a better understanding and efficiency in digitalization, while also raising environmental awareness.

Getting Ready for Cross-border Challenges: Capacity building in sustainable shore use project on the Eastern Gulf of Finland (GET READY). The project raises awareness and interest in increasing environmentally sustainable development and readiness for stakeholders on the vulnerable coastline. The main objective of the GET READY project is sustainable development in Finland and Russia, focusing on the Port of Hamina-Kotka in Finland and all general cargo Russian harbors in the Eastern Gulf of Finland. The GET READY project started in May 2019 and it is jointly funded by the European Union, Finland, and Russia ENICBC program. The aim of the project is to pursue UN sustainable environmental measures and training for ports and their stakeholders in the region. We study the digitalization of ports, specifically areas that focus on climate change mitigation and decision-making, as well as identifying best practices that affect them. The greater focus is on the whole maritime industry.



## REFERENCES

- Bouklata, A. & Bensfia, C. 2020. Digitalization of port passage procedures: Focus on the transit time of Goods. *13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2020*, article nr. 9353931. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA49782.2020.9353931>.
- Brunila, OP., Kunnaala-Hyrkki, V. & Inkinen, T. 2021. Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation. *Eur. Transp. Res. Rev.* 13, 62. Saatavissa: <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00523-0>.
- Buck, W., Gardeitchik, J. & van der Deijl, A. 2019. Move forward: step by step towards a digital port. White article. Port of Rotterdam, British Port Association. [Accessed 5th September 2022].
- European Parliament. Committee on Industry, Research and Energy. 2022. Draft opinion on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council The use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC (COM(2021)0562 – C9-0333/2021 – 2021/0210(COD)). Available at URL: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ITRE-PA-704703\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ITRE-PA-704703_EN.pdf) [Accessed 5th September 2022].
- IMO 2021. International Maritime Organization. Cutting sulphur oxide emissions. Available at URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx> [Accessed 5th September 2022].
- Inkinen, T., R. Helminen & J. Saarikoski. 2019. Port Digitalization with Open Data: Challenges, Opportunities, Integrations. *Journal of Open Innovation* 5, 2, 30. <https://doi.org/10.3390/joitmc5020030>.
- Inkinen, T., Helminen, R. & J. Saarikoski 2021. Technological Trajectories and Scenarios in Seaport Digitalization. *Research in Transportation Business and Management*. 41, 100633. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100633>.
- Hannula, L. 2020. Best practices for digitalization of cargo ports in Eastern Gulf of Finland. Available at: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020051912228> [Accessed 5th September 2022].
- Heilig, L, Lalla-Ruiz, E. & Voß, S. 2017. Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*. 18, 2–3, 227–254. <https://doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x>.

HELCOM. 2018. HELCOM Maritime Assessment 2018. Maritime Activities in the Baltic Sea. ISSN: 0357-2994. Available at URL: <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152-1.pdf> [Accessed 5th September 2022].

Kayikci, Y. 2018. Sustainability impact of digitalization in logistics. *15th Global Conference on Sustainable Manufacturing (GCSM)*. *Procedia manufacturing*. 21, 782–789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>.

Kunnaala-Hyrkki, V., Brunila, O.-P., Nygren, P. & Hämäläinen, E. 2015. Management of Ports' Environmental Effects – A Comparative Review. Publications of the Centre for Maritime Studies at the University of Turku A72/2015. [Accessed 5th September 2022].

Leviäkangas, P. 2016. Digitalization of Finland's transport sector. *Technology in Society*. 47, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.07.001>.

Qin, J., Liu, Y. & Grosvenor, R. 2016. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*. 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>.

Tuomala, V. Brunila, OP & Hannula, L. 2021. Getting Ready for the Cross-border Challenges – towards Digitalization, pages 120-128. Suuntaa antamassa. Tuloksia Logistiikan ja merenkulun tutkimus- ja kehitystoiminnasta 2020 publication. Available at URL: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-291-7> [Accessed 5th September 2022].

van Knippenberg, L. 2020. Open data best practices in Europe: Learning from Cyprus, France and Ireland. Analytic Report 16. DOI: 10.2830/937861.

# THE BASICS OF CYBERSECURITY FOR PORT AND MARITIME SECTOR IN THE EASTERN GULF OF FINLAND

Vesa Tuomala and Olli-Pekka Brunila

Maritime transportation plays a central role in global trade and logistics with over 52,000 vessels in service. The maritime sector is responsible for 90% of transportation of all goods globally. Ports and maritime transportation are the primary facilitators of foreign trade (export and import) for many countries. Finland and Russia both depend on ports and ships. The Eastern Gulf of Finland is vital for both countries because the port of HaminaKotka is Finland's largest universal port and on the Russian side of the border is an export port for natural resources and import port of St. Petersburg. Digitalization and connectivity bring many advantages to the industry but also threats. Modern ships have much technology with firmware and software that assists with navigation and communication but creates opportunities for cyberattacks via communication systems. Cybersecurity is one of the biggest issues that concerns digitalization on a larger scale. (Ben Farah et al. 2022; Davri et al. 2021; Koukaki et al. 2020; Tuomala 2020.)

IMO (International Maritime Organization) traditionally has conventions (SOLAS, ISM, ISPS) which are focused on safety, safety management, and environmental issues. Maritime cyber risks have become reality in shipping companies. Since 2017, IMO adopted guidelines on Maritime Cyber Risk Management and Cyber Risk Management in Safety Management Systems which creates a foundation for cyber security issues in maritime sector. (Jović et al. 2020; Tuomala 2020.) Digitalization creates the same kind of threats to ports and port operations as it does to ships. Ports, along with other organizations, have started to develop guidelines and ready their operational model for cyber-attacks. A prerequisite for a risk assessment requires an inventory of existing devices, infrastructure, data, and processes and clear definitions of which of them are critical for port operations. (Brunila et al. 2021; Jović et al. 2020.)

## AIM AND METHODOLOGY

This article investigates the results of the 'Getting Ready for Cross-border Challenges: Capacity building in sustainable shore use' project on the Eastern Gulf of Finland (GET

READY) from the years 2019-2022. The main objective of the GET READY project is to generate interest in increasing the awareness and readiness of environmentally sustainable development for stakeholders on the vulnerable coastline. One of the objectives is to identify best practices for development of the digitalization of port owners and operators, as well as shipping companies.

The aim of this article is to summarize and identify how the rate of port and maritime-related cyber-attack risk will increase, while addressing the need to raise awareness for the prevention and mitigation of incidents for maritime stakeholders. This study focuses on the challenges and defines the basics of cybersecurity in ports and maritime sectors based on the studies written during the GET READY project. This article reviews the literature and the results from the Get Ready project during the last three years.

This article first explores relevant issues and background information to the topic. Then focuses on cybersecurity challenges and defines the pertinent terminology of maritime cybersecurity. The research on cybersecurity was written during the GET READY project, along with international regulations and threats. These results examined ways of preventing and minimizing security breaches while decreasing recovery time. The final part of the article discusses the identified best practices to understand cybersecurity in the maritime industry. The article provides a general understanding of cybersecurity and the importance of awareness of the passenger and crew on board, and personnel ashore.

## **DIGITALIZATION IN PORTS, VEHICLES AND SHIPS**

“Digitalization – An Unstoppable Mega Trend” says Hans Gillior in his article for The Institute for Digital Transformation (2018). Digitalization is a megatrend that dominates the direction of the future even more than the industrial revolution. It is forecasted that the entire shipping and logistics industry will be revolutionized. The development of digital and electronic solutions is growing and their use in ports will only increase. Nearly half of all new port projects in the next five years will become partially or fully automated. The digital era of logistics and maritime is expected to grow, taking advantage of digitalization with end-to-end solutions from customers to customers. (Tuomala et al. 2021; Tuomala 2020; Hannula 2020.)

The ports and maritime industry seek innovations for efficiency, productivity, safety, security, and addressing sustainability issues. The maritime sector needs to be cost-effective and environmentally friendly. Digitalization makes economic growth possible; it reduces emissions and increases safety and security in logistics chains. Digitalization may reduce fuel consumption, facilitate effective loading and unloading cargo operations, and improve vessels’ performance. Problem scenarios of digitalization include lack of training, and unreal expectations that may slow down the information flow of used tools. (Deling et al. 2021; Hannula 2020.)

The German concept of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0, Industrie 4.0, I40) strategy is the integration of cyber-physical systems (CPS) and Internet of Things and Services (IoTS) with enhancing productivity, efficiency, and flexibility of production processes resulting in economic growth. The I40 defines the transformation in next-generation logistics maritime industry, including Shipping 4.0, Port 4.0, shipbuilding as Smart ship 4.0, and Marine 4.0. The term smart is defined to several factors: autonomous robots and systems, Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality (AR), Automated Guided Vehicles (AGVs), Big data and analytics, Cloud computing, Cybersecurity, Internet of Things (IoT), Industrial Internet of Things (IIoT), Machine learning (ML), Simulation Modelling (SM), Virtual Reality (VR) and the new standards by horizontal and vertical system integration, 3D printing, and additive manufacturing. 5G connection, automated and remote-controlled cranes, autonomous systems and automated yard planning, autonomous vessels, open data, devices, sensors, robotics, automation, digital twins, and blockchain technology terms belong to the next level of ports and ships. Today, Smart ports and Smart ships describe automated ports and vessels using these smart technologies to improve efficiency and effectiveness as overall performance, sustainability, and security. Digital solutions based on the Internet of Things (IoT), machine learning, and robotics are being integrated into various layers of the logistics chain. Today, smart ports are fully AI-powered autonomous harbors that have implemented these megatrends and advanced analytics, including decision-making for autonomous workflow management. The remote-controlled and autonomous vessels are planned to sail on short-sea waters in the near future. (Jo et al. 2020; Gurumurthy et al. 2019; A Menon 2019.)

Key technologies for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) include Cyber-physical systems (CPS) integrating communication, computing processes, and control technology (3C) with characteristics of physical processes like performance, real-time, reliability, and security. Autonomous intelligence needs multi-source information of vessel's own navigation status, surrounding environment, equipment status, and inter-vessels, vessel-to-shore interaction. The Integrated Bridge System enables alarm monitoring, communication, collision avoidance, control automation, driving control, information centralized display, navigation management, perfect navigation, and shore station support for the shore-based personnel. With the possibilities of IoT and system of AIS (Automated Information System), ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), electronic chart display and information system, Global Positioning System (GPS), integrated bridge system, radar, radio frequency identification (RFID), video surveillance, and the combination of other technical equipment can develop autonomous and intelligent vessels. (Jo et al. 2020).

## THE TERMINOLOGY OF CYBERSECURITY

Cybersecurity is defined in the Cambridge Dictionary as “the things that are done to protect a person, organization, or country and their computer information against crime or attacks carried out using the internet”. It means, that cybersecurity protects the devices,

networks, and data from unauthorized access. Information technology (IT) cybersecurity is based on the acronym “CIA”, which means ‘Confidentiality’, ‘Integrity’ and ‘Availability’. Confidentiality means that the information is not available to anyone who does not have access. Integrity means that information is accurate and complete. Availability means that you have access to the data and it’s usable when you need the information. For operational technology (OT), there is the acronym CAIC, which means control, availability, integrity, and confidentiality. Control means that you can control the process and you can change the process safely and securely. The highest priority for the system owner is that you or other person in the organization can change the processes for increased safety for people and assets in the event of cyber-attack of any system.

International Maritime Organization (IMO) regulates port safety and security with the ISPS code, which means International Ship and Port Facility Security. ISPS includes procedures for physical security on ports, and protecting underway, berthed, and docked vessels. ISPS also states how to develop a cybersecurity assessment (CSA) and a cybersecurity plan (CSP), which are important tools for Cybersecurity Officers. IMO regulates also international shipping and global standards for safety and security. IMO has issued guidelines on maritime cyber risk management, which became valid in January 2021. The port and maritime sector should understand that cyberattacks are a threat to member state administrations, classification societies, ship-owners and ship operators, ship agents, equipment manufacturers, and service providers. Cyber-attacks also ports and port facilities, and all other maritime industry stakeholders. (Tuomala 2021b.)

## WHO IS THE ATTACKER?

Studies show that there are six groups of attackers. First are private individuals, who do not necessarily have criminal intent. Do they want to break the firewalls to get in the systems, vandalize company’s websites or maybe teenagers doing low-level criminality just for fun? The second group of cyber-attackers is activist groups, seeking publicity or disturbing specific cargo handling and operations in ports and ships. Commercial competitors are the third group, such as espionage groups seeking unauthorized access and spying on sensitive information like intellectual property, commercial information, corporate strategies and personal data. In other words, they seek to disrupt for commercial purposes. The fourth group is organized criminal gangs, cybercriminals, which seek financial gain, damage, thieving cargo or want to smuggle goods or people. Some groups seek the possibility to avoid taxes and excise duties. Terrorists are using the port and maritime sector to cause fear and economic and physical disruption. Warfare is conflict between nation-states and cyber-attacks to disrupt shipping systems and infrastructure that affects ports and ships’ operational use. The aim can be to disable some specific ships to operate, for example, tankers. These groups can be state-sponsored actors. (Tuomala 2021b.)

According to the authors' research, IoT devices are expanding rapidly also in the industrial sector. The logistics industry implements increasingly IoT devices. IoT technology allows the connection of physical objects to the digital world. The IoT device, system, and vehicle users can connect to different networks. The automation of processing orders and the efficiency of order deliveries can be interrupted by cyberattacks from the internet. Machines and their sensors are integrated into the industrial processes to send accurate information to the system. IoT can increase productivity by enabling faster decision-making, real-time control, service time reduction, process optimization, and the development of new business models and enhanced operational efficiency, and resource conservation globally. This enhances cost-savings and security improving resources by the production of data and statistics. For example, Rotterdam Port uses an IoT platform that defines docking time for ships, loading and unloading times, enabling more ships to be moored in the docks, and finally predicts arrival and offloading times. The platform makes decisions to reduce waiting times with the help of analyzed data. The investments and growth of IoT devices interest criminal groups which operate on the internet. Cybercriminals are aware of weaknesses with personal devices and smart telephone and technology systems at work. Cybercriminals use ransomware with phishing emails or that are embedded in malicious web pages. Ransomware can also be a strategy to hide evidence of a more serious incident. A Distributed Denial-of-Service (so-called DDoS) attack is used in the same way to hide traces from an attack. Malware attacks can be used to delete event logs and avoid detection. Infected organizations with backups may recover more quickly. Cybercriminals are increasing attacks on the maritime sector, on shipping systems and vessels. Cyber-attacks are a reality. Studies also show that cyber-attacks have increased during the CoVID-19 era. (Tuomala 2020; Tuomala 2021a, b.)

## HOW TO PROTECT NETWORKS?

First, the company needs to make a risk survey. Risk management is a process of identifying, controlling, and eliminating or minimizing uncertain events to assets, operations, and resources. This includes events to missions, functions, image or reputation, and to individuals. The process includes a risk assessment, cost-benefit analysis, and the selection, implementation, and testing of security and controls. Port and shipping organizations should use the 'Plan-Do-Check-Act' cycle to ensure and manage cybersecurity. The circle of monitoring cyber threats and enhancing the continuous improvement of the organization lowers the possibility of criminal attacks. The reason for this Plan-Do-Check-Act cycle is to understand the process and importance of protecting ports and ships' IoT devices and networks from cybercriminals. The sense of personnel needs to be at an extraordinary level. One of the most important tasks is cybersecurity training for personnel. Users need to be more skeptical and awake for abnormal situations than ever. Nobody should give out their passwords and personal information to anyone who is asking strange questions without appropriate identification and authorization. Nobody should click strange links from suspicious emails. Using public WIFI connections should be avoided when accessing sensitive

websites. Updated antivirus software and firewalls must be used, together with a possible Virtual Private Network (VPN) option for proper security. Computer users should always lock unattended workstations and save their passwords. Personnel should not use illegal software and be responsible when using social media for their personal communication. Portable storage equipment and USB memory sticks should be controlled and prevent misuse of them. (Tuomala 2020; Tuomala 2021b.)

Using public WIFI connections should be avoided when accessing sensitive websites. Even if the users have antivirus software and firewalls, and a Virtual Private Network (VPN) which establishes an encrypted and secure tunnel to the corporate servers and cloud network, there are some privacy and security risks. Privacy protection promises from software application providers may not be protected with various technology providers. These combinations may include some developer errors and misconfigurations for the latest network technology.

An attack on a ship's IT systems can endanger life or its safe operation. An attack on a vessel's OT system risks the crew and passengers' safety. Cyber criminality may result in a massive financial risk for the shipping company. The risk can be environmental, financial, reputational, and to life or property. The guidelines on cybersecurity for onboard ships include a comprehensive summary list of potentially vulnerable target systems, equipment and technologies, and data onboard ships. These systems are (Tuomala 2021b):

1. Access control and safety systems
2. Bridge control systems
3. Cargo management systems, loading and stability
4. Communication systems
5. Passenger-facing networks
6. Passenger servicing and management systems
7. Propulsion and machinery management and power control systems
8. Operations, network and physical security, ICS systems

## DISCUSSION

Ports, terminals, and vessels are critical infrastructures to the Finnish economy and potential objectives for criminal attacks and terrorism. Automation and navigation systems onboard are mission-critical applications. Cybersecurity is one of the top risks at ports and ships.

Ports, and vehicles operating there, are going to have more intelligent peripherals and connections to their networks, the internet, and cloud services, instead of purely human-driven work. Modern ships are like onshore factories, full of automation and digitalized technology today. In the future, we will have smart ports and smart ships, which are full of automation and internet connections. Smart ports are fully autonomous ports with autonomous workflow management. Fully automated port terminals are already a reality.



Smart ports and advanced ships (both remote-controlled and autonomous vessels) are integrated into the logistics chain with digital solutions. These are controlled by Information Technology (IT) and Operational Technology (OT). Both cyber safety and cybersecurity mean protection for personnel and port, and the ship and its cargo against unauthorized access to information and data. These terms include also cyber safety and cybersecurity of the ports and ships' IT and OT systems.

According to research done, there could be a need to study more operational technology systems and the effect of human factors. The human factor is a contributor to 80 percent of accidents. Very interesting research could be how to secure, prevent and mitigate cybersecurity attacks to the critical infrastructure as ports and vessels. The recommendation and best practices should also be clarified, and practice to execute exercises for the port operators and ship personnel.

## REFERENCES

- A Menon. 2019. Economics and DNV GL. The Leading Maritime Capitals of the World. Available at URL: <https://www.menon.no/wp-content/uploads/Maritime-cities-2019-Final.pdf> [Accessed 5th September 2022].
- Ben Farah, M.A., Ukwandu, E., Hindy, H., Brosset, D., Bures, M., Andonovic, I. & Bell-ekens, X. 2022. Cyber Security in the Maritime Industry: A Systematic Survey of Recent Advances and Future Trends. *Information*. 13, 22. Available at URL: <https://doi.org/10.3390/info13010022> [Accessed 5th September 2022].
- Brunila, O.-P., Kunnaala-Hyrkki, V. & Inkinen, T. 2021. Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation. *Eur. Transp. Res. Rev.* 13, 62. Available at URL: <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00523-0> [Accessed 5th September 2022].
- Davri, E.C., Darra, E., Monogioudis, I., Grigoriadis, A., Iliou, C., Mengidis, N., Tsikrika, T. Vrochidis, S., Peratikou, A. & Gibson, H. 2021. Cyber Security Certification Programmes. *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR)*, Rhodes, Greece, 26–28 July 2021; pp. 428–435. Available at URL: <https://doi.org/10.1109/CSR51186.2021.9527974> [Accessed 5th September 2022].
- Deling, W., Dongkui, W., Changhai, H. & Changyue, W. 2020. Marine Autonomous Surface Ship - A Great Challenge to Maritime Education and Training. *American Journal of Water Science and Engineering*. 6, 1, 10-16. Available at: <https://www.sciencepublishing-group.com/journal/paperinfo?journalid=369&doi=10.11648/j.ajwse.20200601.12> [Accessed 5th September 2022].
- Digital Transformation Monitor. 2017. Germany: Industrie 4.0. Available at URL: [https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM\\_Industrie%204.0\\_DE.pdf](https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%204.0_DE.pdf) [Accessed 5th September 2022].
- Gurumurthy, A. & Bharthur, D. Impact of Digitalisation in the Ports Sector. Friedrich-Ebert-Stiftung. Available at URL: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/indien/15910-20200116.pdf> [Accessed 5th September 2022].
- Hannula, L. 2020. Best practices for digitalization of cargo ports in Eastern Gulf of Finland. Available at URL: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020051912228> [Accessed 5th September 2022].
- Jo, S., D'agostini, E. & Kang, J. 2020. From Seafarers to E-farers: Maritime Cadets' Perceptions Towards Seafaring Jobs in the Industry 4.0. *Sustainability*. 12, 19. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12198077> [Accessed 5th September 2022].

Jovic, M., Tijan, E., Aksentijevic, S. & Čišić, D. 2019. An overview of security challenges of seaport IoT systems. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, *MIPRO 2019 - Proceedings*, article nr. 8757196, 1037–1042. Available at: <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757206> [Accessed 5th September 2022].

Koukaki, T. & Tei, A. 2020. Innovation and maritime transport: A systematic review. *Case Stud. Transp. Policy* 2020. 8, 700–710. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.07.009> [Accessed 5th September 2022].

Tuomala, V., Brunila, O.-P. & Hannula, L. 2021. Getting Ready for the Cross-border Challenges – towards Digitalization, pages 120-128. Suuntaa antamassa. Tuloksia Logistiikan ja merenkulun tutkimus- ja kehitystoiminnasta 2020 publication. Available at: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-291-7> [Accessed 5th September 2022].

Tuomala, V. 2020. Logistics and maritime need to focus to cybersecurity in the internet of things (IoT) Technology. Xamk Beyond 2020. At Your Service – Business Development, Co-operation, and Sustainability Pages 95-109. Available at: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-279-5> [Accessed 5th September 2022].

Tuomala, V. 2021a. IoT Productivity Versus Cybersecurity. Is the risk worth it? Available at: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-338-9> [Accessed 5th September 2022].

Tuomala, V. 2021b. Maritime cybersecurity. Before the risks turn into attacks. Available at: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-360-0> [Accessed 5th September 2022].

# HYBRIDIKUSTOT ALUKSISSA

Tomi Korhola

Ajoneuvoista tutut hybridiratkaisut ovat tekemässä tuloaan myös merenkulkuun. Päästövaatimukset tiukkenevat meriliikenteenkin osalta kovaa vauhtia eikä siirtyminen biopolttoaineisiin enää yksin riitä täyttämään näitä vaatimuksia. Seuraavana ratkaisuna päästötavoitteiden saavuttamiseksi pidetään erilaisiin hybridiratkaisuihin siirtymistä tai hybridijärjestelmien lisäämistä jo olemassa oleviin aluksiin. Hybridiratkaisuihin siirtymisen ensiaskel on todennäköisimmin akkuteknologian lisääminen alukseen energiavarastoksi. Tässä artikkelissa pyrin selvittämään pääkohtia eri luokituslaitosten, kuten Det Norske Veritas DNV, American Bureau of Shipping ABS ja Lloyd's Register, asettamista ohjeistuksista, joiden perusteella akustot saadaan hyväksytyä merenkulkuun.

## HYBRIDIKUSTON KOOSTUMUS

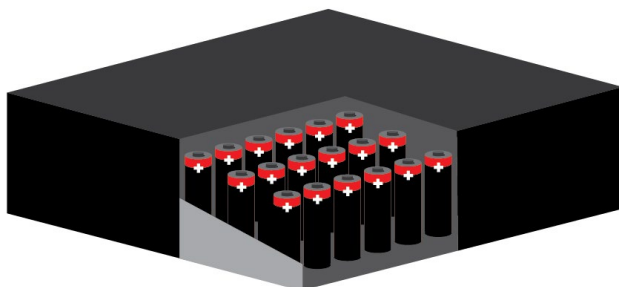
Perinteiseen käynnistysakkuun tai kesämökillä olevaan vapaa-ajan akkuun verrattuna hybridijärjestelmä on jonkin verran monimutkaisempi kokonaisuus. Auton käynnistysakku on usein kytketty suoraan auton sähköjärjestelmään, koska siinä oleva jännite on jo valmiiksi sama kuin muussa järjestelmässä. Kesämökin vapaa-ajan akku voi olla suoraan kytketty tai akun ja sähköjärjestelmän välillä voi olla invertteri, jolla akun jännite ja virta muutetaan vastaamaan kiinteistöissä yleistä 230 voltin vaihtovirtaa.

Aluksissa käytettävät hybridijärjestelmät lähtevät rakentumaan yksittäisestä akkukennosta, johon varataan sähköenergiaa elektrokemiallisesti (Kuva 1). Tällaisella kennolla on tietty kapasiteetti ja jännite (DNV.2016. Sivu 18). Yksittäinen kenno ei vielä saa aikaan kovin suurta energiavarastoa, ja sen jännite voi olla esimerkiksi 3,2 V. Mutta näitä kennoja on mahdollista kytkeä sarjaan, jolloin jännitteeksi voidaan saada jopa 1000 V. Akuston kapasiteettia puolestaan saadaan kasvatettua kytkemällä riittävästi kennoja rinnan. Kennot ovat yleensä muodoltaan sylinterin muotoisia tai neliskanttisia.



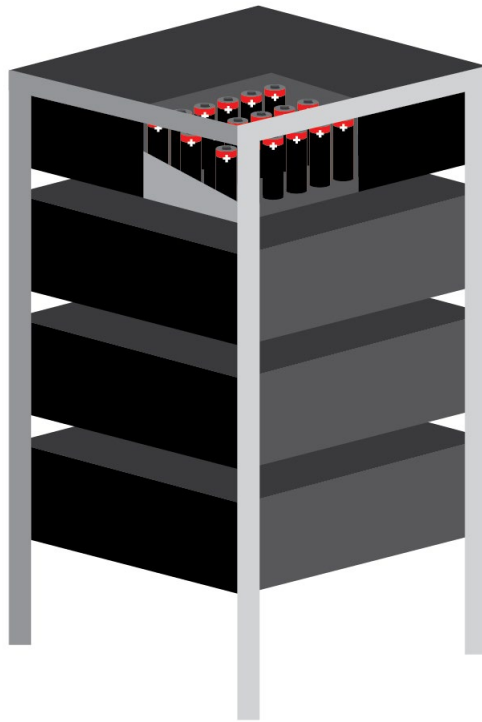
**Kuva 1.** Mallipiirros sylinterin muotoisesta akkukennosta.

Näitä usean kennon kokonaisuuksia kutsutaan moduuleiksi (Kuva 2). Moduuli on pienin kokonaisuus, joka on mahdollista erottaa akustosta. Moduuleja on mahdollista kasata esimerkiksi asennusräkkiin (Kuva 3), ja kytkemällä niitä joko sarjaan tai rinnakkain pystytään vaikuttamaan akuston jännitteeseen ja kapasiteettiin. Tällaista moduulikokonaisuutta kutsutaan ketjuksi tai sarjaksi, ja se on pienin kokonaisuus, jonka jännite vastaa aluksen kiskon jännitettä. Moduuliratkaisut mahdollistavat saman akkupaketin käytön erilaisissa järjestelmissä, koska käytettävää jännitettä tai kapasiteettia on helppo muuttaa muuttamalla moduulien määrää. Näin ei tarvitse rakentaa jokaiselle käyttötarkoitukselle omaa akustoaan. Moduulit sisältävät myös jonkin verran elektroniikkaa, ja ne voivat esimerkiksi valvoa yksittäisen kennon lämpötilaa, jännitettä ja virtaa sekä balansoida jännitettä eri kennojen välillä. Tällaiset moduulikokonaisuudet kykenevät toimimaan myös itsenäisenä osana sähköjärjestelmää (DNV.2016. Sivu 18).



**Kuva 2.** Esimerkki piirros sylinterin muotoisista akkukennoista koostuvasta moduulista.

Itsenäiset moduulikokonaisuudet muodostavat sitten itse akuston. Akusto koostuu yhdestä tai useammasta moduulikokonaisuudesta ja kaikesta elektroniikasta, mitä kokonaisuuden toiminta ja käyttötarkoitukset vaativat (DNV.2016. Sivu 18).



**Kuva 3.** Esimerkkipiirros akkumoduuleista asennusräkissä.

Akuston toimintaa ohjaa battery management system (BMS) eli akun hallintajärjestelmä. BMS vastaa akuston ohjauksesta, valvonnasta ja monitoroinnista. Tärkein BMS:n tehtävä on akuston suojaus vikatilanteiden ja ylikuumentumisen varalta. BMS pitää akuston jännitteen akkutyypin mukaan määrättyllä raja-alueella ja suojaa siten akustoa yli- ja alijännitteeltä sekä ylisuurilta virroilta. Vikatilanteessa tai ylikuumentumisen seurauksena BMS pystyy erottamaan akuston järjestelmästä. BMS voi myös ohjata akuston kennojen balansointia esimerkiksi määrittämällä kennokohtaisia purkuvirtoja. Balansointi tarkoittaa sitä, että yksittäisten akkukennojen jännite pyritään pitämään samana. Koska jokainen kenno on oma yksilönsä, niiden ominaisuuksissa ja toiminnassa voi olla eroja, joita voidaan tasata käyttämällä esimerkiksi erisuuruisia purkuvirtoja. Akkumoduulin sijainnilla räkissä voi myös olla vaikutusta sen virtoihin. Lähimpänä liitäntää, josta virta otetaan akustosta kulluttajille, olevan akkumoduulin purku- ja latausvirrat ovat todennäköisesti suuremmat kuin kauimpana olevalla akkumoduulilla. BMS vastaa myös siitä, että akusto reagoi nopeasti aluksen sähköjärjestelmän pyyntöihin.

## AKUSTON SIJOITUS ALUKSELLA

Luokituslaitosten ohjeistuksista ilmenee hyvin yhtenevästi, että akusto tulee sijoittaa aluksella erilliseen tilaan, esimerkiksi akkuhuoneeseen. Akkuhuone ei saa sijaita aluksen keulassa törmäyslaipion etupuolella. Akkuhuone on suunniteltava siten, että se kestää kaikki aluksen liikkeet ja laitteisto pysyy paikallaan (DNV.2016). Akkuhuoneeseen ei saa sijoittaa ylimääräisiä esineitä, jotka liikkuaessaan voivat vaurioittaa akustoa. Akkuhuoneen seinien on myös täytettävä vaaditut paloluokitukset ja estettävä palon leviäminen muualle alukseen. Seinien on estettävä myös akkuhuoneen ulkopuolella olevan tulipalon leviäminen akkuhuoneeseen ja huoneen lämpeneminen liian kuumaksi (ABS. 2022. Sivut 17–18).

Akuston toiminnan ja keston kannalta on tärkeää huomioida akkuhuoneen lämpötila ja ilmankosteus, jotka on pidettävä akuston vaatimalla tasolla. Jäähdytysjärjestelmä on myös kahdennettava, jotta jäähdytyksen toimivuus saadaan varmennettua. Jäähdytysjärjestelmän on oltava riittävän tehokas, jotta akuston toiminta mahdollistetaan muuttuvissa sääoloissa ja kuormitustilanteissa. Lämpötilaa täytyy pystyä säätämään myös ääriolosuhteissa, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi kuumaa ulkolämpötilaa ja akuston maksimaalista kuormitusta samanaikaisesti (DNV.2016).

Mikäli aluksen akuston kapasiteetti ei ole kovin suuri, riittävä jäähdytys on mahdollista toteuttaa ilmajäähdytyksellä. Ilmajäähdytteisissä akustoissa kylmä ilma johdetaan akustokaapin alaosaan ja sieltä se kulkee akuston kennojen tai moduulejen välistä kaapin yläosaan. Ilmajäähdytystä on mahdollista tehostaa johtamalla ilma ennen akustoa meriveden jäähdyttämän lämmönvaihtimen kautta. Kun tämä lämmönvaihdin yhdistetään vielä aluksen jäähdytysjärjestelmään, on sillä mahdollista myös lämmittää akustoa, mikäli kuormitus on pientä ja akuston lämpötila uhkaa laskea liian alhaiseksi. Kun akuston kapasiteetti on suuri ja akustosta otetaan paljon tehoa aluksen sähköjärjestelmiin ja propulsioon, akuston tuottama lämpöenergia kasvaa ja riittävän tehokkaan jäähdytyksen varmistamiseksi voidaan käyttää nestejäähdytystä. Nestejäähdytyksessä on tärkeää huomioida riittävän suuri ja tasainen virtaus, jotta kaikki akuston kennot saadaan jäähdytettyä. Nestejäähdytyksessä on otettava huomioon myös kennojen mahdolliset vikaantumiset ja vuodot, eli miten vaurioituneet kennot saadaan suljettua pois järjestelmästä.

Akkuhuoneen ilmanvaihtoon on myös kiinnitettävä erityistä huomiota. Litiumioniakut muodostavat kaasuja, mikäli ne ylikuumentuvat tai niitä käytetään väärin. Nämä kaasut voivat olla syövyttäviä, myrkyllisiä, syttyviä tai jopa räjähtäviä. Kaasujen muodostumisen takia akkuhuoneen suunnittelussa on tärkeää huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta kaikissa tilanteissa. Ilmanvaihtoon on oltava omat erilliset kanavat, jotta akkuhuoneeseen mahdollisesti muodostuvat kaasut eivät pääse ilmanvaihtokanavia pitkin esimerkiksi majoitustiloihin. Näiden kanavien saumat on hitsattava yhtenäisiksi, ja rakennusmateriaalien valinnassa on otettava huomioon, mitä kaasuja mahdollisessa termisessä karkaamisessa muodostuu. Akkuhuoneen ilman poistokanava on myös sijoitettava sellaiseen paikkaan, jossa mahdol-

liset kaasut eivät aiheuta vaaraa. Ilmanvaihto ja -kanavat on myös pystyttävä sulkemaan akkuhuoneen ulkopuolelta mahdollisessa palotilanteessa (ABS.2022. Sivut 16–17).

Kaasujen kerääntyminen akkuhuoneeseen on estettävä eivätkä ne saa päästä leviämään aluksen sisätiloihin. Huoneen muotoilussa on huomioitava, ettei tilassa ole sellaisia muotoja, joihin kaasut pystyvät kerääntymään, esimerkiksi lattiakaivot tai katossa olevat syvennykset. Akkuhuone tulee myös varustaa kaasunilmaisimilla, joilla huoneen ilmanlaatua pystytään valvomaan. Mikäli tilassa havaitaan kaasua mutta siellä ei ole vielä tulipaloa, tilan tuuletuksen on käynnistytävä heti, jotta mahdollinen palo tai räjähdys pystyttäisiin estämään (DNV.2016. Sivut 52-53). Siihen, minkälainen reaktio ja miten paljon kaasuja muodostuu, vaikuttaa todella moni tekijä. Näitä ovat akun kennon osalta muun muassa kennon koko, rakenne, paine, lämpötila, varausaste ja ikä. Erittäin suuri merkitys on myös sillä, leviääkö lämpöreaktio viereisiin kennoihin. Jos akusto sitten syttyy palamaan, on tärkeää muistaa, että tällaiset palot ovat vaikeita sammuttaa.

## HYBRIDIKUSTON HYVÄKSYTTÄMINEN

Merenkulussa luokituslaitokset, määräykset ja säännökset ovat aina painottaneet turvallisuutta. Sama turvallisuuspainotteisen näkökannan merkitys on suuri myös hybridiratkaisuiden suunnittelussa, ja sen takia luokituslaitokset vaativat turvallisuuskuvauksen ja turvallisuusarvioinnin. Näistä turvallisuuskuvauksen laatiminen kuuluu akuston valmistajalle ja turvallisuusarvioinnin laatiminen järjestelmän asentajalle. Luokituslaitos DNV:n mukaan turvallisuusarvioinnissa on neljä pääkohtaa: vaarojen tunnistaminen, riskien arviointi, riskien hallinta ja sisällytettävät toiminnot. Turvallisuusarviointi kannattaakin ottaa mukaan projektiin jo suunnitteluvaiheessa heti, kun akuston valmistaja on valittu, jolloin mahdollisiin riskeihin on helpompi kehittää ratkaisuja (DNV.2016. Sivut 28-29).

Yksi arvioinnin merkittävimmistä riskeistä on tulipalo. Laivaympäristössä tulipalot ovat jo muutenkin yksi suurimmista riskeistä, ja niiden torjuntaan ja sammuttamiseen on panostettu paljon niin kaluston kuin harjoitustenkin osalta. Akustojen kannalta katsottuna tulipaloja on kahdenlaisia: ulkopuolisia ja akuston sisäisiä. Toistaiseksi tyypillisin akustoissa käytettävä akkutyyppi on litiumioniakku, joka on haastava sammutettava, koska itse akku sisältää tai tuottaa kaiken paloon vaadittavan, eli lämmön, hapen ja palavan materiaalin. Akustojen kotelointi ei myöskään helpota sammuttamista, koska sisäistä paloa tai termistä karkaamista on vaikea päästä sammuttamaan tai jäähdyttämään.

Koska suurin osa aluksista on kuitenkin erilaisia toisiinsa nähden, on vaikea laatia yhtä ohjetta, jota noudattamalla akusto tai akkuhuone saadaan turvalliseksi jokaiseen alukseen. Tarjolla on myös useita eri akkukemioita, jotka vaikuttavat akkujen käyttäytymiseen vika-tilanteissa. Tällä hetkellä akkujen kehitys on myös todella nopeaa, joten tarkkaan laaditut ohjeistukset vanhenisivat nopeasti. Niinpä nämäkin ohjeet antavat hyvät lähtökohdat suunnittelulle, mutta pääsääntöisesti suositellaan olemaan yhteydessä luokituslaitoksiin jo suunnitteluvaiheessa (Lloyd's Register. 2016. Sivu 8).



## LÄHTEET

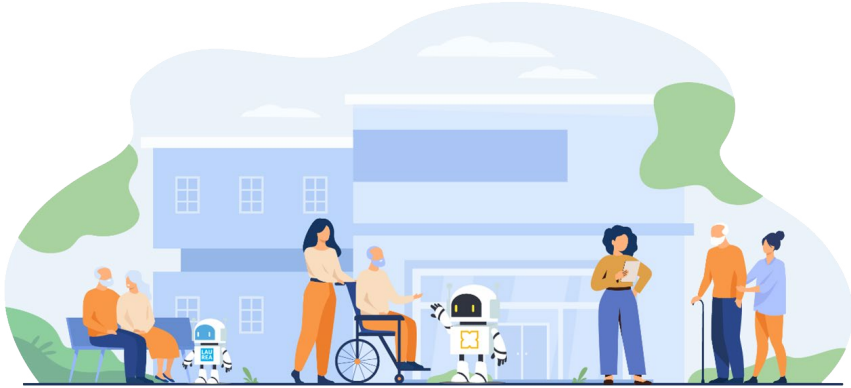
ABS. 2022. Guide for Use of Lithium-ion Batteries in the Marine and Offshore Industries. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/275\\_lithiumbatteries\\_marine\\_offshore\\_2022/lithium-ion-batteries-guide-jan22.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/275_lithiumbatteries_marine_offshore_2022/lithium-ion-batteries-guide-jan22.pdf) [viitattu 18.8.2022].

DNV. 2016. Handbook for Maritime and Offshore Battery Systems. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-and-offshore-battery-systems-download.html> [viitattu 10.8.2022].

Lloyd's Register. 2016. Battery installations Key hazards to consider and Lloyd's Register's approach to approval. Saatavissa: [https://maritime.lr.org/l/941163/2022-01-25/2v-j8h/941163/1643116574RltBQDIU/LR\\_Guidance\\_Note\\_Battery\\_Installations\\_single\\_pages\\_v2.pdf](https://maritime.lr.org/l/941163/2022-01-25/2v-j8h/941163/1643116574RltBQDIU/LR_Guidance_Note_Battery_Installations_single_pages_v2.pdf) [viitattu 7.9.2022].

# DIGI- JA ROBOMAHDOLLISUUDET TUTUIKSI SOTE-ALAN YKSIKÖISSÄ

Jonne Holmén



**Laurea ammattikorkeakoulun ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) yhteisessä ”Digitaalisten taitojen kehittäminen robotisaation avulla” (Robota) –hankkeessa (ESR) kehitetään sote-alan digitaalisten palveluiden ja välineiden käyttöön liittyvää hoitotyön ammattilaisten digiosaamista ja siihen liittyvää koulutusta.**

Robottiikan käyttö yleistyy monilla toimialoilla, ja niin myös hyvinvointialalla. Robottiikka tuo uusia keinoja monipuolistamaan ja tehostamaan toimintoja, parantamaan työhyvinvointia sekä tarjoamaan keinoja ja välineitä arkisen hoitotyön rinnalle. Se voi esimerkiksi aktivoida tai kuntouttaa asiakkaita. Ratkaisut voivat vähentää hoitajien työn rasittavuutta ja lisätä resursseja varsinaiseen hoitotyöhön. Robota-hanke vastaa hoitajien lisääntyneeseen kuormitukseen ja terveydenhuoltoalan työntekijämarkkinan hoitajapulaan. Hankkeessa lisätään sote-henkilöstön digitaalista osaamista ja valmiuksia digitaalisten palvelujen tai teknisten ratkaisujen käyttöönottamiseen (Sandell 2022). Fyysisten robottien sekä palvelu- sekä ohjelmistorobottiikan avulla voidaan tehostaa välittömän hoitotyön osuutta, lisätä erilaisia itsepalveluja ja automaatiota – helpottaa hoitajien rutiininomaisia tehtäviä.

THL:n (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos) mukaan vanhusten ympärivuorokautiseen hoitoon tarvittaisiin kevääseen 2023 mennessä 3 400 hoitajaa lisää, ja rekrytointi on vaikeaa. Lakisääteinen hoitajamitoitus nousee asteittain 0,7 hoitajaan asiakasta kohden vuoden 2022 alusta aiemmasta, vähintään 0,55 mitoituksesta. Jo nyt hoitohenkilöstön rekrytointi on vaikeutunut, eikä avoinna olevien opintopaikkojen vetovoima houkuttele riittävästi. Samaan aikaan hoidossa olevien vanhusten määrä ei ole vuosien 2021 ja 2022 välillä noussut, mutta

on ennakoitavissa, että tulevaisuudessa ikääntyneiden määrä lisääntyy Suomessa voimakkaasti. THL:n tutkija Hanna Alastalo toteaa, että ”väestörakenteen perusteella ennakoitavissa oleva asiakasmäärien kasvu merkitsee tuhansien lisähoitajien tarvetta myös tulevina vuosina sekä ympärivuorokautisessa hoidossa että kotihoidossa” (Kehusmaa ym., 2022).

Ongelma on akuutti terveydenhuoltoalalta, jossa on tarjolla enemmän työpaikkoja kuin tekijöitä. Samaan aikaan jatkuva työpaine saa miettimään alanvaihtoa houkuttelevammille aloille tai harkitsemaan uudelleen kouluttautumista (Kehusmaa ym. 2022). Työterveyslaitoksen tutkimuksessa sosiaali- ja terveydenhuoltoalan työntekijöiden työhyvinvoinnista selvisi, että alle 30- ja 40-vuotiaiden hoitajat kokevat hoitoalan työn vaatimukset liian kovina. Vanhemmat työntekijät miettivät terveydenhuollon kevyempiin ja säännöllisen työajan takaaviin hommiin siirtymistä. Eikä koronan kuormittamalla osastoilla olla päästy helpommalla, minkä vuoksi kokeneita hoitajia on jättänyt työpaikkansa työpaineen kasvettua liian suureksi (Työelämätiето 2022).

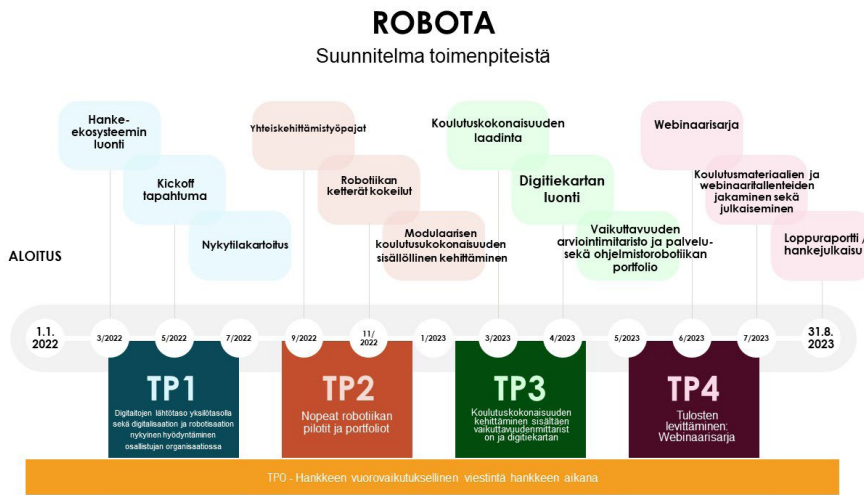
Robottiikan avulla pyritään saamaan hoitajat takaisin heille kuuluviin töihin, eli ihmisten pariin. Teknologian avulla voidaan vähentää aikaa, joka kuluu esimerkiksi potilastietojen kirjaamiseen, jätteiden lajitteluun, vaatteiden pyykkäämiseen tai hoitotarvikkeiden jakeluun. Hoitajille on langennut paljon tämänkaltaisia heidän toimenkuuvaansa kuulumattomia työtehtäviä. Tämä vähentää hoitotyön houkuttelevuutta työmarkkinoilla, mikä heijastuu työvoimapulaan ja työssä jaksamiseen – hoitajatkin ovat ihmisiä (Selänne ym., 2022).

## **PALVELUMUOTOILEMALLA HOITOALAN ERI YKSIKÖITÄ MUKAAN PILOTTEIHIN**

Hankkeessa käytetään palvelumuotoilun osallistavia yhteiskehittämismenetelmiä koulutusten sekä ketterien kokeilujen toteuttamisessa. Palvelumuotoilussa kehittäminen on iteratiivista, eli ratkaisuja kehitetään ja testataan käyttäjälähtöisesti yhdessä toimijoiden kanssa. Tätä toimintaa toistetaan niin kauan, kunnes tavoite on saavutettu. Palvelumuotoilu on yhteiskehittämismenetelmä ja systemaattinen, osallistava tapa lähestyä palveluiden, toiminnan, organisaation tai yksilön kehittämistä ja innovointia yhtä aikaa sekä analyttisesti että intuitiivisesti. Käyttäjälähtöiset yhteiskehittämisen menetelmät toimivat erityisesti tässä hankkeessa siksi, että ihmisiä pystytään osallistamaan ja sitouttamaan jo nykytilan analyysivaiheessa. Näin todennäköisyys oppimiseen sitoutumiseen sekä itsensä kehittämisen motivaatioon kasvaa, ja yksilön motivaatio jatkaa jatkuvaa uudenoppimista myös koulutuksen jälkeen on tällöin myös kaikkein suurin.

Ensimmäisenä toimenpiteenä lähdettiin luomaan hanke-ekosysteemiä, eli kartoittamaan sopivia hoitoalan yksiköitä mukaan toimintaan, minkä jälkeen niille järjestettiin yhteinen Kickoff-tilaisuus. Seuraavassa vaiheessa siirryttiin nykytilojen kartoitukseen, joiden tavoitteena oli löytää eri kehitystarpeita eikä tarjota ratkaisua. Nykytila-analyyysien perusteella

saatiin kattava kuva eri yksiköiden tilojen ja toimintojen nykytilasta sekä henkilöstön osaamisesta eri tasoilla. Tätä artikkelia kirjoitettaessa hanke etenee nykytilan kartoituksissa, ja niistä olevat tulokset sillä hetkellä olevista yksiköistä on kerätty. Havaintojen perusteella tarve kohdentui muun muassa työn kuormittavuuden helpottamiseen, työturvallisuuden parantamiseen, asiakkaiden viriketoimintaan ja aktiviteetteihin liittyvään toimintaan, raportoinnin helpottamiseen sekä työuran pitenemisen mahdollisuuteen. Erityisinä ongelmakohtina nähdään tiedonkulun puute, tavaroiden kuljettaminen, tietotekniset ongelmat, viriketoiminnan puute, omaisyhteistyö, kiire ja kirjaamisiin kuuluva aika. Eniten aikaa vieviä tehtäviä olivat ruokailut, kirjaaminen, tavaroiden, pyykkien ja jätteen kuljettaminen. Havaintojen perusteella huomataan ajan kuluvan erilaisten logistiikkatehtävien hoitoon, kirjauksiin ja hoitotyötä tukeviin toimintoihin.



**Kuva 1.** Suunnitelma toimenpiteistä (Jonne Holmén)

Tarpeet ja resurssit näyttävät hyvinkin erilaisina eri toimijoilla, mutta periaate sekä haasteet ovat samat. Koosta riippuen ketterät kokeilut toimivat hyvin erilaisissa laitoksissa tai tiloissa, koska perushaasteet ovat samat. Kokeiluilla, toimintamalleilla ja teknologiaratkaisuilla avataan myös uusia palveluideoita sekä teknologiainnovaatioiden, niiden hyödynnettävyyden mutta selkeästi myös koulutuskonseptien kautta.

Nykytilan kartoituksen jälkeen siirrytään kehittämään yksiköissä toteutettavia käyttötapauspilotteja. Yhteiskehittämisyöpäjojen avulla luodaan erilaisia palvelupolkuja ja käyttäjäprofileja, joiden kautta pyritään löytämään sopivin käyttötapaus ja siihen sovellettava teknologia. Robota-hankkeella on käytössä robotiikan portfolioksi nimetty kokoelma Laurealla ja Xamkilla olevista robotiteista ja teknologioista, joiden lisäksi se on kerännyt

portfolioon mukaan eri yhteistyökumppaneiden ratkaisuja, joita voidaan myös toteuttaa piloteissa. Robotiikan portfolio käsittää erilaisia hoivarobotteja, jotka ovat muun muassa hoito- ja hoivapalveluissa hyödynnettäviä palvelurobotteja.

Robotit ja hyvinvointipalvelujen tulevaisuus – ROSE-konsortio jaottelee hyvinvointi- ja terveyspalveluissa käytettävät robotit lääketieteellisiin robotteihin, laitospäristön robotteihin sekä henkilökohtaisiin avustaviin ja hoivarobotteihin. Jaottelu toimii hyvin myös meidän tapauksessamme. Tämän lisäksi portfolioon nostetaan erilaisia digitaalisia ratkaisuja, kuten esimerkiksi saneluohjelmistoja ja asiakas- ja asiointipalveluja. Mukana on myös muita apuvälineitä, kuten exoskeletteja eli ulkoisten tukirankojen ja terveysteknologian ratkaisuja (Markkio ym., 2022).

Esimerkkejä portfolioissa olevista ratkaisuista:

Käyttöalue	Esimerkki teknologiasta ja käyttökohteesta
<b>Laitospäristön robotit</b>	Omron LD -mobiilirobotti. Logistiikkarobotti erilaisiin kuljetustehtäviin.
<b>Henkilökohtaiset avustavat robotit</b>	Zora Nao ja Pepper -robotit. Ihmishahmoa muistuttavat humanoidirobotit kykenevät yksinkertaiseen vuoropuheluun ja reagoivat, kuulevat ja näkevät. Robotit osaavat tanssia ja heiluttaa käsiään sekä niitä voidaan käyttää liikunta-aktiiviteetteihin, tarinoiden kerrontaan tai opastamiseen.
	Double 3 -etäläsnäölorobotti.
<b>Hoivarobotit</b>	Paro-robottihylje. Sosiaalirobotti, joka on kehitetty erityisesti muistisairaiden terapiaan.
<b>Digitaaliset ratkaisut</b>	Ainone Balance. Sovellus ja mittalaite, joka on tarkoitettu terveydenhuollon, sosiaalialan ja urheilun ammattilaisille tukemaan tasapainon mittaamista ja havaitsemaan muutoksia ihmisen toimintakyvyssä.
	Seppo-peli. Alusta ja työkalu pelillisten aktiviteettien toteuttamiseen.
	Inscripta - puheesta tekstiksi. Kirjauksien laatiminen sanellen.
<b>Apuvälineet</b>	Moto tiles -liikuntalaatat. Liikuntalaatat ovat hyvinvointiteknologiatuote motoriikan ja liikkuvuuden kehittämiseen.
	Exoskeletonit. Exoskeleton tukee ja auttaa yläraajojen kuormitusta vähentämälle niihin kohdistuvaa rasitusta.

Suomessa on meneillään suuria demografisia muutoksia – vanhusväestön määrä kasvaa nopeasti. Lisääntyvä vanhusväestön määrä suhteessa työssäkäyvän väestön määrään vaatii sosiaali- ja terveysalalta nopeasti uusia inhimillisesti ja taloudellisesti kestäviä teknologisia ratkaisuja. Robota pyrkii vastaamaan kokonaisuutena siihen, miten sote-alan asiakkaat ja henkilöstö suhteutuvat robotteihin ja miten heidän näkökulmansa otetaan huomioon palveluja robotisoitaessa.

## LÄHTEET

Sandell M., 2022. Hoitajien työhyvinvointia nakertaa lisääntynyt kuormitus, ja stressi kasvaa myös tulevasta sote-ratkaisusta. Yle-artikkeli. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-12267223> [viitattu 2.9.2022]

Kehusmaa, S., Alastalo H., 2022. THL:n seuranta: Vanhusten ympärivuorokautiseen hoitoon tarvittaisiin kevääseen mennessä 3 400 hoitajaa lisää – rekrytointi vaikeaa. Artikkel. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/-/thl-n-seuranta-vanhusten-ymparivuorokautiseen-hoitoon-tarvittaisiin-kevaaseen-mennessa-3-400-hoitajaa-lisaa-rekrytointi-vaikeaa> [viitattu 2.9.2022]

Työelämätieto, Työterveyslaitos. Saatavissa: [www.tyoelamatieto.fi](http://www.tyoelamatieto.fi). [viitattu 2.9.2022]

Selänne S., Sjöblom K., 2022. Liiketalouden opinnäytetyö: Robotiikan ja tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet ikäihmisten hoidossa hoitohenkilökunnan tukena.

Markkio H-R., Heimovaara-Kotonen E., Mäkelä T., Pekkola T., Kaartinen V. (toim). 2022. Etäläsnaolorobotiikka: Kohti laadukkaampia hyvinvointipalveluita. Jyväskylän ammatti-korkeakoulu. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-830-638-5>

# KIERTOTALOUS ON KESKEINEN OSA LOGISTIikkaA

Olli-Pekka Brunila

Kiertotalous ja kestävä kehitys ovat tärkeitä teemoja ja koskettavat kaikkia eri toimijoita. Yritykset miettivät omalta osaltaan, miten toimintaa saadaan yhä kestävämmälle pohjalle ja miten esimerkiksi tuotteet ja laitteet voidaan kierrättää mahdollisimman tehokkaasti, mutta myös siten, että niistä voisi tulla yritykselle tuottoa. Kuluttajat taas miettivät hankinnoissaan ja jokapäiväisessä elämässään, miten voisivat omilla ratkaisuillaan ja valinnoillaan edesauttaa kiertotaloutta ja kestävä kehitystä. Valinnan joutuu tekemään niin elintarvikkeissa, vaatteissa, energiassa, liikkumisessa ja muissa kulutushyödykkeissä, joita tarvitaan päivittäin. Logistiikka kokonaisuudessaan on keskeisessä osassa kiertotalouden eri prosesseja. Sähkön ja polttoaineen hinta on ennätyslukemissa, ja voi vain arvailla, minkälaiseksi sähkön ja elintarvikkeiden hinta on muuttunut talvella 2023. Vuonna 2022 elokuun 8. päivän sähkön hetkittäinen spot-hinta oli huipussaan 102,89 snt/kWh, ja keskihinta on ollut noin 24 snt/kWh luokkaa elokuussa 2022 (sahko.tk). Polttoaineen hinta (diesel) on vaihdellut noin 2,0-2,5 €/l nurkilla. Energian hinta on keskeisessä roolissa, kun mietitään kiertotalouden kannattavuutta ja materiaalien uudelleen käyttämistä ja siirtämistä prosesseista toiseen. Nämä kaikki tekijät nostavat myös logistiikkakustannuksia. Siksi on tärkeää pitää logistiikka myös kiertotaloudessa ja kestävässä kehityksessä mukana.

## TEKSTIILITEOLLISUUS JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Vuonna 2025 EU:ssa kaikki tekstiilijäte on kierrätettävä, ja Suomessa ollaan tämän osalta muutaman vuoden etumatkalla. Vuoden 2023 alussa poistotekstiilien keräys tulee lakisääteisesti pakolliseksi. Tämä luo tarpeen perustaa tekstiilijätejakeiden keräämiseksi ja hyödyntämiseksi tarvittavat alueelliset toimintamallit ja verkostot. Uudet toimintarakenteet aiheuttavat kuluttajille, jätehuoltoyhtiölle ja muille kierrätyksessä ja kiertotaloudessa toimiville haasteita, kuinka kierrätys saadaan toteutettua tehokkaasti ja kestävästi. EU:n mukaan tekstiilituotannossa käytetään paljon vettä sekä maata puuvillan ja muiden kuitujen kasvattamiseen. Vuonna 2015 maailman tekstiili- ja vaatetusteollisuudessa käytettiin arviolta 79 miljardia kuutiometriä vettä, kun taas vuonna 2017 koko EU:n talouden tarpeet olivat 266 miljardia kuutiometriä. Yhden puuvillaisen t-paidan valmistamiseen tarvitaan arviolta 2 700 litraa makeaa vettä eli yhden henkilön 2,5 vuoden juomavesitarpeen verran. Lisäksi maailman laajuisesti tekstiilien pesussa vapautuu 0,5 Mt mikrokuitua vuodessa valtameriin (Sajn 2019), ja vastaava luku on tieteellisten tutkimusten mukaan 124-308 mg pestyä vaatekiloa kohden (de Falco et al. 2019). Muotiteollisuuden osuus maailman

hiilidioksidipäästöistä on arviolta 10 prosenttia, eli se tuottaa ko. päästöjä enemmän kuin kansainväliset lennot ja merikuljetukset yhteensä. Puhutaan siis todella suurista päästö-määristä globaalilla tasolla. (Sajn 2019)

Keskeinen ongelma niin vaate- ja muotiteollisuudessa kuin muissakin kuluttajatuotteissa on osittain kertakäyttökulttuuriin siirtyminen. Muotisesonkeja on entisten neljän vuodenajan lisäksi enemmän; nyt myös välikaudet. Myös tapa, jolla ihmiset pyrkivät eroon ei-toivotuista vaatteista, on muuttunut: tavaroita heitetään pois eikä niitä korjata tai lahjoiteta. Vuodesta 1996 lähtien EU:ssa ostettujen vaatteiden määrä henkeä kohti on kasvanut 40 prosenttia samalla, kun hinnat ovat romahtaneet. Samalla vaatteiden käyttöikä on lyhenty-nyt. Eurooppalaiset kuluttavat lähes 26 kiloa ja heittävät pois noin 11 kiloa tekstiilejä joka vuosi. Käytetyt vaatteet voidaan viedä EU:n ulkopuolelle, mutta suurin osa niistä (87 %) poltetaan tai viedään kaatopaikalle. Koko maailmassa alle prosentti vaatteista kierrätetään vaatteina, mikä johtuu osittain riittämättömästä teknologiasta (Sajn 2019). Suomen vuotui-nen tekstiilijättemäärä on 70–100 miljoonaa kiloa. Viidesosa tekstiilijätteestä kierrätetään, loput poltetaan, joten jo pelkästään Suomessa on selvä tarve tekstiilijätteen kierrätysasteen nostamiselle (Parkkinen 2020). Logistiikka on merkittävässä roolissa useassa vaiheessa eri prosessia, ja logistiikasta aiheutuu myös suuri kuluerä, mikä vähentää kiinnostusta kier-rättämiselle, eli valitaan se helpoin ratkaisu (poltto).

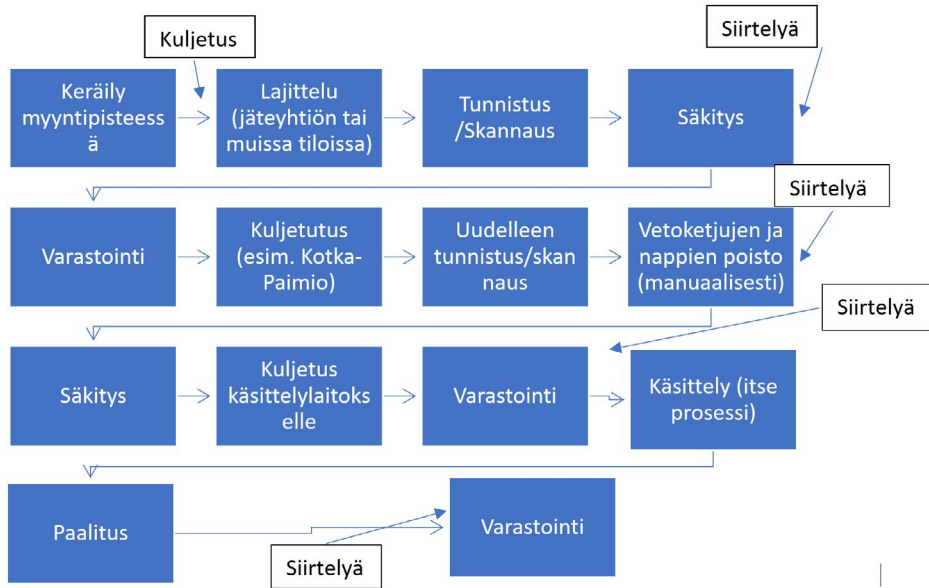
## POISTOTEKSTIILIEN LOGISTIikka

Kierrätystekstiilien logistiikka on sinällään yksinkertainen prosessi mutta silti verrattain monivaiheinen, vaikkei sitä heti ehkä uskoisi. Tällä hetkellä moni toimija hoitaa tekstiilien kierrätystä. Teollisuuden tekstiilit kierrätetään erikseen, ja muun muassa Parik, Sotek ja esimerkiksi UFF kierrättävät kuluttajatekstiilejä. Lisäksi eri yhdistykset keräävät tekstiilejä esimerkiksi eläinyhdistyksille tai muihin tarpeisiin. Kauppakeskuksissa ja muissa tiloissa on erilaisia keräysastioita, joihin voi jättää siistejä, myyntikelpoisia tekstiilejä. Tekstiilit myydään esimerkiksi Goodwill-myymlöissä, ja myymättä jääneet tai huonokuntoiset menevät paikallisen jäteyhtiön käsittelyyn. Tällä hetkellä käsittelymenetelmät vaihtelevat, eli osa menee suoraan energiajätteeksi polttoon, mutta parempikuntoiset tekstiilit kierrä-tetään kuituina.

Kuten prosessikuvasta voidaan havaita, keräilyä, kuljetetusta, lajittelua ja välivarastointia on hyvin paljon, koska poistotekstiilejä siirretään paikasta toiseen useampaan otteeseen. Ensin poistotekstiilit lajitellaan paikallisessa jäteyhtiössä eri materiaaleittain. Seuraavaksi ne säkitetään, varastoidaan ja kuljetetaan uudelleen tarkastukseen toiselle varastolle lähelle varsinaista käsittelyä. Tällä hetkellä Suomessa on yksi poistotekstiilien kiertotalouslaitos Paimiossa, jossa tehdään koe-eriä eri tekstiilimateriaaleista. Ennen Paimion kiertotalouslai-tosta ja varsinaista käsittelyä poistetaan vetoketjut, napit ja muut mahdolliset ylimääräiset osat. Tämän jälkeen poistotekstiilit uudelleen skannataan tai tunnistetaan lapuista, jotta



ne ovat oikeanlaisia tuotteita itse prosessiin. Tuplatarkastuksen jälkeen säkit kuljetetaan lyhyehkön matka Paimion koekäsittelylaitokselle, jossa tekstiilit revitään ja tehdään varsinainen kuituprosessi. Lopuksi kuidut paalitetaan ja siirretään varastoon.



**Kuva 1.** Poistotekstiilin prosessikaavio (Brunila 2022).

## MIKÄ RATKAISUKSI?

Kymenlaaksossa ollaan jo monessa suhteessa edelläkävijöitä kiertotalouden ja logistiikan suhteen, ja ne ovat vahvasti digitalisaation ohella edustettuina maakunnan älykkään erikoistumisen strategiassa 2.0. Kuten kuvasta 1. voi havaita, on prosessissa paljon erilaisia logistisia toimenpiteitä, jotka tuovat lisätyötä ja tietysti myös kustannuksia. On siis löydettävä alueellisia ratkaisuja tai tarpeita, jotta poistotekstiilejä voitaisiin hyödyntää tehokkaasti ja kuljetusmatkat olisivat mahdollisimman lyhyet. Näin, riippuen tarpeesta, tekstiililaatuja voitaisiin yhdistellä keskenään tai sitten vaihtoehtoisesti erotella ne ja käyttää esimerkiksi puuvillakuitua pelkästään.

Olisiko helpompi hyödyntää poistotekstiilit energiana, kun siitä on nyt pulaa ja sähkön sekä kaukolämmön hintaa nostetaan useilla kymmenillä prosenteilla? Nopeasti ajateltuna terminen käsittely olisi nopein ja kustannustehokkain. Mutta koska esimerkiksi yhden t-paidan valmistamiseen on tarvittu 2 700 litraa vettä, niin olisi järkevää, että sinällään hyvälaatuista materiaalia voisi käyttää uudestaan. Poistotekstiilien hyödyntäminen muilla tavoin kuin energiana on kauaskatseista toimintaa, ja tulevaisuudessa tekstiilien hyödyntäminen voi olla yhä tärkeämmässä roolissa tekstiili- ja muotiteollisuudessa. Nyt vastuulliset

tekstiilivalmistajat käyttävät esimerkiksi t-paidoissa luomu- tai muuta luomusertifioitua materiaalia. Todentaminen ja valvominen on tietenkin haasteellista, koska tekstiilejä tuotetaan usein siellä, missä niitä on halvinta valmistaa.

Vaikka kertakäyttökulttuuri muotiteollisuudessa on edelleen vahva trendi, on yhä enenevässä määrin ihmisiä, joille kiertotalous ja kestävä kehitys ovat yhä tärkeämpiä ohjenuoria elämisessä ja kuluttamisessa. Sama trendi on myös suurilla teknologiajäteillä, kuten Applella. Apple tehdashuoltaa laitteita ja myy ne 10–20 % halvemmalla verrattuna uuteen vastaavaan tuotteeseen. Tuotteet ovat tehdashuollon jälkeen käytännössä uusia ja niihin saa uuden tuotteen takuun. Samaa ideaa mieltivät myös suomalaiset yritykset, muun muassa verkkokauppa.com. Selkeästi halutaan tietää, miten kuluttajat suhtautuvat kierrätykseen ja kestävään kehitykseen. Tämä on hyvä suuntaus!

On tehtävä kasvatusyötä ja lisättävä viestintää, jotta yhä useammalla olisi parempi kokonaisvaltainen ymmärrys tekstiili- ja muotiteollisuuden ympäristövaikutuksista, mutta myös yhtä lailla muusta kierrätyksestä. Yritysten yhdessä eri koulutuslaitosten kanssa on tehtävä paljon yhteistyötä ja luoda esimerkiksi ”elämyksellinen tekstiilien kierrätyspiste”, jossa etenkin opiskelijoilla ja kaikilla muilla nuorilla olisi mahdollisuus päästä toteuttamaan omia visioitaan siitä, mitkä olisivat ne tekijät, jotka houkuttelisivat eri ikäluokan ihmisiä kierrätyksen pariin ja miten kierrättämistä voitaisiin tehdä entistä helpompaa, tehostetumpaa ja näkyvämpää laajemmalle yleisölle.

Logistiikka ja etenkin tekstiilien käsittely, lajittelu sekä tunnistus ovat kokonaisuudessaan nykyisessä toimintamallissa hyvin keskeisiä, ja näitä tulee kehittää sekä tehostaa merkittävästi, jotta tulevaisuudessa poistotekstiilien käsittelystä saadaan kustannustehokasta toimintaa. Uusi laki tuo vastaavanlaisia haasteita myös muille maakunnille. Kymenlaaksossa ollaan etulyöntiasemassa jo toteutettujen verrattain laajamittaisten alueellisten keräys- ja lajittelukokeilujen sekä toimijoiden tiiviin yhteistyön ansiosta. Kehittämistyön jatkaminen mahdollistaa tehokkaan keräys- ja lajittelutoiminnan kautta moninaisten uusien kiertotalousnovaatioiden syntymisen pohjautuen saataville tulevaan materiaalivirtaan.

## LÄHTEET

Brunila, O.-P. 2022. Kiertotekstiilien prosessikaavio.

De Falco, F., Di Pace, E. & Cocca, M. 2019. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Sci Rep.* 9, 6633. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x>.

Sahko.tk. 2022. Nordpoolin pörssisähkön reaaliaikainen hinnankehitys. Saatavissa: <http://www.sahko.tk/>. [Viitattu 24.8.2022].

Sajn, N. 2019. Environmental impact of textile and clothing industry. What customers need to know. European Parliamentary Research Service. Saatavissa: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS\\_BRI\(2019\)633143\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf). [Viitattu 23.8.2022].

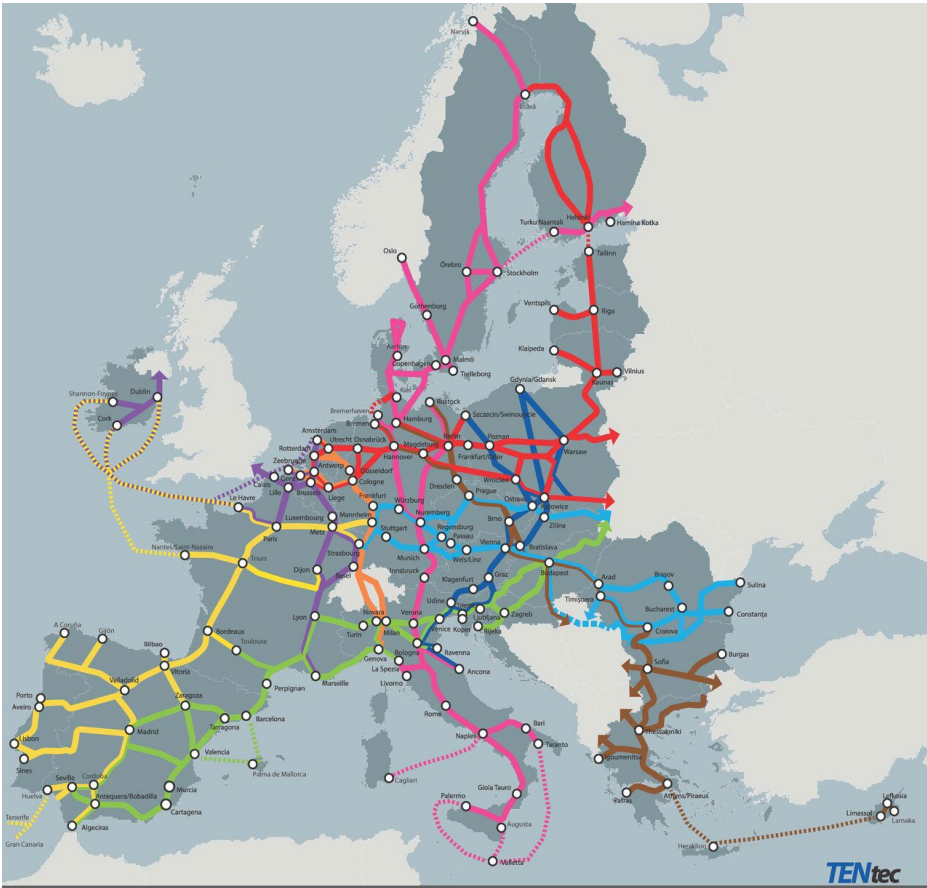
# TEN-T EDISTÄÄ IHMISTEN JA TAVAROIDEN KESTÄVÄÄ LIIKKUVUUTTA

Heidi Järvi ja Tiina Poikolainen

Logistisesti ajateltuna Suomi on saari, jonka vienti ja tuonti sekä huoltovarmuus perustuvat hyvin pitkälle merikuljetuksiin. Suomen liikennejärjestelmä on kytköksissä kansainväliseen liikennejärjestelmään. Liikenneverkko piirtää Suomen myös konkreettisesti kartalle, josta se monesti jää Eurooppaa tarkasteltaessa pois. Kuitenkaan liikenneverkko yksin ei riitä takamaan kuljetusten tehokkuutta ja saavutettavuutta. Suomen viennin kannalta satamien asema osana TEN-T verkkoa on kiistaton. Intermodaalisuuden lisäämisen sekä päästövoitteiden saavuttamisen kannalta verkkoa tulee laajentaa. Tällä hetkellä suomalaisista terminaali-alueista vain Kouvolan rautatie- ja maantierterminaali kuuluu ydinverkkoon. Toimiva, nykyaikainen ja hyvän sijainnin omaava logistiikka-alue on edellytys sujuvilla varastoinneille ja kuljetuksille. Aikapaine tavarankuljetuksessa on kova, ja sujuvuus, ruuhkattomuus ja nopeat siirtymät ovat avainasemassa.

## MIKÄ ON TEN-T

Euroopan laajuinen liikenneverkko (Trans-European Network, Transport) on osa Euroopan unionin liikennepolitiikkaa, jonka tavoitteena on yhdistää sen jäsenmaiden liikenneinfrastruktuuria ja parantaa sen laatua. TEN-T-verkko koostuu ydinverkosta (core network) ja kattavasta verkosta (comprehensive network). Ydinverkon tulisi olla rakennettu vuonna 2030 ja kattavan verkoston vuonna 2050. Ydinverkko keskittyy tärkeimpiin yhteyksiin ja solmukohtiin, ja sen toteuttamista edistää käytäviin perustuva lähestymistapa. Kaikki liikennemuodot - maantie-, ilma-, sisävesi-, meri- sekä liikennemuotojen yhdistelyn mahdollistavat alustat - ovat mukana TEN-T-verkossa. (Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T s.a.) Verkko yhdistää 424 suurta kaupunkia lentokentille, rautatieterminaleihin ja satamiin lyhentäen matka-aikoja näiden kaupunkien välillä. Suomi on vaikuttanut aktiivisesti Euroopan laajuisen liikenneverkon valmisteluissa (2022).



**Kuva 1.** TEN-T ydinverkon yhdeksän ydinkäytävää kattavat koko Euroopan tehokkaasti. (Traficom s.a.)

## TEN-T-ASETUKSEN UUDISTAMINEN JA TAVOITTEET

TEN-T-verkko ja sen vaatimukset määritellään TEN-T-asetuksessa. Nykyinen asetus on vuodelta 2013. Euroopan komissio antoi joulukuussa 2021 ehdotuksen uudeksi asetukseksi unionin suuntaviivoista TEN-T-verkon kehittämiseksi. Uusi asetus korvaa nykyisen arviolta vuonna 2024. Komission ehdotus on osa tehokkaan ja vihreän liikenteen pakettia, jolla toteutetaan infrastruktuurin osalta Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa sekä kestävän ja älykkään liikkumisen strategiaa. TEN-T-asetus kytkeytyy myös vahvasti muuhun EU:n liikennepolitiikkaan. Ehdotuksella halutaan lisätä rautatieliikennettä, edistää sisävesiliikennettä ja kaupunkisolmukohtien roolia kestävässä liikenteessä ja kehittää digitaalisten ratkaisujen mahdollistamaa saumatonta multimodaaliliikennettä (kuljettamista kahta tai useampaa liikennemuotoa käyttäen) sekä parantaa liikenteen häiriönsietokykyä. Uudistuksella pyritään vastaamaan puutteisiin, joita vuoden 2013 asetuksessa on havaittu olevan.

Arvioinnissa kiinnitettiin huomiota solmukohtien toimivuuteen, eräiden rata- ja maantieverkkoa ja sisävesiliikennettä koskevien vaatimusten puutteellisuuteen sekä kansallisen ja EU-tason politiikkojen eroavaisuuksiin liikenneverkon kehittämisessä. Esille nostettiin myös riittämättömästi hyödynnetty ydinverkkokäytävien ja rahtikäytäväasetuksen mukaisten tavaraliikennekäytävien synergiat.

Uudistuksella on neljä päätavoitetta, jotka tähtäävät EU:n laajuisen laadukkaan ja tehokkaan multimodaalisen liikenneverkon rakentamiseen: Liikennemuotojen tehostaminen ja rautatieliikenteen, lähimerenkulun ja sisävesiliikenteen osuuden kasvu on ensimmäinen tavoite. Toinen tavoite on edistää liikennemuotojen välistä multimodaalisuutta ja yhteen toimivuutta sekä integroida kaupunkisolmupisteet paremmin liikenneverkkoon, mikä puolestaan edistää sisämarkkinoiden toteutumista. TEN-T-verkon resilienssin lisääminen muun muassa ilmastonmuutokselle on kolmas tavoite. Neljäs tavoite koskee TEN-T-hallinnon tehostamista. Euroopan komissio on arvioinut ehdotuksen tuomia hyötyjä, joita ovat esimerkiksi jäsenvaltioiden kasvanut bruttokansantuote ja hankkeiden myötä parantunut työllisyystilanne, päästöjen vähentyminen ja käyttäjien parempi saavutettavuus sekä liikenneturvallisuus. Investointien lisäkustannukset kaikkien toimenpiteiden toteuttamiseen verrattuna nykyisen asetuksen vaatimusten toteuttamiseen arvioidaan olevan noin 250 miljardia euroa. (Liikenne ja viestintäministeriö 2022.)

## **MAAILMAN LAIDALTA OSAKSI EUROOPPAA – SUOMI OSANA TEN-T-VERKOSTOA**

Suomen alueella TEN-T ydinverkolla on noin 2 460 km maanteitä ja ratoja. Lisäksi ydinverkkoon kuuluvat Helsingin ja Turun solmukohtat sekä lentoasemat. Niiden lisäksi verkon osia ovat HaminaKotkan, Helsingin, Turun ja Naantalin satamat, Kouvolan rauta- ja maantietie terminaali sekä Saimaan vesistöalue. Ydinverkkoa täydentää kattava verkko, johon kuuluu noin 8 800 km teitä ja ratoja sekä 18 lentoasemaa ja 12 satamaa. Ydinverkko sekä kattava verkko liittyvät toisiinsa alueellisella ja kansallisella tasolla (Valtioneuvosto 2021.) Asetusehdotus toisi Suomelle uusia vaatimuksia väyläverkon kehittämiseen ja palvelutason nostamiseen, ja nämä kasvattavat julkisia menoja, etenkin jos ehdotuksen maanteitä ja rataverkkoa koskevat vaatimukset toteutettaisiin täysimääräisesti. Poikkeusten hakeminen on mahdollista, ja Suomen tapauksessa perusteluissa vedotaan esimerkiksi maantieteelliseen erillisyyteen rautateiden osalta ja pieniin liikennemääriin tietyillä tieosuuksilla. (Liikenne ja viestintäministeriö 2022.)

Uuden asetuksen voimaantulo laajentaisi ydinverkkoa myös Suomessa. Laajennettuun ydinverkkoon kuuluisivat raideliikenteen kolmen hankeyhtiön suunnitelmien oikolinjatukset, ja lisäksi myös olemassa olevat ratalinjatukset hankeyhtiöiden yhteysväleillä säilyvät ydinverkolla. Ehdotus mahdollistaa myös kaupunkiseutujen kehittämistä kestävästä liikenteen keskuksina. Kaikki seitsemän Suomen MAL-seutua saivat ehdotuksen myötä kaupunki-

solmukohdan statuksen, kun tähän asti se on ollut vain Helsingillä ja Turulla. Maanteitä koskevat vaatimukset ovat kovia, mutta ehdotuksen poikkeukset ja muut siihen sisältyvät joustot mahdollistavat nykyistä asetusta paremmin maantieverkon kehittämisen kansallisten tarpeiden mukaan, ja ydinverkon osalta teknisten vaatimusten toteuttamista siirretään 10 vuodella eteenpäin. (Viisi kysymystä ja vastausta TEN-T-liikenneverkosta 2022.) TEN-T-verkon rakentamiseksi on olemassa Verkojen Eurooppa (CEF =Connecting Europe Facility) -rahoitusta hankkeille, joilla kehitetään Euroopan unionin energia-, liikenne- ja digitaalisia yhteyksiä. Rahoitus painottuu etenkin ratahankkeisiin, jotta ilmastotavoitteisiin voitaisiin vastata paremmin. CEF2-rahoituskauden 2021–2027 budjetti on noin 30 miljardia euroa. Liikennealan osuus on reilut 20 miljardia euroa. EU:n enimmäistukimäärä rakentamiseen on 30 % ja suunnitteluun 50 %. Eli rakentamiseen ja suunnitteluun saa tukea, mutta suuri osa kustannuksista katetaan kansallisella rahalla. (Tietoa CEF-liikennehauista s.a.)

Kouvolaan 2023 valmistuva, osittain CEF-rahoitteinen rautatie- ja maantietermiinaali (RRT) on Suomen ainoa ydinverkkoon kuuluva termiinaali. Euroopan komission kestävän ja älykkään liikenteen strategiassa rautatieliikenteellä on ympäristö- ja ilmastoystävällisenä kulkumuotona keskeinen rooli päästötavoitteiden saavuttamisessa niin matkustaja- kuin tavaraliikenteessä. Tavoitteisiin pääsemiseksi rautatieliikenteen tavarankuljetusten pitäisi kaksinkertaistua vuoteen 2050 mennessä, ja yhdistettyjen kuljetusten tulisi tarjota kilpailukyinen vaihtoehto maantiekuljetuksille. RRT-alue tarjoaa puitteet kuljetuksille, jotka tukevat myös ilmastotavoitteisiin pääsemistä. Suomi on sitoutunut edistämään hiilineutraalisuutta Liikenne 12-ohjelmassa.



**Kuva 2.** Kouvolan RRT-alue otetaan käyttöön vuonna 2023. Syksyllä 2022 otetussa kuvassa asfaltoitu kenttä, valaistus ja lastausraide alkavat olla valmiina. (Kuva: Tiina Poikolainen)

Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021-2023 on strateginen suunnitelma liikennejärjestelmän kehittämistä. Suunnitelmassa kuvataan nykytilaa, toimintaympäristön muutosta ja tulevaisuuden visiota sekä tavoitteita ja strategisia linjauksia toimenpiteineen. Suomen vientikaupan kulmakivi on satamat, ja ne ovat tärkeitä myös huoltovarmuuden kannalta. Ulkomaan merikuljetuksia hoidetaan yli 40 satamasta. Kymmenen suurimman sataman osuus ulkomaan tavaraliikenteestä on yli 80 %. Satamat ovat hyödyntäneet EU-rahoitusta tehokkaasti kansainvälisten merikuljetusten kehittämisessä. (Valtioneuvosto 2021.) Satamat ovat yksi osa toimitusketjua, joihin muiden kuljetusmuotojen pitäisi olla saumattomassa yhteydessä, samoin kuin logistiikkaterminaalien tai kuivasatamien unohtamatta digitaalisia järjestelmiä.

Valtion ja kuntien rooli tavaraliikenteessä liittyy erityisesti liikenneverkkoihin ja liikenteen solmupisteisiin. Tavaraliikenteen palveluiden osalta valtio edistää yritysten toimintamahdollisuuksia. Edistämiskeinoja ovat esimerkiksi yritysten kanssa tehtävät tutkimus- ja kehittämishankkeet sekä erilaiset selvitykset. Selvitysten tuloksia huomioidaan muun muassa seuraavan valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman valmistelussa. Valtio tekee selvitystä yhdistettyjen kuljetusten käynnistämistä yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa. Työssä selvitetään mm. palvelun kysyntää ja tarjontamahdollisuuksia, rataverkon kehittämistarpeita, kalustovaatimuksia, liikennepoliittisia toimenpidetarpeita, yhteiskuntaloudellisia ja muita vaikutuksia sekä tunnistetaan mahdolliset pilotointitarpeet. (Valtioneuvosto 2021.) Euroopassa yhdistettyjä kuljetuksia käytetään paljon Italiassa, Irlannissa, Espanjassa ja Saksassa. Naapurimaassamme Ruotsissakin rautatierahdin konttikuljetukset ovat kymmenkertaiset Suomeen verrattuna. Siellä on toteutettu suuryksikkökuljetusten valtakunnallinen, tärkeimmät satamat ja suuryksikkökuljetusten terminaalit sisältävä terminaaliverkko. Terminaalien läheisyydessä olevien ratojen kehittämistä priorisoidaan. Kansallisena tavoitteena on vähentää raskaan liikenteen ilmastopäästöjä siirtämällä kumipyöräkuljetuksia raiteille. Kannustimia, kuten rautateiden rahtikuljetuksien tukeminen ”ekobonuksella”, on otettu käyttöön, ja helpotuksia ratamaksuihin on suunnitteilla. Ruotsissa valtio on budjetoanut myös rautatieyrityksille suunnattua ympäristökompensaatiota. (Liikenne ja viestintäministeriö 2021.)

## KOUVOLAN RRT-ALUEEN KILPAILUEDUT

TEN-T-verkon tarkoitus on vahvistaa liikenneyhteyksiä ja ylläpitää kestävästä liikkuvuutta. Rahdin osalta myös logistiikka-alueen on oltava iskussa, jotta kilpailuetua syntyy. Logistiikka-alueille on tunnistettu tiettyjä menestystekijöitä. Näitä ovat keskeinen sijainti kasvukeskusten lähellä ja ammattitaitoisten työntekijöiden saatavuus, kuten myös satamien ja kansainvälisen lentokentän läheisyys sekä kytkös kuljetuskäytäviin sekä liikenneinfrastruktuurin. Haveri (2007, 17). Yritysten sijoittuminen logistiikka-alueille tai niiden läheisyyteen on tehtävä houkuttelevaksi ja helpoksi. Esimerkiksi tonttitarjonnan, tonttien luovutuksen ja hinnoittelun on oltava sujuvaa ja kilpailukykyistä muihin tarjoajiin verrattuna. Myös muiden alueen tarjoamien lisäpalveluiden pitää olla helposti saavutettavissa. Kuivasatamakonseptissa mahdollisia lisäpalveluita voivat olla esimerkiksi tullaus, varastointi, rahtien yhdistäminen, konttien säilyttäminen ja huoltaminen.



Kouvola sijaitsee hyvien yhteyksien päässä HaminaKotkan satamasta sekä pääkaupunkiseudusta. Sujuvat yhteydet löytyvät myös pohjoiseen ja naapurimaihin. Ajallisesti pääkaupunkiseutu on tavoitettavissa reilussa tunnissa, mikä sijoittaa Kouvolan lähelle suuria kuluttajakeskittymiä. Suomessa pääkaupunkiseutu on ollut vetovoimaisin alue logistiikka-alueille, mutta tilan vähetessä ja hintojen kasvupaineessa kiinnostus lähialueille on kasvanut. Kouvola tarjoaa kuivasatamakonseptillaan sataman taseisia palveluita mutta sisämaan hinnoilla. Tila ja väljyys mahdollistavat vaikka verkkokaupparastokeskittymän.

Liikenneinfrastruktuuri liittyy Kouvolan tärkeimpiin maantieverkostoihin sekä rautateihin. Vuonna 2023 käyttöön otettava RRT-alue mahdollistaa pitkien junien lastauksen ja puitteet nopeille siirroille raiteilta kumipyörille. Vihreä siirtymä tuo lähivuosina painetta logistiikka-alalle, ja vaikka tällä hetkellä raidekuljetuksia ei Suomessa nähdä potentiaalisina, on niihin kuitenkin EU-tasolla positiivinen kanta ja kehittämisrahaa tarjolla. Muu Eurooppa on siirtynyt suhteessa enemmän raiteille, ja siellä yhdistelmäkuljetukset nähdään mahdollisuutena. Rautatiekuljetuksia tulisi ajatella myös liikenneturvallisuuden kannalta etenkin Kymenlaaksossa, jossa valtatie 15 on jatkuvasti otsikoissa kapeutensa, huonon kuntonsa ja suurien rekkamääriensä takia. Kouvola-Kotka/Hamina-rataa on parannettu tavaraliikenteen näkökulmasta. Tähtäimenä ovat korkeammat akselipainot, parantunut kapasiteetti ja täsmällisyys. Kouvola on hyvä maine raideliikenteessä, ja RRT-alueella mahdollisuudet ovat positiivinen lisä hyvälle maineelle.

Työvoiman saatavuus on puhututtanut logistiikka-alalla pitkään, ja alaa vaivaa edelleen muun muassa kuljettajapula. Tutkimuksen mukaan logistiikka-alueiden yksi kilpailukykyä edistävä tekijä on osaavan työvoiman rekrytoiminen lähialueelta. (Lahtinen, ym. 2021, 20). Paikkakunnat, jotka tarjoavat alan koulutusta, pystyvät tarjoamaan oikein kohdennettua työvoimaa logistiikka-alueilla operoiville yrityksille. Kouvola ja Kymenlaakso tarjoavat logistiikka-alan opetusta toisella asteella ja korkeakouluissa aina maisteritasolle saakka. Rautatiekaupunkina opintotarjonta kattaa myös rautatiealan. Valmistuneet opiskelijat jäävät luomaan mukavasti alueelle työuria, joten logistiikka-alan ammattitaitoista työvoimaa on hyvin saatavilla. Oppilaitosten ja työelämän tiivis yhteistyö pitää opintotarjonnan työelämäläheisenä. RRT-alueen yksi tavoite on ollut yhteistyö oppilaitosten kanssa, ja tätä on toteutettu jo rakentamisvaiheessa. Uudenaikainen terminaali ja sen mahdollisuudet toimivat myös houkuttimena valmistuville opiskelijoille.

Euroopan laajuista liikenneverkkoa (TEN-T) tulee kehittää ja rakentaa kestäväksi, jotta edistetään Suomen ja koko EU-alueen kilpailukykyä. Kouvola on tunnettu logistiikan solmukohtana ja porttina itään. Maailmantilanteen ja muuttuvan toimintaympäristön paineessa on hyvä tunnistaa ja vahvistaa kuljetuskäytäviä pohjoiseen ja muualle Eurooppaan. Maailmantilanteesta huolimatta tavaravirrat liikkuvat ja solmukohtia tulee kehittää pitkällä tähtäimellä eikä vain nykyhetken nojaten.

## LÄHTEET

Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T s.a. Väylävirasto. www-dokumentti. Saatavissa <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent> [viitattu 22.9.2022]

Haveri, O. 2007. Logistiikkakeskusten tie- ja rautatieyhteydet. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 11/2007.

Lahtinen, H., Lehtinen, R. & Tapio H. 2021. Vienti- ja tuontihubin konseptointi. Railgate Finalnd – Smart Hub Solutions. Tausta-ainestoa konseptien kehittämiseen. E-Kirja. Saatavissa: <vienti-ja-tuontihubin-konseptointi.pdf> (xamk.fi) [viitattu 25.9.2022].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2021. Yhdistettyjen kuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähennyspotentiaali Suomessa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2021:24. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163411/LVM\\_2021\\_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163411/LVM_2021_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 26.9.2022].

Liikenne ja viestintäministeriö. 2022. Valtioneuvoston kirjelmä eduskunnalle komission ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi unionin suuntaviivoista Euroopan laajuisen liikenneverkon kehittämiseksi, asetuksen (EU) 2021/1153 ja asetuksen (EU) 913/2010 muuttamisesta ja asetuksen (EU) 1315/2013 kumoamisesta. PDF-dokumentti, saatavissa: [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/697c1f25-332b-40ed-9d61-ce3e801e-051c/45e23f65-de26-4577-b509-ba2e8b2e9f59/KIRJE\\_20220218091158.PDF](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/697c1f25-332b-40ed-9d61-ce3e801e-051c/45e23f65-de26-4577-b509-ba2e8b2e9f59/KIRJE_20220218091158.PDF) [viitattu 22.9.2022].

Suomi vaikuttanut aktiivisesti Euroopan laajuisen liikenneverkon valmisteluissa 2022. Valtioneuvoston kanslia, LVM, tiedote. Saatavissa [https://vnk.fi/en/-/10184/finland-active-in-the-preparations-for-the-trans-european-transport-network?languageId=fi\\_FI](https://vnk.fi/en/-/10184/finland-active-in-the-preparations-for-the-trans-european-transport-network?languageId=fi_FI) [viitattu 22.9.2022].

Traficom. s.a. Tietoa CEF-liikennehauista. www-dokumentti. Saatavissa <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/tietoa-cef-liikennehauista> [viitattu 22.9.2022]

Valtioneuvosto. 2021. Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021–2032. Valtioneuvoston julkaisu 2021:75. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163389/VN\\_2021\\_75.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163389/VN_2021_75.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 26.9.2022]

Viisi kysymystä ja vastausta TEN-T-liikenneverkosta. 2022. Impulssi-blogi, kirjoittaja Timo Harakka. Liikenne ja viestintäministeriö. Saatavissa: <https://impulssilvm.fi/2022/01/11/viisi-kysymysta-ja-vastausta-ten-t-liikenneverkosta/> [viitattu 23.9.2022].

# DROONIEN KOELENNOT ERITYINEN-KATEGORIASSA XAMKIN TESTIALUEELLA VUONNA 2022

Timo Kasurinen

“Drooni lentää usean kilometrin matkan kohteesta A kohteeseen B niin, että se kuljettaa mukanaan AED-defibrillaattoria ja laskee sen turvallisesti potilaan sekä häntä auttavan ihmisen luo” voisi olla eräs tyypillinen sovellus, jossa drooneja käytetään. Tämän artikkelin tarkoitus on esitellä lyhyesti kaikkia niitä haasteita, joita kuvatus sovelluksen toteuttaminen sisältää.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Xamkin NELI (North European Logistics Institute) -yksikkö on ollut yhtenä pääjäsenistä Finnish UAV Ecosystem (FUAVE) -hankkeessa, jonka tarkoitus on tukea suomalaisen miehittämättömään ilmailuun liittyvän tietopohjan ja liiketoiminnan kehittämistä. Tämän hankkeen puitteissa NELI:n tutkimusyksikössä on käytännössä toteutettu näköyhteyden ulkopuolisia ns. Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) -lentoja, joita edellä kuvattu sovellus edellyttää. NELI:n hankkeessa keskitytään vain harvaanasutuille alueille, joissa vaatimukset drone-operaatioille ovat kevyemmät kuin tiheästi asutulla alueella.

Kun toimitaan näköyhteyden ulkopuolella, droonitoiminnan tulee tapahtua Traficomin myöntämän ns. erityisen kategorian (Specific Category) toimiluvan puitteissa eikä avoimessa kategoriassa (Open Category), jossa tällä hetkellä suurin osa droonioperaatioista lennetään.

Ennen vuodenvaihdetta 2021–2022 BVLOS-lentojen lupaprosessi oli kohtuullisen kevyt, mutta vuoden 2022 alusta lähtien erityisen kategorian toimintalupaa voi hakea Traficomilta ainoastaan joko European Union Aviation Safety Agency (EASA):n julkaiseman ennakkoriskiarvion (Predefined Risk Assessment - PDRA) tai toimijan oman Specific Operation Risk Assessment SORA-riskiarvion pohjalta. Hakemukseen tulee aina liittää myös toimintakäsikirja (Operations Manual) sekä muut vaatimusten täyttämisen osoittavat asiakirjat. Näitä ovat mm. PDRA:n kuvaus ja ehdot -taulukko tai SORA-riskiarviointi sekä mahdolliset riskiarvioinnin lopputuloksesta aiheutuvia vaatimuksia tukevat dokumentit. (Traficom 2022.)

Vuonna 2021 NELI:n droonitutkimusprojektissa asetettiin tavoitteeksi BVLOS-lento Pyhtään Helsinki East Aerodromelta määriteltyyn paikkaan 20 km:n päässä. Pyhtään lentokenttää ympäröivä ilmatila kuuluu valvomattomaan ilmatilaan, jossa saa toimia vapaasti ilman lennonjohtajan selvitystä.

Valvotussa ilmatilassa pitemmän matkan droonioperaatiot saattavat teoriassa olla helpommin toteuttavissa kuin valvomattomassa, koska silloin lennonjohtaja porrastaa eri ilma-alukset keskenään ja ilma-aluksien väliset yhteentörmäykset estyvät, mikäli ilma-alukset liikkuvat lennonjohtajan ohjeiden mukaisesti. Toisaalta valvottu ilmatila sijaitsee usein tiheästi asutetun alueen päällä, jolloin maariski ts. riski siitä, että ilmasta maahan putoava drooni aiheuttaa vahinkoa, kasvaa ja edelleen vaatimukset droonien toiminnalle sekä luotavuudelle kasvavat. Kun toimitaan tiheästi asuttujen alueiden päällä, drooneilta saatetaan vaatia EASA:n tekemä suunnittelun tarkastus (Design Verification) (EASA 2021).

## **ALOITUS TILAPÄISTEN VAARA-ALUEIDEN (TEMPO D) HAKEMISESTA**

Koska NELI:n tutkimusprojektiin droonitoiminta tapahtuisi valvomattomassa ilmatilassa Pyhtään lentokentän rajoittavan UAS-vyöhykkeen ulkopuolella, ensimmäisenä toimenpiteenä oli tilapäisten vaara-alueiden ns. Tempo D-alueiden määrittäminen ja hakeminen. FUAVE-hankkeen puitteissa oli myös tarkoitus, että myös muut tahot voisivat käyttää samoja tilapäisiä vaara-alueita droonien koelentoihin.

Neljää Tempo D-aluetta haettiin Pyhtään ja Kotkan väliin, ja hakemukset lähtivät Traficom:n kautta lausuntokierrokselle. Koska alueet olivat kohtuullisen laajat, tosin eivät kovin korkeat, katsottiin alueiden haittaavan erityisesti purjelentotoimintaa, joten hakemusprosessi keskeytettiin ja aloitettiin neuvottelut Karhulan ilmailukerhon ja Suomen ilmailuliiton edustajien kanssa.

## **ORGANISAATION TOIMINTAKÄSIKIRJA ON EHDOTON EDELLYTYS ERITYISEN KATEGORIASSA TOIMINTALUVAN SAAMISELLE**

Lausuntokierroksen perusteella päätettiin hakea uutta, huomattavasti pienempää vaara-aluetta Pyhtään lentokentän ja Ruotsinpyhtään lennokkikentän väliin, ja tällä kertaa hakemus menikin loppujen lopuksi ilman suuria ongelmia läpi. Toimintaluvan saaminen edellytti kuitenkin toimintakäsikirjaa, jonka tekeminen aloitettiin syyskuussa 2021. Toimintakäsikirjan vähimmäissisältö pitää sisällään mm. seuraavia kappaleita:

- 
0. Kansilehti, josta käy ilmi UAS-operaattorin nimi ja otsikko "Toimintakäsikirja" Sisällysluettelo
  1. Johdanto
-

- 
2. Kuvaus UAS-operaattorin organisaatiosta ja organisaatiokaavio

---

  3. Toiminnan kuvaus

---

  4. Normaalityöntamennettelyt

---

  5. Varautumistomennpiteet

---

  6. Hätätoimennpiteet (UAS-operaattorin tulee määritellä menettelytavat hätätilanteiden varalle)

---

  7. Hätätilannesuunnitelma (ERP, Emergency Response Plan) (valinnainen)

---

  8. Turvatoimet (Menetelmät turvatoimien huomioimiseksi; ohjeet, ohjeistus, menetelmät ja vastuut turvavaatimusten täytäntöönpanosta ja UAS:n suojaamisesta luvattomia muutoksia, häiriöitä yms. vastaan)

---

  9. Ohjeet droonitoiminnan haittojen ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi

---

  10. Asetuksen (EU) N:o 376/2014 mukaiset poikkeamien ilmoittamismennettelyt

---

  11. Tietojen säilyttämismennettelyt (ohjeet lentäjien lokeista ja tallenteista sekä muista tiedoista katsotaan hyödylliseksi toiminnan seurannassa ja valvonnassa)
- 

(Traficom 2022.)

Kun Xamkin lähes puolisataasivuinen toimintakäsikirja drooneille saatiin hyväksyttyä, voitiin aloittaa toimintaluvan hakeminen BVLOS-lennoille ennakkoriskiarvion PDRA-G02:n mukaisesti harvaan asutuille alueille. Hakuprosessissa ilmeni, että lento piti toteuttaa siten, että droonin tullessa ohjaajan näkyviin Ruotsinpyhtään lennökkikentällä, sen on edelleen oltava väliaikaisella vaara-alueella.

Tämän seurauksena jouduttiin hakemaan vielä vaara-alueita lennökkikentän päälle, mikä edelleen aiheutti pientä hämmennystä lennökkiväessä. Lisäksi toimintakäsikirjaa piti hiukan muuttaa toimintamäärittelyjen osalta.

## ENSIMMÄINEN BVLOS-LENTOYRITYS

Toimintalupa Xamkille saatiin kuitenkin joululahjaksi juuri ennen joulua, ja ensimmäisiä BVLOS-lentoja päästiin toteuttamaan tammikuussa.

Ensimmäinen yritys toteuttaa BVLOS-lentoja tapahtui Vertical Hobby:n Kong Copter Y-600 -multikopterilla (kuva 1.). Tällöin yritettiin toteuttaa reilun 1,5 km lento paikasta A (Loosaren voimala) paikkaan B (Ruotsinpyhtään lennökkikenttä). Lennon tuli tapahtua siten, että Pixhawk-autopilottiin oli ohjelmoituna reittipisteet, joiden kautta droonin tuli lentää. Lentoa piti valvoa matkapuhelinverkossa käyttäen 5G-modeemia (ilman ulkoisia antennia), joka oli kiinnitettyä drooniin. 5G-verkkoa ei tosin alueella ollut, joten yhteys toteutui 4G LTE -verkkoyhteyden yli.



**Kuva1.** Kong Copter Y-600

Ennen BVLOS-lentoa edellisenä päivänä piti puoleen päivään mennessä lähettää ennakoilmoitus ilmatilan hallintayksikölle (AMC), jotta vaara-alue saatiin aktivoitua. Juuri ennen lentoa AMC:lle tehdään puhelimella ilmoitus toiminnan aloittamisesta, ja lentojen päättyessä tehdään ilmoitus toiminnan lopettamisesta.

Lennoilla kaikki sujuikin aluksi suunnitelmien mukaan, kunnes modeemi menetti yhteyden 4G-verkkoon. Drooniin oli määritetty asetus/ohjeistus, että matkapuhelinverkkoyhteyden kadotessa drooni lähtee automaattisesti takaisin lähtöpaikkaa kohtaan. Puhutaan ns. ”Fail Safe” -toiminteesta, joka oli aktivoituna. Drooni saatiin ehjänä lähtöpaikalle, mutta ensimmäinen yritys toteuttaa A:sta B:hen lento epäonnistui.

Myöhemmin tapahtumaa tutkittaessa saatiin verkko-operaattorilta tieto, että kohta, jossa 4G-yhteys menetettiin, oli juuri katvealueella kahden tukiaseman välissä. Tämän seurauksena päätettiin, että droonit varustetaan ulkoisilla antennilla, jolloin MIMO-tekniikasta saadaan paras hyöty ja edelleen parempi yhteyden laatu.

## UUDEN KALUSTON KÄYTTÖÖNOTTO JA ENSIMMÄINEN ONNISTUNUT BVLOS-LENTO

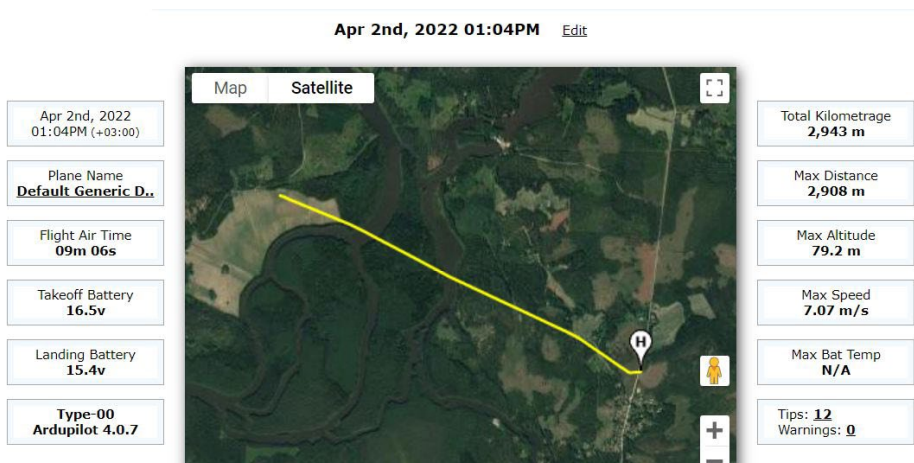
Ensimmäisen yrityksen jälkeen keskityttiin ottamaan käyttöön siivellinen kiinalaisvalmisteininen drooni (Foxtech Loong 2160 VTOL, kuva 2.), jonka siipien kärkiväli on 2,16 metriä, toiminta-aika puolitoista tuntia ja lentonopeus noin 70 km/h. Käyttöönotto sujui hyvin, paitsi että eräällä lennolla sattui pieni haaveri, joka viivästytti Loongin käyttöönottoa.



**Kuva 2.** Foxtech Loong 2160 VTOL

Odoteltaessa Loongiin varaosia tehtiin uusi yritys toteuttaa 3 km:n A:sta B:hen lento Y600 -multikopterilla. Tällä kertaa laite oli varustettu ulkoisilla MIMO-antenneilla ja toiminnolla, joissa droonia voidaan ohjata myös manuaalisesti sekä lähtöpaikalla että toisella ohjaimella laskeutumisaikalla. Vastaanottoaikalla oli kuitenkin tällä kertaa ainoastaan lennon havainnoitsija.

Lentoon lähtö tapahtui metsäaukealla Pyhtään kirkonkylän pohjoispuolelta ja suunnitellun laskeutumisen tulti tapahtua Ruotsinpyhtään lennökkikentälle. Lentoon lähtö tapahtui manuaalisesti, ja lennokin saavutettua sopivan korkeuden vaihdettiin lentomoodi automaattiselle ja pilotti siirtyi jännittyneenä seuraamaan maa-aseamalla lennon etenemistä. Tieto maa-aseamalle saatiin 4G-yhteyden avulla. Tällä kertaa kaikki sujui täsmällisesti suunnitelmien mukaan, ja ensimmäinen A:sta B:hen tapahtuva lento saatiin toteutettua (ks. Kuva 3).



**Kuva 3.** Ensimmäinen lähes 3 km pisteestä A pisteeseen B lento.

## MUTKIA MATKAAN ERITYISEN KATEGORIAN TOIMINTALUPAAN JA UUDEN TOIMINTALUVAN HAKEMINEN PERUSTUEN OMAAN SORA-RISKIARVIOINTIIN

Ensimmäinen ennakkoriskiarvointiin perustuva PDRA-G02 toimintalupa haettiin vain huhtikuun loppuun, vaikka se olisi jälkiviisaana voitu hakea kolmeksi vuodeksi. Uutta samanlaista toimintalupaa haettaessa ilmeni, että EASA oli muuttanut sen sisältöä. Nyt PDRA-G02:n mukaisessa toimintaluvassa ei enää sallitakaan, että lennon valvonta maa-aseamalla voi tapahtua matkapuhelinverkon yli, vaan nyt vaaditaan, että ensisijainen yhteys maa-asemalta drooniin pitää tapahtua suoran kommunikaatiolinkin kautta maalähettimen kautta drooniin [3 s. 10].

Tämä edelleen tarkoittaa sitä, että A:sta B:hen lentoa ei enää käytännössä voida toteuttaa ennakkoriskiarvointiin perustuvalla toimiluvalla, vaan lupa pitää saada oman SORA-riskiarvioinnin pohjalta, mikäli matkapuhelinverkkoa halutaan käyttää ensisijaisena menetelmänä lennon valvonnassa.

SORA-menettelyn perusta on taata operaatiolle sama turvallisuustaso kuin miehitetyssä ilmailussa. SORA-menettely koostuu kymmenestä eri kohdasta.

Alla on kuvattu nämä 10 eri kohtaa ja niiden vaatimat toimenpiteet yleisellä tasolla. (Trafficom 2022)

### 1. Toimintakuvaus (CONOPS)

SORA:n ensimmäisessä vaiheessa toimintaluvan hakija kerää ja toimittaa olennaiset tekniset, toiminnalliset ja järjestelmätiedot, joita tarvitaan miehittämättömällä ilma-aluksella suunniteltuun toimintaan liittyvän riskin arvioimiseksi. Toimintakuvaus voi olla myös osa toimijan toimintakäsikirjaa, kuten se Xamkin tapauksessa on.

### 2. Alustavan maariskin määrittely (GRC)

Alustava maariski on suhteutettu UAS:n riskiin osua ulkopuoliseen henkilöön esimerkiksi menetettäessä UAS:n hallinta. Alustavan maariskin arvioimiseksi tarvitsee tietää käytettävän kaluston ominaisuudet. Hakijan tulee määritellä toiminta-alue, joka sisältää itse toiminnan alueen sekä turva-alueen.

### 3. Lopullisen maariskin määrittely

Alustavaa maariskiä UAS:n osumisesta ulkopuoliseen henkilöön voidaan vähentää erilaisilla riskien lievennystoimenpiteillä kuten pelastusvarjolla tai hätätilannesuunnitelman toteutuksella.



Ilmariskin määrittely yleisesti

SORA-menetelmä käyttää toimintakuvauksessa (ConOps) määriteltyä operaation käyttämää ilmatilaa lähtötilanteena törmäysriskin arvioimiseksi määrittelemällä ilmariskiluokituksen ARC. Ilmariskiluokitusta voidaan lieventää käyttämällä strategisia ja taktisia riskin lievennystoimenpiteitä. Strategisia riskin lievennystoimenpiteitä käyttämällä ilmariskiluokitusta voi olla mahdollista laskea. Strateginen ilmariskin lievennystoimenpide voi esimerkiksi olla toimiminen tiettyinä ajanjaksona tai tiettyjen maantieteellisten rajojen sisällä. Strategisten lievennystoimenpiteiden soveltamisen jälkeen mahdollisen jäännösriskin lieventämiseen voidaan käyttää taktisia lievennystoimenpiteitä.

Taktiset vähennystoimenpiteet ovat havaitsemis- ja väistöjärjestelmiä (DAA) tai vaihtoehtoisia liikenteen havainnointikeinoja, kuten ADS-B, FLARM, U-space-palvelut tai operatiiviset menetelmät. Strategisten vähennystoimenpiteiden jälkeisestä jäännösilmariskin tasosta riippuen vaadittavat taktiset lievennysvaatimukset (TMPR) voivat vaihdella.

#### 4. Alustavan ilmariskin määrittely

Alustava ARC on laadullinen luokitteluarvo siitä, millä todennäköisyydellä UAS kohtaa miehitetyn ilma-aluksen tyypillisessä yleisessä siviili-ilmatilassa. ARC on ilmatilan yhteen-törmäysriskin alustava arvo ennen riskin lievennyksiä.

#### 5. Strategiset ilmariskin lievennystoimenpiteet (valinnainen)

Jos toimintaluvan hakija katsoo, että yleinen ARC on liian korkea toiminta-alueen ilmatilaan, hakijan tulee esittää strategiset ilmariskin vähennystoimenpiteet.

#### 6. Taktiset ilmariskin lievennystoimenpiteet ja toimenpiteiden suorituskyky

Taktisia ilmariskin lievennystoimenpiteitä käytetään lieventämään kyseisen ilmatilan törmäyksen jäännösriskiä, jota tarvitaan sovellettavan ilmatilan turvallisuustavoitteen saavuttamiseksi. Taktiset lievennykset ovat joko ”havaitse ja väistä” -muotoa (see and avoid, detect and avoid, DAA), esimerkiksi VLOS-toimintaa, tai ne voivat edellyttää järjestelmää, joka tarjoaa vaihtoehtoisen tavan saavuttaa kyseisessä ilmatilassa riittävä turvallisuustavoite.

#### 7. Lopullisen jäännösriskin tason määrittely ja toimintavarmuuden ja luotettavuuden määrittely (Specific assurance and integrity level SAIL)

SAIL-luku yhdistää maa- ja ilmariskianalyysit ja antaa vaaditut toiminnalliset turvallisuustavoitteet OSO:t ja niiden toimintavarmuustasot. SAIL edustaa luottamustasoa siitä, että UAS-toiminta pysyy hallinnassa. Lopullisen maariskin GRC ja jäännösilmariskin ARC määrittelyn jälkeen saadaan toimintakuvauksen mukaisen toiminnan SAIL-arvo.

SAIL ei ole määrällinen arvo, vaan ilmoittaa

- noudatettavat toiminnalliset turvallisuustavoitteet OSO:t - Operational Safety Objectives.
- kuvauksen toimista, jotka tukevat OSO:n saavuttamista.
- tarvittavat todisteet siitä, että OSO:t on saavutettu.

## 8. Toiminnallisten turvallisuustavoitteiden määrittely (OSO)

SORA-prosessin viimeinen vaihe on SAIL:n avulla tarkastella toiminnan suojauksia OSO:n muodossa ja määrittää niiden toimintavarmuus. Alla olevasta taulukosta selviää SAIL mukaiset OSO-toimintavarmuustasot.

EASA:n mukaan määritettävät toiminnalliset turvallisuustavoitteet ovat seuraavat:

### 1) UAS:n tekniikkaan liittyvät tavoitteet

OSO#1 Varmistetaan, että UAS-operaattori on pätevä ja/tai muutoin varmistettu.
OSO#2 UAS on valmistettu pätevän ja/tai muun varman tahon toimesta.
OSO#3 UAS on ylläpidetty pätevän ja/tai muun varman tahon toimesta.
OSO#4 UAS on kehitetty viranomaisten hyväksymien suunnittelustandardien mukaisesti.
OSO#5 UAS on suunniteltu ottaen huomioon järjestelmän turvallisuus ja luotettavuus.
OSO#6 C3-linkin suorituskyky on toiminnalle sopiva.
OSO#7 UAS on tarkastettu yhdenmukaiseksi toimintakuvauksen (ConOps) kanssa.
OSO#8 Toimintatavat määritellään, kelpoistetaan ja niitä noudatetaan.
OSO#9 Kauko-ohjaajina toimiva miehistö on koulutettu ja ajan tasalla ja pystyy hallitsemaan epänormaalia tilannetta.
OSO#10 Teknisistä ongelmista toivutaan turvallisesti.

### 2) Ulkoisten järjestelmien heikkenemiseen liittyvät tavoitteet

OSO#11 UAS:n toimintaa tukevien ulkoisten järjestelmien heikkenemisen estämiseksi on käytössä menettelyt.
OSO#12 UAS on suunniteltu hallitsemaan UAS-toimintaa tukevien ulkoisten järjestelmien heikkenemistä.
OSO#13 UAS:n toimintaa tukevat ulkoiset palvelut riittävät toimintaan.

### 3) Inhimillisiin virheisiin liittyvät tavoitteet

OSO#14 Toimintatavat määritellään, kelpoistetaan ja niitä noudatetaan.
OSO#15 Kauko-ohjaajina toimiva miehistö on koulutettu ja ajan tasalla ja pystyy hallitsemaan epänormaalia tilannetta.
OSO#16 Miehistön yhteistoiminta.
OSO#17 Kauko-ohjaajat ovat toimintakuntoisia.
OSO#18 Toiminta-alue varmennetaan automaattisesti inhimillisen virheen sattuessa.
OSO#19 Inhimillisistä virheistä toivutaan turvallisesti.
OSO#20 Inhimillisten tekijöiden arviointi on suoritettu ja ihmiskonerajapinta (HMI) on todettu tehtävään sopivaksi.

### 4) Tavoitteet toimintaa vaikeuttaville asioille

OSO#21 Toimintatavat määritellään, kelpoistetaan ja niitä noudatetaan.
OSO#22 Miehistö on koulutettu tunnistamaan kriittiset ympäristöolosuhteet ja välttämään niitä.
OSO#23 Turvallisen toiminnan ympäristöolosuhteet on määritelty, mitattavissa ja niitä noudatetaan.
OSO#24 UAS on suunniteltu ja hyväksytty epäsuotuisiin ympäristöolosuhteisiin.

## 9. Toiminta-alueen viereisen alueen ja ilmatilan huomioiminen

Tässä kohdassa on tarkoitus hallita riskiä, joka aiheutuu hallinnan menettämisestä, mikä johtaa UAV:n päättymiseen viereiselle alueelle tai ilmatilaan. Nämä alueet voivat vaihdella lennon eri vaiheiden mukaan.

## 10. Kattava turvallisuusarvio

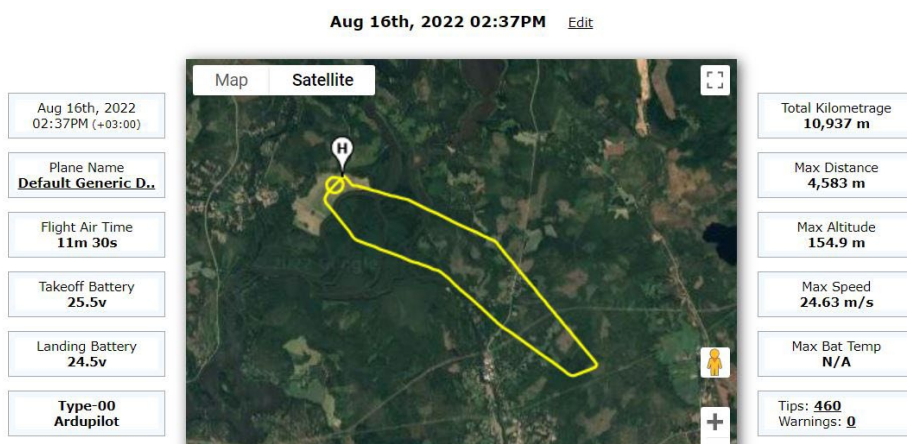
UAS-operaattorin tulee huomioida kaikki lisävaatimukset, jotka eivät kuulu SORA-prosessiin (esimerkiksi turva-asiat, yksityisyys, ympäristön suojelu jne.) ja tunnistaa asiaankuuluvat sidosryhmät, kuten ympäristönsuojeluviranomainen, kansalliset turvallisuuselimet jne. SORA-prosessissa suoritettavat toimet vastaavat todennäköisesti näihin lisätarpeisiin, mutta niitä ei välttämättä pidetä aina riittävinä.

UAS-operaattorin tulee varmistaa SORA-riskiarvion ja todellisten toimintaolosuhteiden (operaation aikaisen) välinen johdonmukaisuus ja tarvittaessa keskeyttää operaatio.

## TESTILENTOJEN TILA LOPPUKESÄSTÄ 2022

Tällä hetkellä on tehty lukuisia BVLOS-koelentoja lähinnä Loong-droonilla siten, että yhteys kauko-ohjaimeen on säilytetty. Kaikilla näillä lennoilla on myös yhteys matkapuhelinverkon yli toiminut hyvin. Lentojen yhteydessä on myös tehty mittauksia matkapuhelinverkon toimivuudesta erillisellä mittalaitteella.

Edellä kuvattuun omaan SORA-riskiarviointiin perustuva toimintalupahakemus on myös jätetty kesäkuussa Traficomille. Valitettavasti tällä hetkellä hakemusten käsittely kestää jopa kolme kuukautta, joten alkuperäiseen tavoitteeseen eli A:sta B:hen tapahtuva 20 km:n pituinen droonilento saa vielä hetken odottaa. Elokuussa 2022 saatiin kuitenkin toteutettua kuvan 4. mukainen ennakkoriskiarviointiin perustuva yli 10 km pitkä lento, joka todistaa, että myös A:sta B:hen tapahtuva pitkä testilento on mahdollista, sillä C2- (Command & Control) linkki toimi oikein hyvin sekä 4G verkon yli että myös suoraan maa-asemaohjaimelta drooniin.



**Kuva 4.** Yli 10 km lento Loongilla 4,6 km päähän.

## LOPUKSI

Vaikka edellä kuvattu prosessi toteuttaa pitkän matkan BVLOS-lentoja vaikuttaakin monimutkaiselta, tulevaisuudessa asiat varmasti yksinkertaistuvat ja turvallisuusasioiden ottaminen mukaan erityisen kategorian lentoihin arkipäiväistyvät aivan samaan tyyliin kuin nykyisessä miehitettyssä lentoliikenteessä.

Seuraavan kymmenen vuoden kuluessa arkipäiväistyy myös esimerkkinä ollut sovellus, jossa drooni lentää usean kilometrin matkan kohteesta A kohteeseen B niin, että se kuljettaa mukanaan AED-defibrillaattoria ja laskee sen turvallisesti potilaan ja häntä auttavan ihmisen luo. Jotta tähän päästään, paljon tehtävää on vielä.

## LÄHTEET

EASA. 2021. Guidelines on Design verification of UAS operated in the ‘specific’ category and classified in SAIL III and IV. Saatavissa: <https://www.easa.europa.eu/downloads/126318/en> [viitattu 19.8.2022].

EASA. 2022. Explanatory Note to Decision 2022/002/R Saatavissa: <https://www.easa.europa.eu/downloads/135912/en> [viitattu 22.8.2022].

Traficom. 2022. Luvanvarainen toiminta Erityinen-kategoriassa. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.droneinfo.fi/fi/luvanvarainen-toiminta-erityinen-kategoriassa> [viitattu 20.8.2022].

# HIUSKUIDUSTA KESTÄVÄ IMEYTYSTUOTE ÖLJYN RANTAKERÄYKSEEN

Manu Kettunen, Paula Nurminen, Justiina Halonen ja Mervi Koistinen

Öljyvahinkojen torjunnan tavoitteena on rajoittaa öljyn ja sen haittavaikutusten leviämistä sekä kerätä öljy pois ympäristöstä. Kerääminen tehdään pääasiassa mekaanisin menetelmin; öljyn laimentamista tai hajottamista käyttämällä kemikaaleja pyritään välttämään (HELCOM Recommendation 22/2; HELCOM Recommendation 19/17). Veteen vuotaneen öljyn mekaaniseen keräykseen käytetään useimmiten harja-, kiekko, rumpu tai kauluseräimiä joko yksittäisinä, kelluvina keräiminä (ns. skimmereinä) tai kiinteinä, aluksiin asennettuina keräysjärjestelminä. Mekaanisen keräyksen jäljiltä jäävän ohuen öljykalvon poistamiseen käytetään lopuksi imeyttämistä. Imeytys soveltuu usein käytettäväksi myös tilanteissa, joissa öljykalvo on jo alkujaankin ohut.

Imeyttämistä voidaan käyttää öljyn poistoon joko passiivisena menetelmänä, jossa imeytystuote asetetaan veden pinnalle, tai aktiivisena menetelmänä, jossa torjuja käyttää tuotetta keräysvälineenä. Passiivisessa menetelmässä on olennaista, ettei imeytystuote hajoa eikä menetä kelluvuuttaan missään vaiheessa. Aktiivisessa menetelmässä tuotteen uppoaminen ei sen sijaan ole merkittävä rajoite, sillä imeytystuote on koko ajan käyttäjän hallinnassa. Tuotteen kestävyys sitä vastoin on olennaista, ja se myös mahdollistaa useamman käyttökerran ja vähentää näin keräystyöstä syntyvän jätteen määrää. Lisäksi sekä passiivisessa että aktiivisessa imeyttämässä on olennaista, että imeytystuote imisi vettä mahdollisimman vähän.

Tässä artikkelissa kuvataan, miten hiuskuiduista valmistetut öljynimeytystuotteet vastaavat edellä esitettyihin torjuntakäytön vaatimuksiin. Tulokset perustuvat Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (jatkossa Xamk) ja LAB-ammattikorkeakoulun 2.5.2022 toteuttamaan esitesttiin ja 7.–9.9.2022 toteutettuun imeytystestiin Xamkin öljyntorjunta-altaalla. Esitestin tarkoitus oli selvittää, onko tuotteiden jatkokehittäminen tarkoituksenmukaista. Esitestin tulosten perusteella valikoitiin yksi hiuskuitutuotteista jatkotestaukseen, jossa tuotteen imeytyskykyä verrattiin synteettisen imeytystuotteen öljynimeytyskykyyn. Hiuskuiduista valmistetuille tuoteprototyypeille toteutettiin myös käyttäjätestaus WWF Suomen vapaaehtoisten öljyntorjuntajoukkojen koulutuspäivässä toukokuussa 2022.

## HIUS- JA KARVAKUIDUISTA ORGAANISIA TUOTTEITA ÖLJYNTORJUNTAAN

Maailmalla hiusta on jo hyödynnetty öljyvahingoissa ja aihetta tutkitaan enenevässä määrin. Australiassa tehdyssä tutkimuksessa (Pagnucco & Phillips, 2018) havaittiin, että hiusjätteestä valmistettu puomi sitoi raakaöljyä keskimääräisesti paremmin kuin polypropeenista, puuvillan sivutuotteista tai kierrätetystä selluloosasta valmistettu puomi. Hiuspuomilla oli kuitenkin huonoin kelluvuus merivedessä, ja puomi sitoi öljyä epätasaisesti. Viimeisin esimerkki hiusten hyödyntämisestä öljyvahingossa on tammikuulta 2022, kun Perun rannikolla tapahtuneen öljyvuodon jälkeen maan asukkaat osallistuivat puhdistustöihin lahjoittamalla hiusta sekä koiran- ja laamankarvaa imeytyspuomien valmistamiseen (Samon Ros, 2022).

Lahdessa hius- ja karvakuiduista valmistettua mattoa ja sen käyttöä lähdettiin kehittämään vuonna 2021. Tällöin perustettu Hiukka Hyvä -ympäristöprojekti alkoi kartoittaa yhdessä LAB-ammattikorkeakoulun kanssa orgaanisten kuitujen kierrättämistä uudeksi materiaaliksi ja hankki Yhdysvalloista karvakuiduille soveltuvan huovutuskoneen. Materiaalikeilujen jälkeen kehittyi orgaanisista kuiduista, hiuksesta ja koirankarvasta valmistettu hiukkamateriaali. Alkukartoituksen ohella Hiukka Hyvä lähti kokoamaan kampaamoverkostoa, jonka avulla kampaamoissa syntyvää hiusjätettä voi lahjoittaa kierrätettäväksi. Hiukkamateriaalin tuotekehitystä on jatkettu LAB-ammattikorkeakoulun Hiukka 2.0 – Hius ja muu orgaaninen kuitu muovin korvaajana -hankkeessa, jossa kehitetään hius- ja karvamaton käyttöä muun muassa öljyntorjunnassa.

## MUOTOILULLA IDEOITA JA PROTOTYYPEJÄ TUOTEKEHITYKSEN TUEKSI

Öljyntorjuntatuotteita lähdettiin kehittämään LAB-ammattikorkeakoulun Muotoiluinstituutissa opiskelijayhteistyönä käyttäjälähtöisen tuotesuunnittelun kurssilla. Orgaaniset imeytysmateriaalit ja öljyntorjunta olivat opiskelijoille täysin uusia aiheita. Opiskelijat saivat valita aiheekseen arkisen öljyvahingon tai öljyntorjunnan tuotteet. Aiheeseen tutustuttiin WWF:n vapaaehtoisten öljyntorjuntajoukkojen koulutusmateriaalin, videoiden ja öljyntorjuntaan osallistuneen asiantuntijan avustuksella. Lisäksi opiskelijat tutustuivat Hiukka Hyvän pajalla, miten hiuksista ja koirankarvasta tehdään huovutettua hiukkamateriaalia.

Opiskelijat testasivat hiusten, karvojen ja erilaisten muiden orgaanisten kuitujen öljynimeytyskykyä pääasiassa ruokaöljyllä. Yksi ryhmä testasi hiukkamateriaalia myös Versowoodilla erilaisilla öljyillä, kuten vaihteisto-, jäähdytin- ja polttoöljyllä. Tuotesuunnitteluun kuului kurssin aiheen mukaisesti käyttäjälähtöinen lähestymistapa, joten opiskelijat osallistivat eri alojen ihmisiä tuotteiden testaukseen erilaisissa olosuhteissa. Käyttäjätiestien jälkeen ideoista valikoitui seitsemän tuotekonseptia, jotka presentoitiin hankkeelle ja Hiukka Hyvälle.



**Kuva 1.** Öljyntorjuntatuotteiden käyttäjälähtöinen suunnittelu (kuvat: Pakkaus- ja brändimuotoilun 2. vuosikurssin opiskelijat ja Vesa Kumpulainen, Versowood 2022)

Tuotesuunnittelukurssin konseptiehdotuksista valittiin potentiaaliset jatkojalostukseen vievät ehdotukset yhdessä tuotteita valmistavan Hiukka Hyvän kanssa. Hiukka Hyvä valmisti yhdeksän erilaista tuoteprototyyppiä testattavaksi Xamkin öljyntorjunta-altaalla. Hiukkamattoja valmistettiin eri kokoisia. Hiukkamatosta tehtiin suorakulmainen malli narulla ja käsikahvalla, mustekalamainen malli sekä pieniä sienimäisiä tyynyjä. Lisäksi valmistettiin juuttikankaasta puomi ja tyyny sekä kierrätyspuuvillasta tyyny, ja kaikki tuotteet täytettiin hiukkamateriaalilla (kuva 2).



**Kuva 2.** Hius- ja karvakuiduista valmistettuja tuoteprototyyppiä (kuva: Mervi Koistinen 2022)



## KÄYTTÖKOKEMUKSISTA IDEOITA JATKOKEHITYKSEEN

Ensimmäinen testipäivä öljyntorjunta-altaalla antoi lupaavia tuloksia hiukkamaton ominaisuuksista sekä hyviä käyttökokenuksia öljyjen imeytyksessä. Pienemmät tuotteet olivat helppokäyttöisimpiä. Juutti ja tekstiili eivät käyttökokenuksen mukaan lisänneet öljynimeytystehoa, päinvastoin ne hidastivat öljyn imeytymistä hiukkamateriaaliin. Parhaaksi materiaaliyhdistelmäksi koettiin hius ja koirankarva. Tästä materiaaliyhdistelmästä tehty hiukkamatto oli testatuista prototyypeistä ominaisuuksiltaan paras öljyn imeyttämiseen. Hiukkamatto kesti hyvin kulutusta ja sitä voitiin käyttää moneen kertaan, kun se mankeloitiin välillä (kuva 5).

Suuri hiukkamatto, kooltaan 60x60cm, oli hyvä isoille puhdistettaville alueille: se kellui veden pinnalla ja sen käsittely oli helppoa öljyä kerätessä. Isoa hiukkamattoa ei voinut puristaa kuivaksi käsin, koska siihen se on liian suuri ja siksi raskas käsitellä. Pieni hiukkamatto, kooltaan 13x30 cm, oli käyttöominaisuuksiltaan parempi: sitä pystyi puristelemaan kuivaksi myös käsin. Narullinen malli hiukkamatosta koettiin hyväksi öljyn imeytyksessä veden pinnalta. Mallissa on toiselle pitkälle sivulle pujotettu naru, mikä helpotti maton kuljettamista veden pinnalla ja sen nostamista ylös vedestä. Mustekalamaisen prototyypin sekä pienen käsikahvallisen hiukkamaton havaittiin olevan hankalia puhdistaa käyttökertojen välillä, koska niissä oli paksuja kohtia.

Viisi tuotemallia valittiin WWF Suomen vapaaehtoisten öljyntorjuntajoukkojen koulutuspäivässä järjestettävään käyttäjätestaukseen. Materiaaliksi valittiin hiuksesta ja koirankarvasta valmistettu hiukkamateriaali.

## KÄYTTÄJÄTESTAUS WWF:N ÖLJYNTORJUNTAJOUKKOJEN KANSSA

Orgaanisten öljyntorjuntatuotteiden eli hiukkatuotteiden käyttäjäkokemuksia kerättiin yhdessä WWF Suomen vapaaehtoisten öljyntorjuntajoukkojen kanssa 14.5.2022 osana heidän öljyntorjunnan koulutuspäiväänsä. Öljyntorjunta-altaalla järjestetyssä koulutuspäivässä oli kolme rastia, joissa vapaaehtoiset yhdessä testasivat ja vertailivat nykyisten muovisten ja hiukkamateriaalista valmistettujen tuotteiden ominaisuuksia. Käyttökokenuksia oli havainnoimassa kaksi Hiukka 2.0 -hankkeen harjoittelijaa. Hiukka 2.0 -hankkeen rastilla osallistujat saivat antaa palautetta käyttäjätestauksesta ja hiukkatuotteista.



**Kuva 3.** WWF Suomen vapaaehtoisten torjuntajoukkojen koulutuspäivänä kerättiin myös käyttäjäkokemuksia hius- ja karvakuitutuotteista (kuva: Mervi Koistinen 2022)

Koulutuspäivän aikana hiukkatuotteista saatiin arvokkaan käyttäjäpalautteen lisäksi myös erinomaisia jatkokehitysideoita. Testaajat käsittelivät tuotteita monin eri tavoin, joista osa yllätti havainnoitsijat positiivisesti luovuutensa vuoksi. Osallistujat vertailivat tuotteita puolueettomasti tällä hetkellä markkinoilla olevien muovipohjaisten tuotteiden kanssa. Testaajilla ei ollut aikaisempaa kokemusta öljynpuhdistuksesta kenttäolosuhteissa, eli kaikki tuotteet olivat heille yhtä tuntemattomia. Kaiken kaikkiaan orgaaniset hiukkatuotteet pärjäivät loistavasti vertailussa. Tuotteiden öljynsitomiskyky koettiin yhtä hyväksi kuin vastaavilla muovipohjaisilla tuotteilla. Testipäivän tuloksena todettiin, että tuotteen tulee olla tasapaksuinen ja käsiteltävän kokoinen, jotta tuotteen käsittely ja mankelointi olisi mahdollisimman helppoa.

## HIUKKAMATERIAALIN IMEYTYSKYVYN ESITESTAUS

Hius- ja karvakuiduista valmistetun tuotteen imeytyskykyä testattiin ensimmäistä kertaa 2.5.2022. Testissä imukykyä arvioitiin kolmella eri öljyllä. Ensisijaiseksi tarkastelukohteeksi valittiin imukyky suhteessa tuotteen omaan painoon. Aluksi tuote punnittiin kuivana ja asetettiin sen jälkeen testialtaaseen (kuva 4). Täysin öljykyläinen tuote punnittiin ja tulosta verrattiin kuivapainoon (taulukko 1).



**Kuva 4.** Hiukkamatto testialtaassa imeytystestissä (kuva: Mervi Koistinen 2022)



**Kuva 5.** Hiukkamatto mankelissa (kuva: Mervi Koistinen 2022)

Testin perusteella hius- ja karvatuotteiden imukyvyyn arvioitiin olevan samaa suuruusluokkaa kuin synteettisillä tuotteilla: hiukkamatto imeytti esimerkiksi meriliikenteen dieselöljyä (MDO) noin 7,6-kertaisesti omaan painoonsa nähden ja synteettinen verrokki vastaavasti 7,9-kertaisesti. Tulosten perusteella imeytyskykytestejä päätettiin jatkaa.

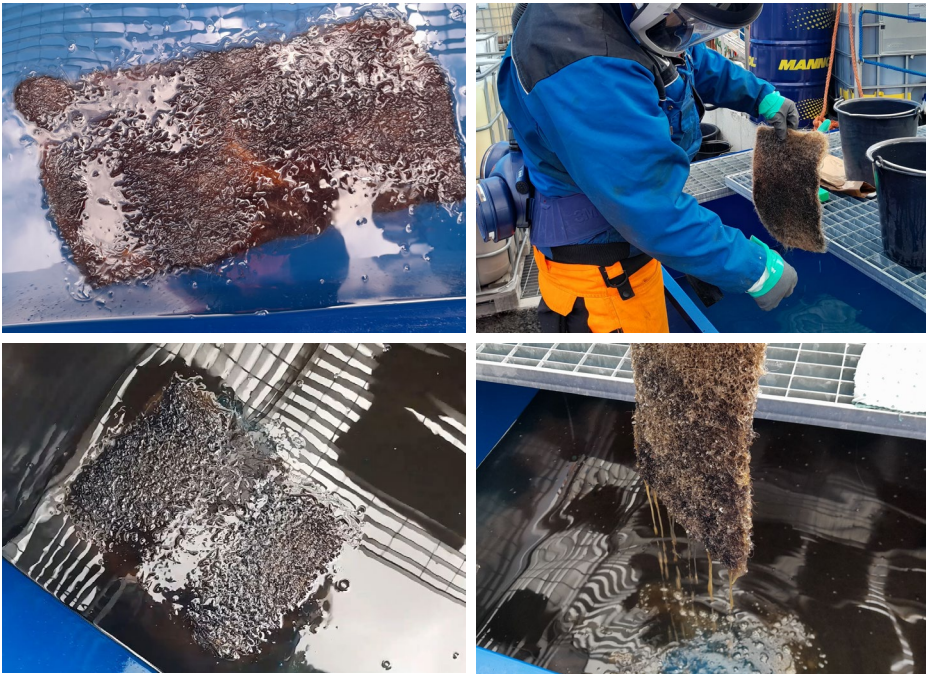
**Taulukko 1.** Hius- ja karvakuikutuotteen esitestin tulokset. Testissä tarkasteltiin hiukkamaton imeytyskykyä kolmella eri polttoaineella.

Öljy	Kuiva-paino [kg]	Märkä-paino [kg]	Imeytynyt neste [kg]	Imukyky / omapaino
Marine Diesel Oil (MDO)	0,07	0,60	0,53	7,57
Hydrauliikkaöljy S68	0,11	1,12	1,01	9,18
Kevyt polttoöljy	0,09	0,30	0,21	2,33

Hiukkamaton imeytyskyky osoittautui paremmaksi tässä testissä käytetyistä suurempi-viskositeettisilla öljyillä kuin kevyellä polttoöljyllä. Jatkossa on selvítettävä, kertooko tämä tulos hiukkamaton imukyvyyn parantumisesta öljyn viskositeetin kasvaessa.

## IMEYTYSKYKYTESTIT

Tarkentavat imeytyskykytestit suoritettiin kolmen päivän aikana (7.–9.9.2022) kahdella eri polttoainetyypillä: kevyellä polttoöljyllä ja meriliikenteen dieselöljyllä (MDO). Kummallakin imeytystuotteella tehtiin kolme eri rinnakkaistestiä ja niistä laskettiin keskiarvot. Testit toteutettiin reilun kahden neliön altaassa, jossa pidettiin noin kahden millimetrin öljykerrosta. Verrokkituotteeksi valittiin markkinoilla yleisin synteettinen imeytystuote, polypropeenista valmistettu imeytysliina. Samoin kuin esitestissä, myös tässä pääasiallisena tarkastelukohteena oli tuotteen imukyky suhteessa omaan painoonsa. Tämän lisäksi testissä tarkasteltiin myös tuotteiden uudelleenkäytettävyyttä, jota arvioitiin puristamalla öljykyläinen tuote kuivaksi ja toistamalla öljyn imeyttäminen. Imeytystuotteiden kuivaksi puristamiseen käytettiin mankeliä (kuva 5). Yhdellä tuotteella imeyttäminen toistettiin viisi kertaa. Imeytystuotteet punnittiin kuivana ja jokaisen imeytyksen sekä mankeloinnin jälkeen uudestaan vaa'alla (tarkkuus ± 5 g). Puristetuos otettiin talteen litran mittakannuihin.



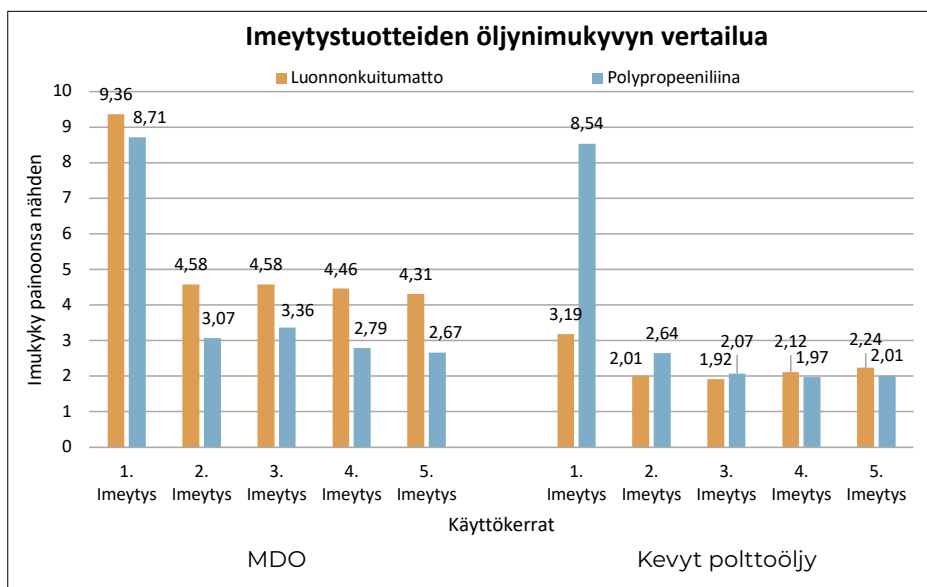
**Kuva 6.** Hiuskuitumatto imeytyskykytestissä. Altaasta nostettaessa tuotteesta annettiin valua irtonainen öljy pois. Ylärivissä polttoöljyn ja alarivissä meriliikenteen dieselöljyn imeytys ja valutus. (kuvat: Justiina Halonen 2022)

Kuvaan 7 on koottu tulokset molemmilla polttoaineilla tehdyistä imeytystesteistä. Kaaviossa polttoainekohtaisen pylväsryhmän ensimmäinen pylväs kuvaa kokonaisnesteen imeytymismäärää kuivaan, käyttämättömään tuotteeseen, ja seuraavat pylväät toisen–viidennen (2.–5.) käyttökerran ja sitä seuranneen kuivauksen jälkeistä imukykyä suhdelukuna imeytystuotteen omaan painoon nähden.

Kuten kaaviosta huomataan, viskositeetiltaan matalamman polttoöljyn imeytyminen kuivaan luonnonkuitutuotteeseen jää reilusti heikommaksi kuin synteettiseen tuotteeseen. Kuivatut ja uudelleen käytetyt tuotteet pysyivät tasaväkisinä seuraavilla imeytyskerroilla, eikä suurta eroa synteettisen ja luonnonkuidun välillä enää juurikaan ollut. Ensikäytön (3,19 -kertainen) ja uusiokäytön keskiarvoinen imeytyskyky (2,07 -kertainen) vastaavat aiempia testituloksia, ja mm. Fingas (2013) arvioi hiusmateriaalin imeytyskyvyn dieselillä kaksinkertaiseksi omaan painoonsa nähden.

Meriliikenteen dieselöljyllä (MDO) luonnonkuituisen ja synteettisen tuotteen vertailu oli huomattavasti tasaväkisempää myös ensimmäisellä käyttökerralla (kuva 7). Hiusmaton imukyvyyn tasoa, noin yhdeksän kertaa oman painonsa verran nestettä, voidaan arvioida hyväksi, sillä orgaaniset aineet imeyttävät keskimäärin 3–15 kertaa oman painonsa verran, epäorgaaniset

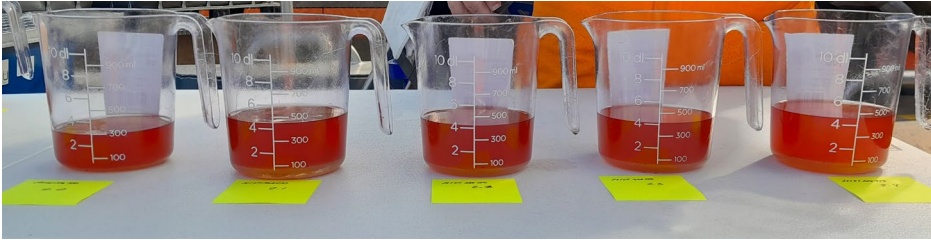
4–20 -kertaisesti ja synteettiset 30–70 -kertaiseen asti (Fingas, 2013; Koops ym., 2014). Suoraa vertailuarvoa kyseiseen öljyyn ei lähdekirjallisuudesta kuitenkaan löytynyt. Uusio-käyttökertoilla luonnonkuitutuote oli testin mukaan jonkin verran synteettistä tehokkaampi; keskiarvona luonnonkuituun imeytyi 4,5-kertainen määrä nestettä omaan painoonsa nähden, kun taas polypropeeniin imeytyi noin kolminkertainen määrä. Toisen käyttökerran jälkeisessä (toisesta viidenteen käyttökertaan) imeytyskyvyssä havaittu muutos oli hyvin vähäistä.



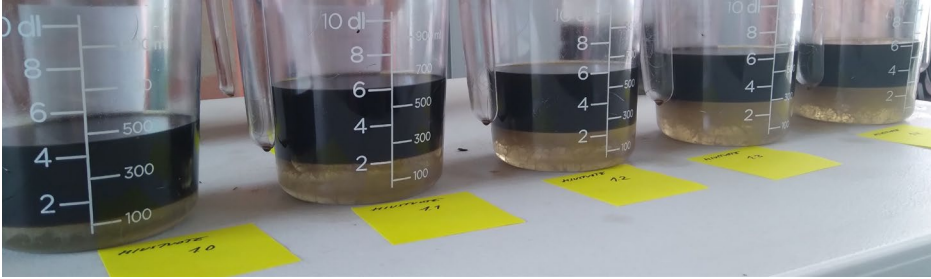
**Kuva 7.** Luonnonkuitumaton ja polypropeeniliinan imeytyskyvyn vertailu meriliikenteen dieselöljyllä (MDO) ja kevyellä polttoöljyllä sekä imeytyskyvyn pysyvyys viiden käyttökerran aikana (välimankelointien jälkeen). Imeytyskyky ilmoitettu imeytystuotteen painoon nähden. Testiolosuhteet: vesi 15°C ja ilma 16°C.

Imeytystuotteen öljy-vesi-suhdetta arvioitiin silmämääräisesti litran mittakannuihin talteen otetusta puristetutoksesta (kuvat 8 ja 9). Vaikka polttoöljyllä hiusmattoon imeytynyt kokonaisnestemäärä jäi vähäisemmäksi, oli öljyn osuus nesteessä huomattavasti suurempi kuin meriliikenteen dieselöljyä imeytettäessä. Polttoöljyllä veden osuus lisääntyi hieman toisella imeytyskerralla ensimmäiseen käyttökertaan nähden mutta pysyi samansuuruisena seuraavilla käyttökertoilla (kuva 8). Meriliikenteen dieselöljyllä kokonaisnesteen määrä säilyi samana 2.–5. käyttökertoilla, mutta neljännen käyttökerran jälkeen öljyn osuus alkoi hieman vähenemään (kuva 9).

Verrattaessa tulosta aiempaan saatavilla olevaan tietoon voidaan erityisesti kevyellä polttoöljyllä saatua ensikäytön tulosta pitää verrattain hyvänä. Esimerkiksi Fingas (2013) ilmoittaa hiusten imeyttämiseksi mukana tulevan veden osuudeksi noin 30 %. Veden osuudesta tulee kuitenkin tehdä tarkempi selvitys, jossa huomioidaan erilaisten öljykerrospaksuuksien ja imeytysajan vaikutus imeytystuotokseen.



**Kuva 8.** Hiuskuitumaton puristetuotos 1.–5. käyttökerran jälkeen polttoöljyllä. Seisotusaika 0,5 h. (kuva: Justiina Halonen 2022)



**Kuva 9.** Hiuskuitumaton puristetuotos 1.–5. käyttökerran jälkeen meriliikenteen dieselöljyllä. Seisotusaika 1 vrk. (kuva: Manu Kettunen 2022)

Hiukkamatto säilytti kelluvuutensa myös öljykyläisenä kaikissa toistoissa. Imeytysjaksot olivat kuitenkin verrattain lyhytkestoisia, joten jatkotutkimusaiheeksi jää selvittää, vaikuttaako altistusajan pidentäminen kelluvuuteen.

Visuaalisen tarkastelun perusteella voidaan myös sanoa, että luonnonkuitumateriaali kesti paremmin mankelointia kuin synteettinen liina. Kestävyyden tarkempi arviointi edellyttää kuitenkin pidempikestoisempaa testiä useammalla toistolla, ja sen huomiointia, ettei todellisessa vahinkotilanteessa ole käytettävissä mankelointia vaan tuotteet kuivataan käsin, jolloin materiaaliin kohdistuva rasitus voidaan kiertoliikkeen vuoksi arvioida suuremmaksi.

Tuloksia arvioitaessa on huomioitava, että lukuarvoihin vaikuttaa se, ettei kaikkia toimintojen osia, kuten valutusaikaa tai puristusvoimaa, voitu vakioda tuotteiden vaihtelevan koon ja paksuuden vuoksi. Lisäksi käytetyn vaa'an mittaustarkkuus kyseisten testituotteiden kuivapainoon nähden oli hieman karkeahko. Myös öljy/vesi-suhteen arviointi perustui silmämääräiseen, ei laskennalliseen mittaukseen, kokemusperäisesti riittävän öljyn ja veden eri faaseiksi erottumisajan jälkeen.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Testin tavoitteena oli tutkia hius- ja karvakuitutuotteiden imukykyä sekä saada tietoa niiden uudelleenkäytettävyydestä, kestävydestä ja imukyvyn kehittymisestä, useamman käyttökerran ja mankelilla kuivauksen jälkeen. Imeytystuotteiden uudelleenkäyttöä ei öljyvahingoissa juurikaan ole hyödynnetty, sillä käyttöönottoon liittyvät kustannukset, mm. logistiikkakustannukset, on arvioitu korkeammaksi kuin uusien hankintahinta, ja tuotteiden imeytyskyvyn arvioidaan heikentyvän (Koops ym., 2014). Toteutettujen testien perusteella polypropeeniliina säilyttää uudelleen käytettäessä noin 25–35 % ja hiukkamatto 50–65 % alkuperäisestä imeytyskyvystään ja tämä taso vaikuttaa säilyvän suhteellisen vakiona. Erityisesti meriliikenteen dieselöljyn imeyttämisessä hiukkamateriaali osoitti vahvaa potentiaalia kestäväksi öljynkeräystuotteeksi, jonka uudelleenkäytöllä on mahdollisuus vähentää keräystyössä syntyvän öljyisen jätteen määrää. Luonnonkuitutuotteiden käytettävyyttä tukee myös niiden ekologisuus koko elinkaaren ajalta muovipohjaisiin tuotteisiin verrattuna (Kettunen 2022).

Testin tulokset antavat rohkaisevaa viestiä luonnonkuitutuotteen hyödynnettävyydestä rantakeräyksessä ja kannustavat jatkotutkimukseen. Orgaanisten vaihtoehtojen avulla luodaan uutta kiertotalouden mukaista liiketoimintaa, kun ylijäämästä tehdään hyötytuotteita, joiden avulla tehdään hyvää myös ympäristölle.

## HANKEYHTEISTYÖSSÄ

Tuotetestaus toteutettiin Xamkin Uusiutuvien ja biopohjaisten nesteiden maa- ja vesistövahinkojen torjunta (A78380) -hankkeen ja LAB-ammattikorkeakoulun Hiukka 2.0 – Hius- ja muu orgaaninen kuitu muovin korvaajana -hankkeen yhteistyönä. Hiukka 2.0 -hankkeen tavoitteena on kehittää orgaanisten kuitujen jatkojalostusta yhteistyössä kampaamo- ja trimmausalojen sekä Hiukka Hyvän kanssa. Hanke kestää syyskuuhun 2023 saakka, ja sitä rahoittaa Päijät-Hämeen liitto. Xamkin hankkeen tavoitteena on kehittää ympäristövahinkojen torjuntavalmiutta vesistöissä ja maa-alueella tapahtuviin uusiutuvien ja biopohjaisten polttoaineiden ja -nesteiden vahinkoihin. Samalla tuetaan varautumisen kestävä kehityksen näkökulmaa testaamalla uusiutuvia ja kierrätettäviä imeytystuotteita. Hanketta rahoittavat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) Kymenlaakson liiton kautta, Etelä-Savon pelastuslaitos, Kymenlaakson pelastuslaitos, Lamor Corporation Ltd ja Neste Oil Oyj. (Xamk 2021.)





**Kuva 10.** Tuotetestaus toteutettiin Xamkin ja LAB-ammattikorkeakoulun TKI-hankkeiden yhteistyönä. (kuva: Mervi Koistinen 2022)

## LÄHTEET

Fingas, M. 2013. The basics of oil spill cleanup. CRC Press. Taylor & Francis Group. 3. painos. ISBN 978-1-4398-6246-9. Sivut 112–113.

Helcom Recommendation 19/17. Measures in order to combat pollution from offshore units. Adopted 24 March 1998 having regard to Article 13, Paragraph b) and Regulation 2 of Annex VI of the Helsinki Convention. Verkkodokumentti. Saatavissa: [https://archive.iwlearn.net/helcom.fi/Recommendations/en\\_GB/rec19\\_17/index.html](https://archive.iwlearn.net/helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec19_17/index.html) [viitattu 24.8.2022].

Helcom Recommendation 22/2. Restricted use of chemical agents and other non-mechanical means in oil combatting operations in the Baltic Sea area. Adopted 21 March 2001 having regard to Article 20(1), b) of the 1992 Helsinki Convention. Verkkodokumentti. Saatavissa: [Helcom : Restricted use of Chemical agents and other Non-chemical means in Oil Combatting Operations on the Baltic Sea Area \(iwlearn.net\)](https://www.helcom.fi/Restricted-use-of-Chemical-agents-and-other-Non-chemical-means-in-oil-combatting-operations-on-the-Baltic-Sea-Area) [viitattu 24.8.2022].

Kettunen, M. 2022. Öljynimeytystä luonnonkuiduilla. Xamk READ 2/2022. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun verkkolehti. Saatavissa: [https://read.xamk.fi/2022/logistiikka-ja-merenkulku/oljynimeytysta-luonnonkuiduilla/?\\_ga=2.35486881.1280664054.1662644745-1739121146.1654599908](https://read.xamk.fi/2022/logistiikka-ja-merenkulku/oljynimeytysta-luonnonkuiduilla/?_ga=2.35486881.1280664054.1662644745-1739121146.1654599908) [viitattu 8.9.2022].

Koops, W., Zeinstra, M. & Heins, S. 2014. Oil spill response manual. NHL University of Applied Sciences. Sivut 187–188.

Samon Ros, C. 2022. Peruvians donating hair to assist with oil spill clean-up. La Prensa Latina Media. Saatavissa: <https://www.laprensalatina.com/peruvians-donating-hair-to-assist-with-oil-spill-clean-up/> [viitattu 25.8.2022].

Pagnucco, R. & Phillips, M. 2018. Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms. Journal of Environmental Management 225 (2018) 10–16. School of Life Sciences, University of Technology Sydney. Saatavissa: <https://materoftrust.org/wp-content/uploads/2018/07/1-s2.0-S0301479718308570-main.pdf> [viitattu 25.8.2022].

Xamk. 2021. Uusiutuvien ja biopohjaisten nesteiden maa- ja vesistövahinkojen torjunta. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.xamk.fi/uusiutuvientorjunta> [viitattu 24.8.2022].

# UUDEN SUKUPOLVEN HARJOITUSSIMULAATIOIDEN KEHITTÄMINEN

Riitta Kajatkari, Anna Kiviniitty ja Ville Henttu

Suomenlahti on vesiväylänä tärkeä rahti- ja matkustajareitti mutta myös alueellinen pullonkaula muun muassa säiliöalusliikenteelle ja öljynkuljetuksille. Suomenlahden yli kulkevien säiliöalusten määrän kasvun vuoksi ekologisten katastrofien riski kasvaa ja muodostaa vakavan uhan alueen ainutlaatuiselle merelliselle elinympäristölle. Erikoiset meriolosuhteet, kuten jäätyminen, ja öljyvuotojen haasteet vaativat kokonaisvaltaista lähestymistapaa torjuntatoimiin. Ammattilaisten koulutus merellä lisää tehokkuutta ja vahinkojen torjuntavalmiutta, mutta se on kallista ja joskus mahdotonta vaativissa olosuhteissa. Innovatiivinen ja kustannustehokas simulaattoriympäristö on turvallinen koulustapa. (Lanki ym. 2022.)

Suomen ja naapurimaiden öljyntorjuntavalmiuden ja viranomaisyhteistyön kehittäminen simulaatioharjoittelulla vaativissa olosuhteissa Suomenlahdella on tarpeellista suurten liikennemäärien ja herkän meriluonnon vuoksi. CBC Ohjelma on rahoittanut kansainvälistä SIMREC projektia European Unionin tuella vuosina 2019–2022. (Lanki ym. 2022.)

## **SIMREC – SIMULAATTORIT APUNA RAJAT YLITTÄVIEN ÖLJYVAHINKOJEN TORJUNTATYÖN PARANTAMISEEN ÄÄRIMMÄISISSÄ OLOSUHTEISSA**

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tehostaa tutkimus- ja kehityslaitosten sekä keskeisten viranomaisten välistä rajat ylittävää yhteistyötä, jotta voidaan vähentää lisääntyneeseen meriliikenteeseen ja öljyvuotoihin liittyviä riskejä Suomenlahden alueella. Partnerina Venäjän puolelta oli Pietarin Tekninen yliopisto sekä Makarovin yliopisto ja Suomen puolelta Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Aalto Yliopisto, Helsingin Yliopisto ja Suomen Ympäristökeskus. Projektin hallinnoja on ollut Merikotka ry. Yhteistyö venäläisten partnereiden kanssa lopetettiin Ukrainan sodan alettua. Hanke saateltiin maaliin siis suomalaisten partnereiden kesken. (Merikotka 2022.)

Hankkeen tavoitteena on yhteistoiminnan ja teknisten valmiuksien kehittäminen yhteisen simulointikoulutuksen avulla tehokkaasti ja turvallisesti. Simulointimallinnusta hyödyntäen lisätään Suomenlahden pelastuslaitosten ja öljyntorjuntaviranomaisten valmiutta toimia yhdessä mahdollisen öljyonnettomuuden sattuessa. Tämä edellyttää monialaista erityisosa-

mista ja saumatonta yhteistyötä yli valtakunnanrajan sekä yhteistyötä eri viranomaistahojen välillä. (Merikotka 2022.)

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu kehittää kansainvälistä öljyntorjunnan simulaattorikoulutusmallia pelastusviranomaisille Suomenlahden yli. Öljyntorjuntasimulaattorikoulutusmalli yhdistää hankkeen toiminnan keskeiset tulokset ja toimii testausalustana kehitettyjen torjuntamenetelmien ja päätöksenteon tukityökalujen toimivuuden osoittamiselle. Kansainvälisessä koulutusohjelmassa järjestettiin neljä yhteistä simulaattoriharjoitusta. (Lanki ym. 2022.)

## **KOULUTUS, SUUNNITTELU JA KEHITYS**

Xamkin päätehtävänä SIMREC-hankkeessa oli suunnitella ja kehittää yhteistä merenkulun öljyntorjunnan simulaattorikoulutusta yhteistyössä Baltian kumppaniemme kanssa. Simulaattorikoulutus on käytännöllinen ja kattava tapa oppia monimutkaisia tilanteita, jotka voivat olla kalliita tai vaikeasti koulutettavia tosielämässä. Simulaatioympäristön ja -harjoitteiden tulee muistuttaa todellisia tosielämän tapahtumia ja tilanteita. Olemme perustaneet koulutuksen kolmeen varsinaisen öljyvudon torjunnan vaiheeseen, jotka ovat tiedustelu, välitön toiminta ja jatkuva toiminta. (Lanki ym. 2022.)

Parhaiden koulutustavoitteiden löytämiseksi teimme kyselyn, ja sen tulosten perusteella määritimme oppimisen kolme päätoimintoa: aluksen hallinta ja navigointi, viestintä ja koordinointi sekä torjuntataktiikka. Nämä toiminnot sisältävät erityistavoitteet kahdella vastuutasolla: esimiehet ja toimijat. Äärimmäisten ympäristöolosuhteiden rajojen ja arvojen määrittämiseksi analysoimme rannikon mittausasemilta säätiedot ja varsinaisen reagointilaivaston toimintarajoja. Tämän pohjalta kehitimme raja-arvotaulukon tuulelle, aalloille ja näkyvyydelle. Tätä käytetään simuloitua harjoitusympäristöä luotaessa. (Lanki ym. 2022.)

Projektitiimi hyväksyi yhdessä merenkulun simulaatioihin perustuvan öljyntorjuntakoulutuksen kolme koulutustoimintoa: aluksen hallinta, viestintä ja koordinointi sekä öljyntorjuntataktiikat ja -operaatiot. Nämä kaikki on jaettu oppijan vastuutason mukaan: esimiehet, johtajat ja valvojat tai operatiiviset työntekijät. Aluksen hallinta sisältää kaikki tavoitteet navigointiin, ohjaukseen sekä navigointilaitteiden ja laitteiden oikean käyttöön liittyvien taitojen ja osaamisen oppimiseen. Esimiehet eivät operoi aluksia itse, joten heille ohjaus tapahtuu strategisemmalla tasolla ja operaattoreille se on käytännön taitoja. Viestintä ja koordinointi sisältää kaikki yhteisen operaation johtamiseen ja valvonnan sekä radioviestintään liittyvät taidot ja pätevyudet. Esimiehiltä se vaatii oikean ja tarkan tiedon tehokasta vastaanottamista ja välittämistä sekä toimijoilta tiedon ja datan oikeaa tulkintaa ja välittämistä. Torjuntaoperaatiot sisältävät kaikki taidot ja pätevyudet, joita tarvitaan koordinoitujen torjuntatoimenpiteiden toteuttamiseen. Esimiehet käyttävät taitoja laivastotason toiminnan johtamiseen ja operaattorit tarvitsevat taitoja aluksen vastausmateriaalin

käyttämiseen sekä niiden välisen yhteyden ymmärtämiseen. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty taitojen ja operaatioiden esimerkit sekä erilaisten funktioiden että toimijoiden perusteella. (Lanki ym. 2022.)

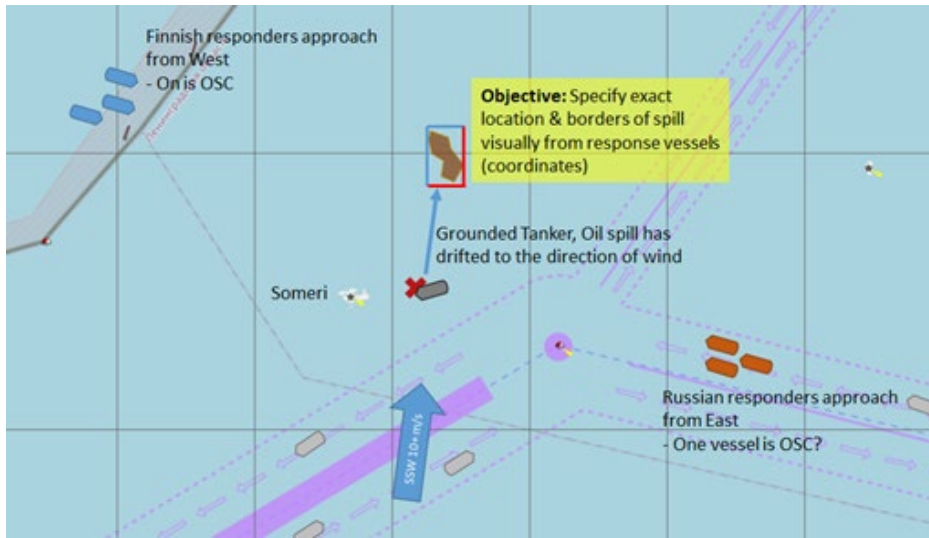
**Taulukko 1.** Esimerkki tiedoista öljyonnettomuuden ensimmäisessä vaiheessa. (Lanki ym. 2022)

Havainnointi ja suunnittelu	Valvojat	Operatiivinen henkilökunta
F1. Aluksen hallinta	Strateginen ymmärrys - kohtuullinen nopeus	Käytännön taitoja eteneminen kohtuullista nopeutta käyttäen navigointi COLREGin mukaan
F2. Viestintä ja koordinoitua	Välittää tietoa tehokkaasti ja ymmärrettävästi.	Vastaanottaa / välittää oikein.
F3. Torjunta-operaatiot	Tietoisuus "laivaston" liikkeestä ja sijainnista.	Oman sijainnin ymmärtäminen suhteessa muihin.

Simulaattorihjelmiston yhteistoiminnan järjestämiseksi Venäjän keskus liitettiin European Maritime Simulator Network -verkostoon, johon Suomen merenkulun simulaattorikeskus oli jo yhdistetty aikaisemmin. EMSN-järjestelmän ansiosta on laaja kirjo mahdollisuuksia olla yhteydessä muihin koulutuskeskuksiin maailmanlaajuisesti ja kouluttaa samanaikaisesti öljyntorjuntataitoja sekä järjestää muita merenkulkualan koulutusta kansainvälisesti. Kommunikaatiota ja nopeaa päätöksentekoa voitaisiin harjoitella paremmin kansainvälisellä tasolla, kun vastausryhmiä on enemmän. Eri maiden osallistujien kanssa simulaattoriympäristö tarjoaa laajan valikoiman koulutusta kommunikointiin, puomitukseen ja jätteenpoistoon. (Lanki ym. 2022.)

Yksi tärkeä näkökohta ja keskustelunaihe oli oppijoiden perehdyttäminen simulaattorin käyttöliittymään. Monet vastaajista ovat päteviä varsinaisten alustensa ja laitteidensa käytössä, mutta simulointi on aina likimääräinen todellisuus, joten tutustuminen simuloituun käyttöliittymään ja sen käyttöön on tärkeää ennen todellisen tavoitelähtöisen harjoituksen suorittamista – varsinkin kun järjestelmä on online-tilassa EMSN:n kautta. Lopuksi simuloitujen maantieteellisten alueiden valinta (kuva 1) aloitettiin tässä kehitysvaiheessa yhteistyössä teknisten asiantuntijoiden kanssa. Työryhmä päätti luoda jokaiseen vaiheeseen perustuvia harjoituksia. Ensimmäinen harjoitus olisi öljyvuodon tiedustelu- ja suunnitteluvaiheessa. Tiedustelu tarkoittaa vuodon paikantamista ja yhteisen tilannetietoisuuden luomista keskuksen sisällä olevien ryhmien välillä kansallisten valvojien kanssa operaattoreineen sekä keskustasta keskustaan ulkoisesti. Suunnittelu tarkoittaa yhteisen alustavan toimintasuunnitelman laatimista tilannetietoisuuden perusteella. (Lanki ym. 2022.)

On tärkeää tehdä öljyntorjunta- ja pelastusveneiden sijainnista helpompaa ja tarkempaa koulutusprosessissa. Harjoitteluprosessissa vahinkoalueen koordinaatit tulee kytkeä automaattisesti karttaan tai AIS-järjestelmään. Koulutuksen toteutuksessa demonstroitiin onnistuneesti alusajoa kevätjässä. Jatkossa voidaan ottaa huomioon, että myös jääolosuhteet voivat vaikuttaa reagointitoimintoihin. Ehkä myöhemmin jää- ja öljyntorjuntamalli voivat toimia samanaikaisesti NTPro-ohjelmissa.



**Kuva 1.** Partnereiden kanssa suunniteltu kuva harjoituksesta 1. (Kuva: Antti Lanki)

## YLEISET VAIKEUDET MUUTTIVAT TYÖSKENTELYTAPOJA

Suurin haaste kehitykselle oli COVID-19-pandemia, joka aiheutti merkittäviä haasteita kehitystyöpajoille sekä yleisiä viivästyksiä. Myös kansainvälinen tilanne on muuttunut merkittävästi hankkeen aikana. Merenkulun simulaattorien tekninen kehittäminen monissa tapauksissa vaati fyysistä järjestelmän tarkistusta. Karttojen ja harjoitusten valinta edellytti vuorovaikutusta. Pandemiatilanteesta johtuen työntekijöillä oli tapaamisrajoituksia, joten pääosa säännöllisistä tapaamisista suoritettiin etäyhteyksien avulla (esim. Microsoft Teams). (Lanki ym. 2022.)

Yhteistyötä ulkomaisten kumppaneiden kanssa järjestettiin COMMON LOG -verkkodokumentin avulla, joka sisälsi linkit työn eri välilehtiin ja taulukoihin, kuvia sekä kuvaukset yhteisessä koulutuskehityksessä käytetystä työasiakirjasta. Common Login avulla tunnistettiin keskinäisiä eritelmiä ja käytäntöjä rajat ylittävän öljyntorjunnan simulaattorikoulutuksen kehittämiseen. (Lanki ym. 2022.)

Wärtsilän toimittama NTPro-simulaattoriohjelma käsitteli öljytorjuntatoimintaa, ja lisäksi hankittiin jäämalliohjelma. Fraunhofer CML oli toimittanut simulaattorikeskukseen European Maritime Simulator Network -yhteyden. EMSN ja NTPro-ohjelma yhdessä tarjosivat hienot ja virheettömästi toimivat mahdollisuudet toteuttaa projektin tavoitteita. (Lanki ym. 2022.)

Vuonna 2022 maailmantilanne muuttui huomattavasti, ja yhteistoiminta venäläisten partnereiden kanssa jatkossa oli mahdotonta. Kansainvälisestä tasosta yhteisharjoituksen suunnittelu muuttui kansalliseen. Covid-rajotteet ja vuoden 2022 muutokset vaikuttivat huomattavasti koko työprosessiin (kuva 2) ja sen mukaisesti tuloksiin. Olemme joka tapauksessa selvittäneet tekemämme tarpeet ja skenaariot, ja viimeinen yhteiskokous järjestettiin onnistuneesti suomalaisille öljyntorjuntaviranomaisille. Oikeastaan viime vuosien esteet ja haastavat tilanteet olivat juuri todistaneet simulaattoriyhteyksien ja harjoitusten toimivuuden sekä välttämättömyyden vaikeuksista huolimatta. (Lanki ym. 2022.)



**Kuva 2.** Kotkan merenkulun simulaattorin harjoitus. (Kuva: Riitta Kajatkari)

## ÖLJYNTORJUNNAN SIMULAATTORIHARJOITUS- JA SIDOSRYHMÄPÄIVÄ

Valmiit harjoitukset esiteltiin yleisölle 12.5.2022 Öljyntorjunnan simulaattoriharjoitus- ja sidosryhmäpäivänä, joka järjestettiin merenkulun simulaattorikeskuksella Kotkassa. Tilaisuuteen oli kutsuttu paikallisen viranomaisen öljyntorjunta-asiantuntijoita ja rajavartiolaistoksen edustajia sekä suomalaiset projektipartnerit ja sidosryhmäkumppanit. Työpajoissa päätettiin, että yhden koulutuspäivän aikana simulaattorikeskuksessa on mahdollista toteuttaa yksilöllisiä koulutusskenaarioita, jotka kestävät noin yhdestä kahteen tuntia. Simulaattorikeskuksen toimintoja esiteltiin neljän harjoituksen yhteydessä. (Lanki ym. 2022.)

Ensimmäisen harjoituksen tavoitteena oli, että johtokeskus määrittää tarkan tilannekuvan vuodosta alusten antaman tiedon perusteella. Annetut tiedot sisälsivät öljynvuodon sijainnin ja suuruuden. Vieraat harjoittelivat tiedustelua kolmella alusyksiköllä ja yhteistoimintaa johtokeskuksen kanssa. Öljyvuototeknisten menetelmien kokeilu oli suoritettu avoimet ovet -tyylisissä harjoituksissa ja osoitti kykyä jääolosuhteissa, lumisateessa, voimakkaassa tuulessa ja muissa ääriolosuhteissa. Osallistujille esitettiin simulaattorin toimintojen ominaisuuksia, ja kuka tahansa sai kokeilla simulaattoreita. Lisäksi harjoiteltiin öljyntorjunta-aluksen ajoa kevättöissä, parinuottausta kahdella öljyntorjunta-aluksella sekä haverialuksen ympärivuoritus. (Lanki ym. 2022.)

## KEHITYSPOLKUJA TULEVAISUUDEN ÖLJYNTORJUNTAKOULUTUKSEEN

Koulutuspäivän jälkeen sidosryhmät jäivät keskustelemaan koulutuskokemuksesta iltapäivän aikana. Tarkoituksena oli kehittää uuden sukupolven koulutussimulaatioita ja kansainvälistä viestintää parempaan öljyntorjuntaan. Keskustelun aikana tuli ilmi, että simulaattoriympäristöllä harjoittelijoille oli tärkeää nähdä, miten öljyntorjuntavälineet reagoivat sekä miten ne toimivat simulaattorilla todellisuutta vastaavissa olosuhteissa. Ammattilaiset korostivat simulaattoreiden havainnollisuutta tutustuttaessa realistisiin metodeihin, esim. mitä tapahtuisi, jos nopeus olisi kahden solmun sijaan viisi solmua. Harjoitus simuloi, miten öljy käyttäytyi meren pinnalla. (Lanki ym. 2022.)

Kun kyseessä on vaikeat olosuhteet, on erityisen tärkeää harjoitella simulaattoriympäristössä, koska se on turvallista ja kustannuksiltaan edullisempaa. Erikoisolosuhteista, kuten kova liikenne, pohjan syvyys ja tilan kapeus, johtuen nopeus on öljyntorjuntatoiminnoissa ensisijaisen tärkeää. Jos öljy kerkeää ajautua rantaan, on sen puhdistaminen huomattavasti hankalampaa ja sitä kautta kalliimpaa. (Lanki ym. 2022.)

Öljyn vahinkoalueen ja pelastuskaluston sijainnit on tärkeää merkitä koordinaateilla navigointijärjestelmiin tarkkuuden lisäämiseksi. Koordinaattien siirto voidaan hoitaa au-



tomaattisesti esim. AIS-järjestelmän avulla, jotta voidaan minimoida inhimillinen virhe sijaintitietojen jakamisessa. (Lanki ym. 2022.)

Koulutusohjelma antaa tilannekuvan kokonaisuudessaan harjoituskenaarioiden avulla. Kommunikoinnin helpottamiseksi on tärkeää kehittää yhteiset komentokäskyt, jotta eri osapuolet ymmärtävät viestien sisällön samalla tavalla. Myöhemmin voidaan luoda luettelo yleisistä komennoista parempaa viestintää ja nopeaa päätöksentekoa varten. Englanninkielisten käskyjen käyttäminen tehostaa merellä liikkumista ja öljykeräämistä ja helpottaa operaatioissa toimivien öljyntorjuintien yhteistoimintaa. Todettiin, että kehitettyjä koulutusohjelmia voi hyödyntää ja täydentää tulevaisuudessa myös muissa maissa, joten kyseessä on toimiva ja tehokas malli jatkokehitykselle kv-markkinoille. (Lanki ym. 2022.)

Harjoittelijat huomasivat tärkeän kehityspolun SIMREC-koulutukselle: kansainvälisen vuorovaikutuksen lisääminen tuottaa hyötyjä ja tehokkuuden kasvua erilaisilla onnettomuusalueilla. Harjoituksia voidaan edelleen päivittää vuotoalueen tarkkaa sijaintia ja torjunta-alueita varten. Tällaisia koulutusmalleja on mahdollista muokata eri asiakkaiden tarpeisiin, mutta ne sopivat täydellisesti parantamaan öljyntorjuntaa vaikeissa olosuhteissa. (Lanki ym. 2022.)

Xamkin osalta kehitys jatkuu kirkkaana lähitulevaisuudessa. Nykyiset merenkulun simulaattorit vaihdetaan täysin uusiin malleihin vuoden 2024 aikana, jolloin Xamkin logistiikan ja merenkulun koulutus sekä TKI muuttaa Kotkan uuteen kampukseen. Investointi on todella merkittävä, ja Xamkiin tuleekin sillä hetkellä parhaat mahdolliset merenkulun simulaattorit. Niiden avulla öljyntorjunnan kouluttamisessa voidaan ottaa seuraava askel. Myös yhteisharjoitusten tekeminen sisäisesti Xamkissa tai ulkoisesti muiden oppilaitosten ja merenkulun kouluttajien kanssa helpottuu tehokkaampien simulaattoreiden avulla. Tätä artikkelia kirjoitettaessa uusien simulaattoreiden toimittaja ei ole vielä selvinnyt, koska kilpailutus on käynnissä.

## LÄHTEET

Merikotka. 2022. SIMREC-hankkeen kotisivut. Saatavissa: [www.merikotka.fi/projects/simrec/](http://www.merikotka.fi/projects/simrec/) [viitattu 7.12.2022].

Lanki, A., Kiviniitty, A., Kajatkari, R. and Norema, S. 2022. Developing and Implementing Joint Simulator Training for Oil Spill Response (WP3). Final report. Saatavissa: [https://www.merikotka.fi/wp-content/uploads/2022/08/SIMREC\\_wp3\\_final-report-002-1.pdf](https://www.merikotka.fi/wp-content/uploads/2022/08/SIMREC_wp3_final-report-002-1.pdf) [viitattu 7.12.2022].

# TOIMIVA VERKOSTO JAKAA JOHTAJUUTTA, OSAAMISTA JA ONNISTUMISIA

Toomas Lybeck

Verkostotyö – tehokas tapa jakaa resursseja ja tuottaa tuloksia vai pelkkää teennäistä hymistelyä? Suhtautuminen verkostoitumiseen saattaa jakaa työyhteisöä rajusti. ”Inhoan verkostoitumista”, totesivat useat Harvard Business Review -julkaisun haastattelemat yritysjohtajat ja MBA-opiskelijat (2016).

”Haastateltavat kertovat meille, että verkostoituminen saa heidät tuntemaan olonsa epämu-kavaksi ja teennäiseksi – jopa likaiseksi. Vaikka joillakin ihmisillä on luontainen intohimo verkostotyötä kohtaan – lähinnä ekstroverteilla, jotka rakastavat sosiaalista vuorovaikutusta ja viihtyvät siinä – monet näkevät työn mielitelemisenä ja pakollisena sekä epäaitona pahana”. (Gino ym. 2016)

Kun suhtautuminen verkostoon saa näin raskaita suullisia tuomioita, on jotain selvästi vialla. Edellä mainittujen johtajien ja opiskelijoiden verkostot eivät ole olleet aktiivisesti toimivia eivätkä kaikki osallistujat ole tunteneet omaa rooliaan ammatillisessa yhteisössä - todennäköisesti myös yhteiset tavoitteet ovat jääneet hämärän peittoon.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Xamkin kansainvälisissä ja valtakunnallisissa yhteishankkeissa verkostotyö on ollut keskeinen työkalu osaamisen sekä tiedon jakamisessa. Jakaminen ei ole rajoittunut vain projektikumppanien omaan osaamiseen, vaan avoin yhteistyö on taannut Xamkille pääsyn kumppanien sidosryhmiin. Osaamisen ja tiedon jakaminen verkostossa on mahdollistanut yhteisten toimenpiteiden ohjaamisen strategisesti merkittäviin kysymyksiin, jotka tulevat vaikuttamaan maakuntien ja seutujen kehittymiseen pitkällä aikavälillä. Yksi tällaisista strategisista kysymyksistä on globaali osaajapula, johon Xamk ja sen kumppanit pyrkivät yhdessä löytämään vastauksia. Ilman kumppaniverkostoa tällaiseen muutostrendiin vastaaminen on mahdoton tehtävä.

TKI-projekteihin kuuluvalla verkostotyöllä on myös muita etuja: vahvan ammatillisen osaamisen pohjalta on mahdollista tuottaa ajantasaisia tilannekuvia, kumppaniyhteisölle tarjoutuu mahdollisuus ennakoida tulevaisuuden kehityspolkuja ja varautua niihin yhteisillä toimenpiteillä. Kumppanit saavat myös mahdollisuuden vertailla tuottamiaan ideoita ja uusia toimintamalleja, sekä kaikki verkostotyöhön osallistuvat saavat näkyvyyttä entistä

suuremmalle yleisölle. Oma kokemukseni on, että verkostotyön edut ovat huomattavasti merkittävämmät kuin sen mahdolliset haasteet.

**Taulukko 1.** Verkostotyön etuja ja haasteita

EDUT	HAASTEET
<ul style="list-style-type: none"><li>• Osaamisen ja resurssien jakaminen.</li><li>•</li><li>• Mahdollisuus tuottaa ajantasaisia tilannekuvia.</li><li>• Mahdollisuus ennakoida tulevaisuutta.</li><li>• Mahdollisuus kuulla tuoreita ideoita – ja jakaa niitä.</li><li>• Organisaatiolle entistä laajempi näkyvyys.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suunnitelmallinen toteutus on aikaa vievää.</li><li>• Työ aiheuttaa kustannuksia.</li><li>• Verkostoon “pakotettuja” voi olla vaikea sitouttaa yhteistyöhön – se ei kuitenkaan ole mahdotonta.</li><li>• Neuvottelu työrooleista on tehtävä selkeästi, ajantasaisesti ja henkilökohtaisesti kaikkien kumppanien kanssa.</li><li>• Työ on pitkäjänteistä ja tulokset voivat näkyä viiveellä.</li></ul>

## PAKOLLA EI SYNNY TUOTTAVAA YHTEISTYÖTÄ

Verkostotyössä avaintehtävä on jakaminen. Jakamalla autat verkostoasi, mutta samalla autat myös itseäsi. Miksi työarjesta löytyy silti kiusaus jättäytyä yksin yhteistyön ulkopuolelle?

”On helpompi ajatella yksin omalla logiikalla. Ajatukset kulkevat tuttua ja turvallista rataa. Silloin, kun kukaan ei kyseenalaista ajatuksiasi ja tekemisiäsi eikä sinun tarvitse perustella niitä kenellekään, on helpompi tuntea olevansa oikeassa”, tiivistää Valmennustrio Oy:n Virpi Ilmakangas artikkelissaan *Yhteistyötaito on työyhteisössä taidoista tärkeimpiä* (Ilmakangas 2020).

”Toisten kanssa työskennellessä joutuu avaamaan mielipiteitään ja ajatuksiaan. Niitä saataan kyseenalaistaa ja joudut perustelemaan niitä. Voit joutua tyrmätyksi tai tulee tunne, että minä olen väärässä. Saattaa olla vaikea saada muut ymmärtämään näkökulmaasi ja toimimaan toiveidesi mukaisesti. Voi olla, että et osaa ilmaista niitä oikealla tavalla tai muut eivät pysähdy kuuntelemaan tai ymmärtämään”, Ilmakangas perustelee.

Kuten Ilmakankaan analyysistä voidaan huomata, yhteistyö ja jakaminen vaativat aikaa. Kumppanien sitouttamiseen ei ole oikoteitä. Lisäksi siihen vaaditaan runsaasti herkkyyttä ymmärtää, kuunnella ja käydä avointa dialogia. Autoritaarinen verkostojohtaja voi kyllä taivuttaa muut tahtoonsa, mutta johtaako se todelliseen yhteistyöhön? Minun kokemukseni on, että todellista rakentavaa yhteistyötä ei silloin synny. Päinvastoin. Kumppanit saattavat alkaa vältellä yhteisiä keskusteluja, ja verkosto kuihtuu pikkuhilaa pois.

## ME OHJAAMME ITSE TEMPERAMENTTIAMME JA VAIKUTTAVUUTTAMME

Sosiaalisen kanssakäymisen luontevuus, keskustelutaidot ja erityisesti vakuuttelun strategiat nousevat esille, kun alamme pohtia, miten verkosto on mahdollista saada toimimaan halutulla tavalla. Ennen tähän kysymykseen vastaamista haluaisin vilkaista uudelleen Harvard Business Review'n toteamusta ekstroverteista, jotka ”rakastavat sosiaalista vuorovaikutusta ja viihtyvät siinä”. Ovatko ekstrovertit aina parhaita verkottujia?

”Temperamentilla ei ole mitään tekemistä jonkin asian osaamisen ja toiminnan kanssa”, toteaa persoonallisuustutkimuksen uranuurtaja professori Liisa Keltikangas-Järvinen Ylen haastattelussa. ”Ihminen on autonominen olento, joka itse päämäärähakuisesti tekee omat ratkaisunsa ja päätöksensä ja näillä hän päättää, kuinka hänen temperamenttinsa ilmenee.” Me emme todellakaan ole temperamenttimme armoilla, Keltikangas-Järvinen painottaa (Yle 2017).

Jos meillä on mielessämme selkeä tehtävä, osaamme ohjata toimintaamme ja käytöstämme sen toteuttamiseksi. Tästä näkökulmasta ei ole ratkaisevaa, onko meillä introvertin vai ekstrovertin leima työyhteisössämme. Tärkeämpää on, miten osaamme käyttää verkostotyön ohjaamiseen ja vaikuttamiseen tarvittavia instrumentteja.

Yhdysvaltalainen vaikuttamisen psykologiaa tutkinut professori Robert C. Cialdini esitteli jo 1980-luvulla kuusi yleismaailmallista vaikuttamisen periaatetta:

**Vastavuoroisuus** – Viestin vastaanottaja kokee olevansa palveluksen velkaa sille, joka on tehnyt hänelle palveluksen.

**Niukkuus** – ”Se, mitä ei ole paljon, täytyy olla arvokasta”; viestin kuulija kokee olevansa erityisessä asemassa ja saavansa jotain poikkeuksellista.

**Auktoriteetti** – Viestin vastaanottaja kokee lähettäjän arvovaltaiseksi asiantuntijaksi ja on valmis toimimaan tämän kehotusten mukaisesti.

**Johdonmukaisuus** – Pieni myönnytyks johtaa suurempaan myönnytykseen – vastaanottajalla on taipumus jatkaa toimintaa sen pohjalta, mihin hän on ehtinyt sitoutua.

**Pitäminen** – Viestien vastaanottajat ovat mieluummin tekemisissä mukavien ihmisten kanssa, niiden kanssa, joista he pitävät ja jotka osoittavat heille ymmärrystä sekä myönteistä huomiota.

**Yhdenmielisyy**s – Otamme toisistamme mallia omassa käyttäytymisessämme. Viestien kuulijat saadaan yhdenmukaisen toiminnan kehään.

(Poutanen 2014)

Näillä instrumenteilla ja kaunopuheisuuden, empatian sekä asiantuntemuksen yhdistelmällä taitava verkostorakentaja osaa kääriä vakuuttavan paketin.

## PYRI KIERRÄTTÄMÄÄN JA JAKAMAAN JOHTAJUUTTA

Kuten jo edellä totesimme, pakottamalla verkostotyö ei lähde kehittymään eikä sitoutumista yhteistyöhön tapahdu. Verkostojohtamisen ja dialogisuuden tutkija, kauppatieteiden tohtori Timo Järvensivu toteaa Twitter-keskustelussa, että sitoutumista on rakennettava tarjoamalla omaehtoisuutta, vapautta hyödyntää omia kykyjä ja työn merkityksellisyyttä. Hän näkee, että verkostojohtajalla on keskeinen rooli sisäisen motivaation löytämisessä. Lisäksi verkostojohtajan on tehtävä kaikkensa työn esteiden poistamiseksi. Hänen on autettava toimijoita pitämään kiinni yhteistyölupauksista ja pidettävä huolta siitä, että tavoitteet ovat realistisia. (Järvensivu 2019.)



**Timo Järvensivu** @TimoJarvensivu · 16. syysk. 2019

...

Verkostotyön määritelmä:

Verkostotyö on omaehtoisten toimijoiden välistä vastavuoroista, pitkään jatkuvaa ja luottamukseen perustuvaa yhteistyötä.

Jos määritelmä halutaan tiivistää, niin: verkostotyö on luottamukseen perustuvaa yhteistyötä.

9/



1



3



22



Järvensivun suosituksista käy ilmi pyrkimys positiivisen kierteen herättämiseen pienten yhteisten onnistumisten avulla. Verkostojohtaja ei saa sanella toiminnan ehtoja, eikä hän voi tehdä päätöksiä verkoston puolesta. Päätösten on oltava aidosti yhteisiä ja työn lopputulosten on innostettava koko yhteisöä tulevissa toimenpiteissä.

”Välillä johtajuus voi henkilöityä verkoston etenemisen kannalta hyödylliselläkin tavalla, .mutta pyri pääsääntöisesti kierrättämään ja jakamaan johtajuutta yhteiseksi, jottei verkosto jäykisty”, toteaa Järvensivu (2019), joka on havainnut, että parhaiden verkostojen toimijat kykenevät koordinoitumaan myös keskenään – ilman johtajaa.

## LÄHTEET

Gino, F., Kouchaki, M. & Casciaro, T. 2016. Learn to Love Networking. *Harvard Business Review*. May 2016 issue, 104-107. Saatavissa: <https://hbr.org/2016/05/learn-to-love-networking> [viitattu 4.9.2022].

Ilmakangas, V. 2020. Yhteistyötaito on työyhteisössä taidoista tärkeimpiä. Saatavissa: <https://valmennustrio.fi/itseohjautuvien-tiimien-aidot/yhteistyotaito-on-tyoyhteisossa-taidoista-tarkeimpia/> [viitattu 4.9.2022].

Järvensivu, T. 2019. Twitter. Saatavissa: <https://twitter.com/TimoJarvensivu/status/1173648554117795841> [viitattu 5.9.2022].

Poutanen, P. 2014. Hyvää ja vaikuttavaa viestintää (osa 1): suostuttelun ja vaikuttamisen aseet. <https://organisaatioviestinta.com/2014/02/03/hyvaa-ja-vaikuttavaa-viestintaa-osa-1-suostuttelun-ja-vaikuttamisen-aseet/> [viitattu 5.9.2022].

Yle. 2017. Ekstrovertti ei aina ole itsevarma selviytyjä eikä introvertti epäsosiaalinen älykkö. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2017/04/07/ekstrovertti-ei-aina-ole-itsevarma-selviytyja-eika-introvertti-epasosiaalinen> [viitattu 5.9.2022].

# POIKKEUSAJAN JOUSTAVAT TOIMINTATAVAT HANKETYÖSSÄ

Vesa Tuomala ja Olli-Pekka Brunila

Monet TKI-yksikkömme (Logistiikka ja merenkulku) projektit kohtasivat viimeisien parin vuoden sisällä ylitsepääsemättömiä vaikeuksia toteuttaa hankesuunnitelmissa sovittuja lähitapaamisia, seminaareja ja koulutuksia – kuten myös rajoja ylittävä GET READY -hankkeemme.

GET READY -hanke lähti vauhdikkaasti käyntiin venäläisten ja suomalaisten yhteistyökumppaneitten, yliopistojen ja korkeakoulujen kesken ”Kick-off” -tapaamisessa keväällä 2019. Projektin ensitapaamisessa Laatokan rannalla saimme ensikosketuksia venäläiseen vieraanvaraisuuteen. Projektikoordinaattorina toimi Eco-Express-Service LLC, jonka pääkonttori sijaitsee Pähkinälinnan kaupungissa.

Projektin päätavoitteena oli kehittää niin rannikkoseutua kuin satamaympäristöä kestävä kehityksen periaatteella Suomessa ja Venäjällä. Tarkoituksena on herättää huomiota ja mielenkiintoa ympäristöstävällisyyden lisäämiseksi eri sidosryhmissä kestävä kehityksen ehdoilla haavoittuvalla itäisellä Suomenlahdella. Tässä artikkelissa esitellään ratkaisuja niihin ongelmiin, joita hanketyössä kohdattiin koronan ja Venäjän aloittaman sodan vuoksi.



**Kuva 1.** Suomalaiset yhteistyökumppanit valmistautuvat ensimmäiseen ”Kick-off”-projektikokoukseen Pähkinälinnassa. Vasemmalta: Riku Varjopuro/SYKE, Sari Nyroos/UTU, Tommi Inkinen/UTU ja Olli-Pekka Brunila/Xamk



Suomalaisia hankekumppaneita olivat projektissa meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Merikotka, Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus ja Suomen ympäristökeskus SYKE. Venäjän Valtiollinen hydrologian laitos ja Pietarin valtiollinen yliopisto toimivat projektin venäläisinä yhteistyökumppaneina.

Xamkin tavoitteet projektissa oli tutkia satamien tulevaisuuden lainsäädäntöä ja asetuksia itäisen Suomenlahden rannikon käyttöön, digitalisoinnin ja parhaiden käytäntöjen tutkiminen ilmastonmuutoksen pienentämiseksi sekä tieteellisen artikkelin että raportin kirjoittaminen julkaisuun. Näiden lisäksi tuli Xamkin ja Merikotkan järjestää yhdessä yksipäiväiset koulutukset sidosryhmille sekä Pietarissa että Suomessa.



**Kuva 2.** Projektiryhmä esittelee suunnitelmat Pietarin Kotka-päivillä syyskuussa 2019. Kuvassa vasemmalta: Vesa Tuomala/Xamk, Anatoly Bogush/projektikoordinaattori Eco-Express-Service, Maria Mamaeva/Venäjän Hydrologinen laitos, Sari Nyroos/UTU, Anna Kiiski/Merikotka. Takana oikealla Tomi Oravasaari/Xamk, Olli-Pekka Brunila/Xamk, Nikolai Bobylev ja Mikhail Shilin Pietarin valtiollinen yliopisto.

GET READY - projektin seuraava lähitapaaminen toteutui ”The Kotka Day in St. Petersburg” -tapahtumassa Pietarissa syyskuussa vuonna 2019. Huomionarvoista on, että projektin menestyksekkäästä aloituksesta suurin osa tulee ihmisten vuorovaikutuksesta ja hyvästä tunnelmasta.



**Kuva 3.** "Mä <3 Kotkaa". Pietarin Kotka-päivillä oli projektiväellä mukavaa myös iltajuhlissa.

Turun Yliopiston järjestämässä projektin toisessa virallisessa projektikokouksessa käsiteltiin valmisteltavaa rannikko- ja merialuesuunnittelua marraskuussa 2019. GET READY -projektin tärkeimpiin tehtäviin kuului myös valmistautua kestäväen kehityksen ja tulevaisuuden digitalisaation kouluttamiseen sekä opettamiseen. Projektin ensimmäinen kuluva vuosi tuntui kuherruskuukausilta: asetetut tavoitteet ja päämäärät saavutettiin varsin mallikkaasti hankesuunnitelman mukaisesti.



**Kuva 4.** Turussa kokoonnuttiin iloisin mielin yhteiskuvaan rappusille vielä marraskuussa 2019.

## KORONA MUUTTA TYÖSKENTELYTAPOJA

Suomi ja koko maailma pysähtyi koronapandemian vuoksi alkuvuodesta 2020. Koronarajoitusten vuoksi tapaamiset peruttiin ja siirryttiin etätöihin Teams- ja Zoom-sovellusten avulla. Tapaamisten peruunnuttua päätimme kirjoittaa projektiryhmän kanssa julkaisuja, ja valitsimme aiheiksi kestävä kehityksen tulevaisuuden merenkulun aluspolttoaineista ja logistiikan ja merenkulun kyberturvallisuuden. Määrittelimme avainsanoja tulevaisuuden haasteille, joita tulisimme julkaisuissa käsittelemään satamien ja merenkulun turvallisuuden parantamiseksi:

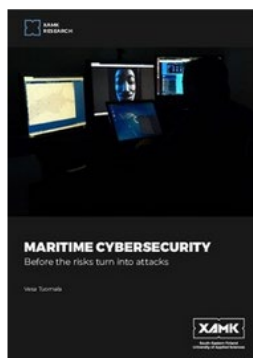
- 5g-yhteydet
- Automaatio
- Avoin data
- Digitaalinen kaksonen
- Esineiden internet
- Etäohjattavat alukset
- Itsenäiset järjestelmät
- Koneoppiminen
- Lisätty todellisuus
- Lohkoketjutekniikka
- Robotiikka
- Tekoäly
- Virtuaalitodellisuus

Xamkissa kirjoitettiin projektin aikana, koronan leviämisen ja kiihtymisvaiheessa, yksitoista GET READY -verkkójulkaisua. Saimme korona-aikana aikaiseksi kuusi artikkelia ja julkaisua, yhden ammattikorkeakouluopiskelijan opinnäytetyön sekä yhden tieteellisen artikkelin. Saimme myös GET READY -materiaalia toimittaja Maija Ala-Jääsken ”Katse horisonttiin” – artikkeliin Uudenkaupungin Sanomien 130-vuotisjuhlanumeroon.

## XAMK – Publications (in English and Finnish language)



Article of the basics alternative fuels  
*The shipping industry sails towards  
Zero CO<sub>2</sub>!* on pages 72-86



Maritime Cybersecurity



IoT productivity vs. cybersecurity

**Kuva 5.** Xamkin julkaisut ja artikkelit löytyvät web-sivuilta [www.getready.bz](http://www.getready.bz)

## KUINKA TOTEUTTAA HANKESUUNNITELMASSA LUVATUT TYÖPAJAT JA KOULUTUKSET?

Xamkin ja Merikotkan tehtävänä oli järjestää keväällä 2020 työpaja, joka kuitenkin peruutettiin vallitsevan koronakäytännön mukaisesti. Webinaarien yleistyessä päätimme pitää myös omat työpajamme virtuaalisena ”Round Table” -keskusteluna ja ”striimattuna” seminaarina marraskuussa 2021. Tarjosten perusteella valitsimme tuottajaksi kouvolaalaisen videotuotantoyhtiö Same-eYes Oy:n, ja studiona toimi Xamkin neuvottelutila. Virtuaaliseen etätyöpajaan kutsuttiin merialuesuunnittelun johtavat asiantuntijat, ja tilaisuutta markkinoitiin sähköpostitse ja sosiaalisen median kontaktien kautta. Edellisenä iltana järjestimme tilan sopivaksi videotuotannolle Same-eYes-yrityksen työntekijöiden avulla.



**Kuva 6.** Videotuotantoyhtiö Same-eYes järjesti studion edellisenä iltana valmiiksi aamun videostriimiä varten Xamkin neuvottelutilaan.

Virtuaalisessa työpajassa pohdittiin ratkaisuja ja parhaita käytäntöjä itäisen Suomenlahden rannikkoalueiden kehittämiseksi. Päivän aikana toinen etätyöpaja keskittyi satamien, logistiikan ja merenkulun ammattilaisten yhteistyössä digitalisaation ympäristövaikutuksiin.



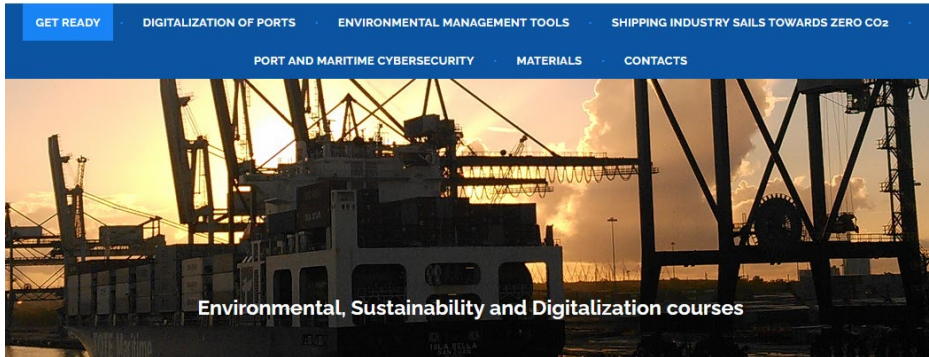
**Kuva 7.** GET READY -etätyöpajan studiossa juontajina toimivat Vesa Tuomala/Xamk, Olli-Pekka Brunila/Xamk ja puheenjohtajana Anna Kiiski/Merikotka. Kuva Same-eYes Oy.

Varsinaisen haasteen meille aiheuttivat projektin suunnitelmassa luvutetut yksipäiväiset koulutukset Pietarissa ja Kotkassa tai vaihtoehtoisesti Helsingissä. Nämä olivat täysin poissuljetuja matkustus- ja kokoontumisrajoitusten takia koko projektin loppuajan. Projektikoordinaattorin Eco-Express-Servicen hyväksynnällä päätimme tuottaa yhteistyössä Merikotkan ja Xamkin kanssa lyhyet videokoulutukset satamien ympäristövaikutusten hallintatyökaluista, digitalisaation vaikutuksista ja merenkulun kyberturvallisuuden kehittämisestä.

Toteuttamistavassa päädyimme julkaisemaan koulutusvideot ilmaisen WordPress-julkaisutyökalun avulla, joten yksipäiväisten koulutusten sijasta videomme jäivätkin verkkoon. GET READY -internetsivusto sisältää koulutuksien lisäksi myös projektin aikana kirjoitetut artikkelit ja julkaisut ”MATERIALS”-välilehdellä.



## Short Courses with Digital Distance Learning



**Kuva 8.** GET READY -internetsivuston alkulehti. Sivusto sisältää koulutuksien lisäksi myös projektin aikana kirjoitetut materiaalit. Sivusto löytyy klikkaamalla [www.getready.bz](http://www.getready.bz)

GET READY -projekti onnistui erittäin hyvin, vaikka vastatuulta saimme reilun kolmen vuoden aikana liikaakin. Koronarajoitteet aiheuttivat haasteita matkustuksien ja kokoon-tumisien osalta. Projektin loppuseminaari oli tarkoitus järjestää vuoden 2022 maaliskuun HELCOM:n ”Baltic Sea Say 2022” -tapahtumassa Pietarissa.

Venäjä hyökkäsi helmikuussa Ukrainaan, joten tapahtuma luonnollisesti peruutettiin. Projektin yksi tavoitteista oli suhteiden ylläpitäminen rajan ylittävästä tutkimus- ja kehitys-yhteistyöstä Suomenlahden tilan kohentamiseksi – tämä tavoite kuitenkin romuttui varsin nopeasti yllätyshyökkäyksen jälkeen jo maaliskuun alkupuolella korkeakoulu-, tutkimus- ja tiedeyhteistyön jäädyttämisen myötä. Tiede- ja kulttuuriministeri Antti Kurvinen sinetöi Opetus- ja kulttuuriministeriön päätöksen uudessa linjauksessaan pidättäytyä kaikesta korkeakoulu-, yliopisto- ja tiedeyhteistyöstä Venäjän kanssa 9. maaliskuuta 2022. Tiedeyhteisöjen hyvät henkilökohtaiset suhteet jäävät toivottavasti elämään myös tulevaisuutta varten.

## SAAVUTIMMEKO ASETETUT TAVOITTEET?

Hankesuunnittelussa aiemmin asetetut tavoitteet saavutimme kirkkaasti, julkaisujen ja artikkeleiden osalta jopa hienosti ylittäen tavoitteet. Yhteistyö suomalaisten organisaatioiden kanssa sujui myös loistavasti. ”Yhteen hiileen puhaltamalla” onnistuimme kokonaisuudessa loistavasti.

Virtuaaliset etätyöpajat ja webinaarit ovat käsittääksemme tulleet etätöiden ohella normaaliksi työtavaksi fyysisten seminaarien ohella. Osallistujat odottanevat jatkossa hybridimallia, jolloin paikalla olevien seminaariosallistujien lisäksi myös etäosallistujien on mahdollisuus osallistua verkkosovellusten kautta kiinnostaviin seminaareihin.

GET READY -projekti muutti merkittävästi maailmaa, ainakin itäisen Suomenlahden osalta. Kiitokset yhteistyökumppaneille ja projektiin osallistuneille yrityksille!

**GET READY** (Getting Ready for the Cross-Border Challenges: Capacity Building in Sustainable Shore Use) -projekti edisti herkin Itäisen Suomenlahden rannikkoalueiden kestäväää käyttöä. Projektin koordinoi ja hallinnoi venäläinen yritys Eco-Express-Service LLC, ja partnereinamme toimivat Venäjän hydrologinen tutkimuslaitos ja Pietarin valtionyliopisto. Suomalaisina partnereinä hankkeessa olivat Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) lisäksi Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Merikotka, Suomen Ympäristökeskus (SYKE) ja Turun Yliopiston, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus (MKK), jotka tukivat omilla työpaketeillaan hankkeen tavoitteita kohti kestävimpiä satamia ja merenkulkua. Projektin aikataulu oli keväästä 2019 kesäkuun loppuun 2022.

# LUONNONKIVIEN HISTORIA – HAASTEITA NASTA-HANKKEEN KANSAINVÄLISESSÄ TYÖSSÄ

Anna Kiviniitty

Suomalaista punaista graniittia on käytetty satoja vuosia lukuisissa rakennusprojekteissa erilaisiin tarkoituksiin. Graniitin ulkonäkö jopa paranee vuosien varrella, kun aurinko, pakkanen, tuuli ja vesi ovat vaikutuksessa kiven mineraalisisällön kanssa muodostaen erillisen ohuen pintakerroksen. Kestävän ja kauniin graniitin avulla on mahdollista luoda suuria rakennelmia (esim. pylväitä), kuten vuonna 1832 Pietarissa asennetun Aleksanterin muistomerkin, joka on maailman suurin monoliitti (47,5 m korkea). Erinomainen esimerkki on myös arkkitehti Auguste de Montferrandin luoma Iisakinkirkko. Tämä kirkko on yksi Pietarin merkittävimmistä nähtävyyksistä upeine 120 graniittipylväineen, jotka kuljetettiin paikan päälle Virolahden louhoksista.

Virolahden Pyterlahden historiallisesta louhoksesta on mahdollisuus edelleen tuottaa pieniä määriä kivimateriaalia. Tämä voi auttaa toimittamaan rakennus- ja päällyskiviä aina, kun niitä tarvitaan arvokkaiden rakennusten ja monumenttien restauroinnissa Pietarissa. Ukrainan sodan takia tosin Suomen ja Venäjän välinen liikenne on lopetettu lähes kokonaan, joten tässä artikkelissa käsitellyt mahdolliset kuljetusehdotukset voivat toimia vasta myöhemmin tulevaisuudessa.

## SUOMEN KIVITEOLLISUUDEN HISTORIALLISTIA KULJETUKSIA



**Kuva 1.** Arkkitehti A. Montferrandin piirustus. Aleksanterin pylvään graniittilasti saapuu laivalla Pietariin. (Lähde: Finna, 2022)



Virolahden ja Viipurinlahden alueet olivat jo 1700-luvun ensimmäisellä puoliskolla muodostuneet erittäin vilkkaiksi louhinta- ja jalostuskeskuksiksi. Tähän sisältyi myös kivien sahaus, maanvuokraus louhoksille sekä kivien kuljettamiseen tarvittava laivanrakennus ja rahtipalvelut.

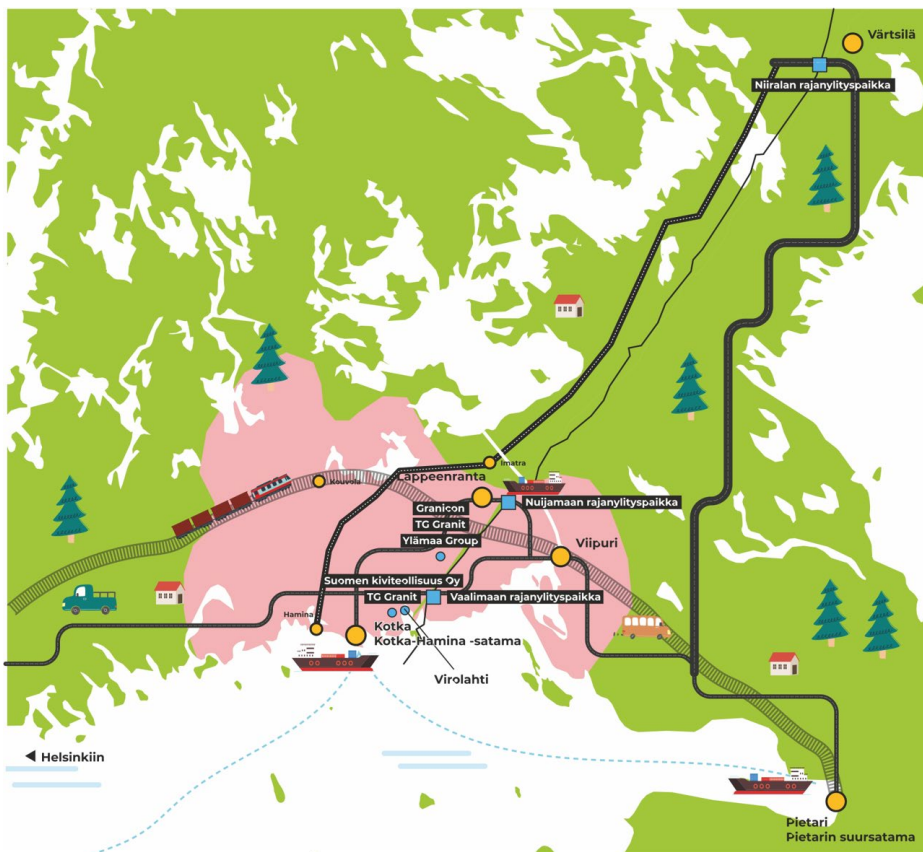
Arvioiden mukaan pelkästään Virolahden seudulta louhittiin ja vietiin tuolloin yli 2,5 miljoonaa tonnia graniittia Pietarin alueelle (vastaa 220 rahtilaivaa). Toimitusketjun järjestäminen vaati valtavasti suunnittelua, koska kuljetettavana oli jopa satojen tonnien painoisia kivipaloja. Kaikki tämä tapahtui ennen mekanisoitujen koneiden kehitystä. Tällainen työ vaati myös kivenkäsittelyyn osaavan työvoiman palkkaamista (jopa 700 henkilöä) (Kaukiainen J. 2016.) Suurten ja erittäin raskaiden kivipalojen kuljettaminen Pietariin tuotti valtavia vaikeuksia. Näin ollen veden läheisyys ja lastauslaitureiden rakentaminen louhosten lähelle myötävaikutti kiven vientipyrkimyksiin Karjalan kannakselta ja Kaakkois-Suomesta.

Nykyisin Etelä-Suomen liikennejärjestelmän perustan muodostavat tie- ja rataverkosto, jotka yhdistävät kaupungit, satamat, lentokentät ja terminaalit toisiinsa ja muihin liikennekeskuksiin. E18:lla on keskeinen rooli tässä liikennejärjestelmässä, sillä se palvelee kaupunkialueita, niitä rajanylityspaikkoihin yhdistäviä teollisuusalueita sekä kaikkia etelärannikon satamia ja rautateitä. Lähes koko Suomen viime vuosien vienti oli maanteiden tavarakuljetuksia.

Käytännössä 300 vuotta sitten ainoa mahdollinen kulkumuoto oli vesiliikenne. Navigointiin soveltuvien vesireittien läheisyys on edelleen suuri etu. HaminaKotkan satama sijaitsee itäisen Itämeren solmukohdassa ja on Euroopan laajuisen liikenneverkon (TEN-T) ydinsatama Skandinavian-Itämeren ydinkäytävän varrella. (Finnra 2003)

## **KAAKKOIS-SUOMEN LOGISTIIKKAKLUSTERI**

Suomen tärkeimmät kivenlouhintakeskukset sijaitsevat maan lounais- ja itäosissa. Lähes 70 % kaikesta Suomessa tuotetusta graniitista on rapakivigraniittia. Päätuotantokohteet Kaakkois-Suomessa sijaitsevat Ylämaan, Virolahden ja Kotkan alueilla. Kivilouhosyrittäjät Ylämaan Graniitti Oy ja Palin Granit Oy ovat olleet aktiivisia raaka-ainetoimittajia jo monta vuotta. Niiden lisäksi Suomen idästä löytyy TG Granit Oy, Granicon Oy ja Suomen Kiviteollisuus Oy -yrömojen louhimot.



**Kuva 2.** Suomen rapakivialueen liikenneverkko itärajan läheisyydessä.

Louhoksen suuret raakakivilohkot lajitellaan eriin ja varastoidaan varastoihin. Sieltä ne lastataan kuorma-autoihin - suuret lohkot lähetetään edelleen toimitettaviksi asiakkaille maanteitse tai satamaan lastattavaksi kontteihin ja kuljetettavaksi vesiteitse. Kuljetuksiin kiveä ei peitetä, mutta usein käytetään lisäkiinnikkeitä tankojen, tasoitteiden ja välikkeiden kanssa, jotta materiaali ei vaurioidu kuljetuksen aikana.

Kuljetusyrityksen on huolehdittava tullauksesta, kun graniitti toimitetaan ulkomaille. Venäjälle graniittiblokit menevät rajan kautta, jossa on pakollista tarkistaa kiven säteilytausta. Venäläisasiakkaat hoitavat tullaukset Venäjän tullissa - suurin osa tullataan Pietarissa ja Petroskoissa.

Kiviä kuljetetaan ympäri maailman vesikuljetuskonteissa. Tätä toimitustapaa pidetään maantiekuljetuksia nopeampana ja halvempänä vaihtoehtona, ja se myös säilyttää luonnonkivien eheyden. Ylämaan ja Virolahden louhimoista kivirahti kuljetetaan HaminaKotkan satamaan. Dokumenttien laadinta on satamaoperaattoreiden ja logistiikkayrityksien

vastuulla. Rautatieyhteys sekä Saimaan kanava louhimoiden läheisyydessä mahdollistavat monipuoliset kuljetusmahdollisuudet kivituoannon tarpeisiin.

## NASTA-PROJEKTIN TAVOITTEET JA HAASTEET

”Luonnonkivien historia ja tulevaisuus arkkitehtuurissa (NaStA) – silta Kaakkois-Suomen ja Venäjän välillä” -hanke perustettiin edistämään ja kehittämään kivialaa. Vuonna 2019 alkaneella kansainvälisellä NaStA-projektilla oli aikomus tehdä rajat ylittävää yhteistyötä Pietarin historiallisten ja arkkitehtuurisesti arvokkaiden rakennuskohteiden kunnostukseen liittyen. Tavoitteena oli luoda rajat ylittävää yhteistyötä luonnonkiven käytöstä Pietarin historiallisesti ja arkkitehtonisesti arvokkaissa peruskorjaus- ja restaurointitöissä. Hankkeen alkuvaiheessa venäläisten partnereiden kanssa suunniteltiin yhteistoimintaa, johon kuului mahdollisuus tavata ja keskustella erilaisten alan edustajien kanssa. Tarkoituksena oli kehittää sopivia liikennemalleja.

Koronapandemia käynnistyi NaStA-projektin aikana 2019–2022, ja se vaikutti voimakkaasti ulkomaan liikenteeseen (erityisesti meriliikenteeseen). Matkustaminen rajoittui koronan takia, ja kivialan uusien toimintatapojen etsintä oli haasteita täynnä. Uusien kontaktien etsintä oli mahdollista lähinnä vain etä-yhteyksien avulla.

Venäjän alueella on yli viisikymmentä graniittiesiintymää. Venäjällä on laaja valikoima sekä kotimaista että tuontigraniittia. Tästä johtuen kilpailu kivialalla on tiukkaa. On huomattavasti haastavampaa keskustella tulevaisuudennäkymistä puhlimitse kuin kasvokkain. Globaalin epävakauden ympäristössä on vaikea tehdä oletuksia tai ehdotuksia. Rahtihinnat ovat nousseet pandemian aikana. Lisäksi myös Ever Given -rahtialuksen juuttuminen Suezin kanavaan lisäsi rahtihintoja sekä viivästyksiä toimitusketjuissa.

Venäläisten kivialan edustajien kanssa on käsitelty mahdollisuuksia toimittaa luonnonkiviä restaurointitarpeisiin suurempina määrinä kuin aiemmin. Ehdotuksena oli järjestää kuljetuksia Saimaan kanavan kautta, koska lähivuosien investointi kanavan kehitykseen olisi parantanut sen mahdollistamaa liikkuvuutta sekä laivojen kantavuutta. Suomen ja Venäjän välistä yhteistyötä kiviteollisuudessa ja siihen liittyvää liiketoimintaa olisi mahdollista kehittää. Kaupallisella yhteistyöllä varmistetaan ja turvataan myös kiviraaka-aineiden saatavuus sekä historiallisten perintökohteiden säilyttäminen ja entisöiminen autenttisella tavalla, mikä rikastaa kulttuuri-, arkkitehtuuri- ja historiatietoisuutta. Vuonna 2021 hankkeessa tehtiin logistiikkaselvityksiä ja kuvattiin elokuva kiven matkasta suomalaiselta louhimolta restaurointikohteeseen Venäjälle. Tämän lisäksi sivukivelle koetetaan kehittää hyötykäyttöä murskeen muotona tai isompina palasina pengerryksiin tai muureihin. Tätä varten on mietitty graniitin rautakuljetus muille eurooppalaisille asiakkaille, esimerkiksi virolaisille. Suotuisan sijainnin ja olemassa olevan kysynnän ansiosta tällä hetkellä on valtavat mahdollisuudet lisätä graniitin kuljetusmäärää. Paikallisella kivellä on houkuttelevat tekniset

ominaisuudet ja ulkonäkö, korkealaatuisen valmistuksen saatavuus sekä pitkäaikainen kestävyys.

Yhteistoiminta venäläisten partnereiden kanssa keskeytettiin kokonaan helmikuun 2022 Ukrainan kriisin seurauksena. Kriisin seurauksena on asetettu pakotteita Venäjän liikenteelle, mikä on aiheuttanut muutoksia vakioituneille reiteille. Pietarin satama on jäänyt pois liikennöitävistä satamista. Sama koskee myös rautatieliikennettä Venäjän ja Suomen välillä.

Viime vuosien kriisit ovat koskettaneet suuresti suomalaisia kiviyrittäjiä. Kivialan tuotantokapasiteetti ja resurssit ovat Suomessa korkealla, mikä mahdollistaa suomalaisen kaivosyhtiön vastaamaan kaikkiin haasteisiin joustavasti.

## VALOA LUONNONKIVEN KÄYTÖN TULEVAISUUDESSA

Vaikka tilanne näyttää juuri nyt huonolta, yleisen näkemyksen mukaan kiven käyttö on lisääntynyt ja tulee joidenkin arvioiden mukaan lisääntymään tulevaisuudessa maailmanlaajuisesti. Kiviteollisuuden liikkeet etsivät jatkuvasti muita mahdollisuuksia ja tuottavaa liiketoimintaa. (Hillberg 2020.)

Kotimainen luonnonkivi on erittäin ekologinen materiaali, ja se on tunnettu ja arvostettu myös maailmalla. Graniitti on täysin kierrätettävä luonnontuote. Kivien kierrätyspotentiaalia kuvaavat parhaiten Sapokan vesipuutarha, Katariinan Meripuisto ja Kotkan Jokipuisto. Puistoon tullessaan jokainen voi huomata harmaasta graniitista valmistettuja pilareita. Nämä ovat uudelleen käytettyjä vanhoja rullia, joita käytettiin ennen paperikoneissa. Kotkan kaupungissa aiemmin kävelykadulla käytetyt päällystekivet on kierrätetty, ja nyt ne ovat käytössä puistoissa. Kiviteollisuuden sivukiveä tai vanhaa graniittiblokkia käytetään uudelleen portaina ja penkkeinä. (Kuva 3)



**Kuva 3.** Vuonna 2021 punaisista rapakivipaloista rakennettu Oolanninguisto Haminassa. (Kuva: Anna Kiviniitty)

Paikallisten materiaalien käytön maksimoinnilla voitaisiin vähentää kuljetuksesta koituvia päästöjä jopa 82 % Aasiasta tuotuihin tuotteisiin verrattuna (Laine 2020). Tämä selittyy yksinkertaisesti kuljetusetäisyyksien lyhenemisellä. Vastuulliset rakennusyrietykset pyrkivät luonnollisesti saamaan laadukasta kiveä mahdollisimman läheltä.

Haastava maailmantilanne vaatii uusien mahdollisuuksien kehittämistä kiviteollisuudelle. Historiallisesti merkittävien rakennusten ja niitä ympäröivän ympäristön ylläpito ja entisöinti pysyy tärkeänä. On hyvä muistaa, että rakentamisessa, erityisesti kaupunkirakentamisessa, luonnonkivellä on merkittävä rooli. Kestävää ja kaunista luonnonkiveä käytetään perinteisesti rakennusten julkisivuissa, kaduilla, toreilla sekä reunakivetyksissä.

Kotkaa kutsutaan puistojen kaupungiksi, koska puistoista on tullut yksi kaupungin ainutlaatuisista nähtävyyksistä. Kotkasta löytyy Suomen suurin rapakivipiknikpöytä Katariinan Meripuistossa ja kierrätyskiviä sekä graniittiset kiviakat Sapokan vesipuutarhassa. Kotkan upeat ja palkitut puistot tarjoavat mahdollisuuksia monenlaisiin elämyksiin.

Meidän on ymmärrettävä ja arvostettava kiven historiallista louhintaa, kuljetusta ja käyttöä, unohtamatta kaunista ja teknisesti ehjää punaista rapakivigraniittia. Historiallisten kohteiden entisöinnin tulee edistää samojen kivimateriaalien käyttöä lähialueen nykyaikaisessa rakentamisessa. Kaakkois-Suomen kiviteollisuudella on pitkät perinteet, jotka luovat myös erinomaiset lähtökohdat menestystekijöille uusien liiketoimintamallien synnyssä.

## LÄHTEET

Finna. 2022. Saatavissa: <https://www.finna.fi/Search/Results?page=5&dfApplied=1&look-for=montferrand+&type=AllFields> [viitattu 13.10.2022].

Hillberg, S. 2020. Sata vuotta kurulaista kivialan historiaa kirjaksi – kurulaista peruskalliota löytyy monista historiallisista kohteista. 15.10.2020. Ylöjärven uutiset. Saatavissa <https://ylojarvenuutiset.fi/2020/10/15/sata-vuotta-kurulaista-kivialan-historiaa-kirjaksi-kurulaista-peruskalliota-loytyy-monista-historiallisista-kohteista/> [viitattu 11.9.2022].

Härmä, P. & Selonen, P. 2018. Natural stone production in the Wiborg rapakivi granite batholith in southeastern Finland. Finnish natural stone association. May 2018. PDF-dokumentti Saatavissa [https://www.researchgate.net/publication/325216283\\_Natural\\_stone\\_production\\_in\\_the\\_Wiborg\\_rapakivi\\_granite\\_batholith\\_in\\_southeastern\\_Finland](https://www.researchgate.net/publication/325216283_Natural_stone_production_in_the_Wiborg_rapakivi_granite_batholith_in_southeastern_Finland) [viitattu 5.9.2022].

Kaukiainen, Y. 2016. Punaiset Pilarit: suomalainen graniitti tsaarien Pietarissa. Helsinki: Suomalainen Kirjallisuuden Seura. 124–132.

Laine, S. 2020. Ekologisesti ajatteleva puutarhuri valitsee suomalaisen kiven. EPressi. Saatavissa: <https://www.epressi.com/tiedotteet/ymparisto-ja-luonto/ekologisesti-ajatteleva-puutarhuri-valitsee-suomalaisen-kiven.html> [viitattu 11.9.2022].

Parkkinen, J. 2013. Pyterlahden graniittilouhos, Virolahti, 6.11.2013. Retkipaikka. Saatavissa: <https://retkipaikka.fi/pyterlahden-graniittilouhos-virolahti/> [viitattu 8.09.2022].

Finra. 2003. Transport system of the nordic triangle. Report 2003. E-dokumentti. Finnish Road Administration (Finra). Saatavissa <https://www.tieh.fi/e18en/nordictriangle.htm> [viitattu 8.9.2022].

# TUTKIMUKSEN TEKO ON YHTEIS- TYÖTÄ – REFERAATTI MARTECH 2022 -KONFERENSSIESITELMISTÄ

Elias Altarriba ja Taru Tanhuanpää

## MARTECH-KONFERENSSI TUO MERENKULKUALAN TUTKIJAT YHTEEN

Kansainväliset tutkimuskonferenssit ovat erinomaisia tilaisuuksia esitellä tehtyä tutkimusta eri yliopistoista ja tutkimuslaitoksista paikalle saapuneille kollegoille sekä saada hyvä yleiskäsitys siitä, mihin suuntaan alan tutkimus on etenemässä. Konferenssit ovat lisäksi hyviä tilaisuuksia verkostoitua: etenkin kansainvälisten tutkimusprojektien tutkimuskonsortiot ovat rahoitushakemusvaiheessa huomattavasti helpompia muodostaa, kun hakijoilla on realistinen käsitys toistensa osaamisprofilista eikä tutustumista tarvitse aloittaa aivan alusta usein tiukkojen rahoitushakuaikataulujen tuottaessa hakijalle lisästressiä.

Koronapandemia käytännössä hyydytti entisenkaltaisen konferenssitoiminnan. Matkustusrajoitukset ja alati muuttuva tilanne eivät millään tavoin tukeneet konferenssijärjestelijöiden työtä, sillä konferenssin järjestäminen on käytännössä 1–2 vuoden projekti. Online-konferensseja toki järjestettiin, ja myös Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta on sellaisiin osallistuttu. Näissä konferensseissa esitelmien pito ja niiden kuuntelu onnistuu yleensä ongelmitta, mutta kaikenlainen sosiaalinen kanssakäyminen muiden osallistujien kanssa jää usein vähäiseksi. Online toimii monissa asioissa, mutta yhtä lailla myös kasvokkain kohtamisella on edelleen paikkansa.

Martech 2022 (6th international conference on maritime technology and engineering) järjestettiin Portugalin Lissabonissa 24.–26.5.2022 (Martech 2022). Kyseessä on Lissabonin teknillisen yliopiston merenkulkuosaston järjestämä konferenssi, joka järjestettiin hybridimallisenä ensimmäistä kertaa. Aiemmin, ennen koronakriisiä, konferenssi on ollut tavanomainen paikan päällä järjestetty tilaisuus. Hybridimallin etuna on, että kaikkien osallistujien ei välttämättä tarvitse matkustaa paikan päälle. Tuolloin sosiaalinen toiminta toki jää vähemmälle, mutta toisaalta myös matkakustannuksia säästyy: yliopistot, tutkimuslaitokset ja tutkijat ovat kuitenkin kansainvälisesti tarkasteltuna varsin eriarvoisessa asemassa sen suhteen, millaiset taloudelliset mahdollisuudet heillä on käytännössä matkustaa.



## KEYNOTE-LUENNOT SUUNNANNÄYTTÄJINÄ

Konferenssi käynnistyi alkusanojen jälkeen keynote-luennoilla. Tällä kertaa kaikki keynote-olli sijoitettu heti konferenssin alkuun, siinä missä joskus ne ovat päivien viimeisiä luentoja. Ne ovat tavallista pidempiä, ja niihin puhujiksi on valikoitunut usein alan tunnettuja tutkijoita, jotka esittelevät tyypillisesti alan uusia suuntauksia tai uraauurtavia tutkimustuloksia. Tässä konferenssissa keynote-puhujina olivat Apostolos Papanikolaou, X Jinping Yan, Feargal Brennan ja Hercules Haralambides.

Papanikolaoun luento (Papanikolaou 2022) käsitteli holistista eli kokonaisvaltaista laivasuunnittelua. Tutkimuksen taustalla on EU-rahoitteinen Holiship-projekti, jossa laivasuunnitteluprosessia on kehitetty huomioimaan paremmin aluksen ominaisuudet sen elinkaaren aikana fyysisestä, biologisesta, kemiallisesta, sosiaalisesta, taloudellisesta ja psykologisesta näkökulmasta. Papanikolaoun mukaan perinteinen laivasuunnittelu on painottanut aluksen fyysisiä ja taloudellisia näkökulmia kestävän kehityksen vaatiessa kuitenkin pitkäaikaisempia ja monipuolisempia ratkaisuja myös tähänkin asiakokonaisuuteen.

Yanin luento (Yan 2022) käsitteli Kiinassa tapahtuvaa autonomisten sisävesialusten kehitystyötä. Suuren maan pitkät joet ovat tärkeä kuljetusreitti, ja automaation käytöllä pyritään ehkäisemään onnettomuuksia ja lisäämään taloudellista tehokkuutta. Autonomiset alukset voivat olla puoliautonomisia, etäohjattavia tai kykeneviä hyvinkin autonomiseen navigointiin. Jokireiteillä autonomisten alusten keskinäinen vuorovaikutus ja operointi ryhmissä esimerkiksi suluissa tai muutoin kapeilla reiteillä on tämän maantieteellisen alueen ominaispiirre. Tätä asiakokonaisuutta on tutkittu aika paljon Suomessakin, ja muun muassa Finferries otti käyttöön jo vuonna 2018 Paraisten ja Nauvon välillä kulkevan lautan (Finferries 2022), joka kykenee navigoimaan täysin autonomisesti mukaan lukien rantautumiset.

Brennanin puheenvuoro (Brennan 2022) käsitteli merituulivoimaa. Merituulivoimaan on asetettu paljon odotuksia, sillä fossiilisista polttoaineista eroon pääseminen vaatii myös tuulivoiman lisärakentamista. Merialueet ovat monessa mielessä ihanteellisia tuulivoimaloille, sillä merellä usein tuulee ja tilaa suurikokoisillekin voimaloille löytyy. Teknisiä haasteita meriympäristö kuitenkin aiheuttaa: nyrkkisääntönä voidaan pitää, että yli 50 metrin syvyyksillä merialueilla tuulivoimaloiden on oltava kelluvia, siinä missä tätä matalammilla alueilla merenpohjaan tukeutuminen on mahdollista. Molemmissa ratkaisuissa on puolensa erityisesti aaltorasituksen suhteen. Brennan toi esiin merituulivoiman integroimisen mahdollisuudet vetytalouteen: etenkin kaukana rannikosta kelluvien offshore-voimaloiden osalta yhtenä ratkaisumallina on luoda niistä merellä sijaitsevia vihreän vedyn tuotantolaitoksia. Tuotettu vety voitaisiin siirtää kuluttajille tankkereilla, joiden polttokennoissa vedystä saadaan sähköä, ja sivutuotteena muodostuu vain vesihöyryä.

Haralambidesin luento (Haralambides 2022) painottui uusiin suuntaviivoihin liittyen merenkulkulogistiikkaan ja tässä logistiikkaketjussa ilmeneviin talousprosesseihin. Tätä osa-aluetta kutsutaan yleisnimellä MEL (maritime economics and logistics). Luennon aikana puhuja toi esiin asioita, jotka voisivat olla tulevaisuuden suuntaviivoja. Satamatoimintojen kehittäminen, niihin liittyvä digitalisaatio ja erityisesti sisävesisatamien merkitys nousivat esille puheenvuorossa. Myös merikuljetusten logistiikkaketjujen parempi integroiminen muihin liikennemuotoihin nousi esiin. Sinänsä nämä ovat varsin hyvin tiedostettuja ongelma-kohtia.

## MALLINTAMINEN PAINOTTUU MYÖS MERENKULKUALAN TUTKIMUSTOIMINNASSA

Keynote-luentojen jälkeen alkoivat rinnakkaisessiot sisältäen hydrodynamiikan, meriliikenteen, ympäristöolosuhteiden ja monitoroinnin temaattiset sessiot. Meriliikenteen sessiossa esiteltiin RTT (random tree algorithm)-algoritmiin perustuva reitinvalitsemismalli, jonka tarkoituksena on ehkäistä yhteentörmäyksiä merellä optimoimalla reitti muun liikenteen suhteen (Zhang et al. 2022). Vähän eri näkökulmasta AIS-dataa hyödyntäen reittioptimointia lähestyi Monitrafic-projektiin tuotoksena syntynyt malli (Lee et al. 2022), joka havainnoi alusten normaalia toimintaa ja laskee niiden perusteella optimaalisen reitin käyttäen esimerkkinä Portugalin rannikkoa. Samasta aihepiiristä oli heti perään toinen esitelmä, jossa dijkstra-algoritmia hyödyntäen etsittiin laskennallisesti lyhyintä ja tällä perusteella myös taloudellisinta reittiä satamasta toiseen (Silveira et al. 2022). Session viimeinen esitelmä vertaili AIS-dataan perustuen alusten liikkeitä ja vertasi niitä optimaalisiin reitteihin (Rong et al. 2022). Tässä tilanteessa näkökulma oli turvallisuusasioissa: mikäli aluksen reitti jostain syystä poikkesi epänormaalilla tavalla optimaalisesta reitistä, on aluksessa mahdollisesti jotain vialla.

Session esitelmät kuvasivat hyvin, kuinka moninaisia ratkaisuvaihtoehtoja tekoäly ja merenkulun automaatio antavat. Toisaalta näissä esitelmissä kiteytyi hyvin myös kehitystyön laaja-alaisuus: esimerkiksi aluksen navigaatioautomaatio vaatii hyvin moniportaista automaattista päätöksentekokykyä johtaakseen tavoiteltuun lopputulokseen. Osa prosesseista on mahdollista luonnollisesti jättää ihmisen toteutettavaksi, mutta riittävän kehittynyt tekoäly osaa tehdä useita ratkaisuita itse. Lisäksi analysoiva, heuristinen tekoäly voi havainnoida menestyksekkäästi liikennetilannetta ja auttaa muun muassa alusliikennepalvelun päivystäjiä kiinnittämään huomiota epänormaalisti toimiviin aluksiin ja ehkäisemään näin vaaratilanteita.

Ympäristöolosuhteiden session ensimmäinen esitelmä käsitteli tuulen ennustamismallien soveltuvuutta tuulivoiman generaattoreihin, joiden korkeus merenpinnasta on yli 300 metriä (Uzunoglu et al. 2022). Näin korkealla merenpinnasta tulee huomioida, että tuuliolosuhteet ovat erilaiset kuin matalammalla, mikä vaikuttaa tuulivoimaloiden toimintaan.

Uudet tuulen ennustamismallit, jotka huomioivat paremmin nämä seikat, ovat tärkeässä roolissa lähitulevaisuudessa, kun tuulivoimaloita rakennetaan lisää uusiutuvan energian lisäämiseksi. (Uzunoglu et al. 2022.)

Clarindo ja Guedes Soares (2022) puolestaan käsitelivät tutkimuksessaan ympäristöolosuhteita rannikoilla. Rannikkoalueet ovat kovalla kuormituksella äärimmäisten luonnonolojen ja ihmistoiminnan aiheuttamien häiriöiden vuoksi. Rannikkoalueiden suojelussa on tärkeää erottaa, mikä osa häiriöistä aiheutuu luonnonoloista ja mikä osa on puolestaan ihmisen aiheuttamaa. Clarindo ja Guedes Soares (2022) tutkivat tätä aihetta mallintamalla aaltojen aiheuttamaa kuormitusta rannikkoalueisiin. Myös session seuraavassa, valtameren aaltojen mallinnusta käsittelevässä esitelmässä, todettiin, että aaltoympäristöön liittyvä tietous on tärkeää kaikilla mereen liittyvillä tutkimusaloilla (Clarindo et al. 2022). Session viimeinen esitelmä käsiteli puolestaan merituulivoimalan kestävyyttä meriympäristön aiheuttamissa ääriolosuhteissa. Vaikka tutkimuskohteena oli kelluva merituulivoimala, tutkijoiden mukaan tutkimuksen tuloksia voinee hyödyntää myös muun merelle rakennettavan infrastruktuurin suhteen. (Sreebhadra et al. 2022.)

Iltapäivän viimeisten sessioiden teemoina olivat hydrodynamiikka ja manoveeraus, meriliikenne, uusiutuva energia ja rakenneratkaisut. Näistä uusiutuvan energian sessio sisälsi neljä esitelmää: Ensimmäisessä käsiteltiin meriliikenteen vaihtoehtoisia ja uusiutuvia energiaratkaisuja ja verrattiin niitä muihin sektoreihin (Ramos et al. 2022). Näitä olivat muun muassa energiantuotanto, muut liikennemuodot, luontoarvot ja turismi. Seuraavana oli vuorossa aaltoenergian hyödyntämiseen liittyvän epävarmuusmallin esittely (Kamarlouei & Guedes Soares 2022) ja kolmantena offshore-yhdistelmävoimalan (aalto ja tuuli) erityyppisten ankkurointiratkaisuiden dynaamisen analyysin tuloksia (Rony et al. 2022). Viimeisenä oli vuorossa alusten satamissa tuottamat päästöt ja niiden mallinnus, jotka ovat usein ongelmallisia asutuksen välittömän läheisyyden vuoksi (Coppola et al. 2022).

Session esitelmät olivat siis keskenään sängen erityyppisiä, vaikkakin ne liittyivät kaikki tavalla tai toisella saman teeman alle. Vaihtoehtoiset energiaratkaisut ovat tällä hetkellä paljon keskustelua herättävä asiakokonaisuus. Selkeää ratkaisua öljypohjaisille polttoaineille on ollut vaikea löytää, mutta hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja energiakriisin seurauksena noussut öljyn hinta tuo ratkaisujen etsintään niin poliittisia, taloudellisia kuin ympäristönsuojelullisiakin näkökulmia. Vastaavasti meren aalloissa tai merituudessa on suunnattomat määrät energiaa, joiden muuntaminen ihmiselle soveltuvaan muotoon tuottaa kuitenkin monentyyppisiä haasteita. Satamapäästöjen osalta konferenssissa oli useita muitakin esitelmiä, ja niiden vaikutuksia tutkitaan globaalisti suhteellisen paljon.

## TOISENA LUENTOPÄIVÄNÄ TEEMOINA OLIVAT SUUNNITTELU, MALLINTAMINEN, TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖASIAT

Keskiviikkoamupäivä käynnistyi sessioilla, joiden teemoina olivat hydrodynamiikka, navigointiturvallisuus, uusiutuva energia ja hitsatut rakenneratkaisut. Näistä navigointiturvallisuuksessiossa käsiteltiin aihepiiriin liittyviä simulaatiomenetelmiä. Ensimmäinen esitelmä käsitteli koneoppimismenetelmiin perustuvaa yhteentörmäyksien ehkäisemistä (Oruc & Altan 2022). Noin 16 % onnettomuuksista ovat tyyppiltään törmäyksiä. Tästä huolimatta AIS-historiatatassa törmäystilannedataa on varsin vähän. Koneoppimista hyödyntäen voidaan kuitenkin löytää vaaratilanteissa toistuvia piirteitä, joiden avulla on mahdollista ehkäistä kehittymässä olevia onnettomuuksia.

Toisessa esitelmässä turvallisuusaspekti liittyi satamatoimintoihin (Pinheiro et al. 2022). Laivojen koko kasvaa koko ajan, mikä tuo haasteita erityisesti satamaoperointiin. Ylipäättään sataman toimivuus vaatii kaiken sujuvan ongelmitta. Turvallisuusjärjestelmä on siis paitsi osa turvallisuuskulttuuria, myös edellytys toimivalle satamalle. Sinesin satamassa Portugalissa testattiin uudentyyppistä numeerisiin malleihin perustuvaa turvallisuusjärjestelmää, missä malli tuottaa riskianalyysin satamaoperaattorille erityyppisissä olosuhteissa ja auttaa näin tekemään turvallisuuskulttuurin mukaisia päätöksiä. Kolmannessa esitelmässä käsiteltiin alusten manöveerauksesta seuraavia vaaratilanteita ja onnettomuuksia kanaaleissa sekä satamaterminaaleissa (Maturana et al. 2022). Session viimeisestä esitelmästä ei ollut tehty lainkaan konferenssijulkaisua, vaan kyseessä oli ainoastaan itsenäinen esitelmä. Siinä käsiteltiin säämallien epävarmuusanalyysiä ja tämän tiedon tuottamista komentosillalle valmiiksi käsitellyksi tiedoksi päätöksenteon tueksi tarvitsematta loppukäyttäjän tekemää data-analyysiä (Sulovsky et al. 2022). Esitelmäitsijän mukaan tämä malli vaatii vielä kuitenkin melkoisesti kehitystyötä.

Keskiviikon toinen rinnakkaisessiosetti käsitteli hydrodynamiikkaa, turvallisuutta, uusiutuva energiaa ja rakenneratkaisuja. Turvallisuuksessiossa ensimmäisenä teemana oli SAFEPORT-järjestelmän hyödyntäminen myrskytilanteissa (Gomes et al. 2022). Esimerkitapauksena oli Sinesin satamaan joulukuussa 2020 iskenyt Dora-myrsky. Tavoitteena oli järjestelmää hyödyntäen vähentää myrskyvahinkoja ja tehdä satamista näin kestävämpiä erilaisissa sääolosuhteissa. Toisessa esitelmässä käsiteltiin LNG-vuotojen aiheuttamia vahinkoja meriliikenteessä tai osana satamatoimintoja (Abdelmalek & Guedes Soares 2022). Vuodot voidaan jakaa palaviin tai ei-palaviin vuotoihin. Kylmänä aineena LNG:n aiheuttamat vauriot voivat olla hyvinkin moninaisia ja seuraukset sen mukaisia. Jokaisessa LNG-yksikössä on omat erityispiirteensä, mutta tästä huolimatta syystä tai toisesta tapahtuva ylitäyttö on todennäköisin syy LNG-vuotoon.

Kyberturvallisuus on ajankohtaistuva aihe erityyppisten järjestelmien kytkeytyessä tietoverkoihin. Tästä aihepiiristä esitelmöi Aallossa postdoc-tutkijana työskentelevä ja Merikotkan tutkimusverkostoon kuuluva Victor Bolbot (Bolbot et al. 2022). Esimerkkinä oli kyberhyökkäyskkenaarioiden tunnistaminen dual-fuel-moottorissa. Suurin osa hyökkäyksistä on pieniä, mutta ne voivat silti aiheuttaa monenlaista haittaa hyökkäyksen kohteelle joutuneelle. Tästä aihepiiristä myös Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa on mahdollisesti alkamassa hankkeita lähitulevaisuudessa. Session viimeinen esitelmä käsitteli matkustaja-aluksen evakuointiin liittyvää riskianalyysiä (Ventikos et al. 2022). Tämä on toteutettu Bayes-verkoteknologiaa hyödyntäen, ja projektiin tuotoksena on ollut päätöksenteon tueksi työkalu, jonka avulla evakuointitilanteen erityyppisiä riskejä on mahdollista tunnistaa.

Kolmannet rinnakkaisessiot käsitelivät rakenneratkaisuja, moottoritekniikkaa, uusiutuvaa energiaa ja turvallisuutta. Näistä moottoritekniikan session ensimmäinen esitelmä käsitteli biodieselin hyödyntämistä apukoneiden polttoaineena (Tadros et al. 2022). Biodieselin palamisominaisuudet poikkeavat jonkin verran fossiilisesta dieselistä, minkä seurauksena polttoprosessia simuloitiin Wiebe-funktiolla. Tavoitteena oli optimoida MAN 5L16/24-moottori toimimaan bioöljyllä mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella. Toinen esitelmä käsitteli autonomisten alusten huoltostrategioita (Karatug et al. 2022). Siinä missä miehitettyjen alusten osalta korjaustöitä tehdään yleensä silloin, kun jotain menee rikki, autonomisten alusten osalta ennakoivan huollon merkitys kasvaa huomattavasti. Tähän tarvittavat proseduurit ovat kuitenkin vasta muotoutumassa automatiikan lisääntyessä, minkä takia alan tutkimusta on tehtävä vielä paljon lisää.

Kolmannessa esitelmässä käsiteltiin aluksen polttoainejärjestelmän optimointia (Madureira et al. 2022). Helppoja ratkaisuja tähänkään asiaan ei ole tarjolla: uudet teknologiat soveltuvat uusaluksiin, mutta vanhat pitäisi silti pitää tavalla tai toisella kilpailukykyisinä. Tämä on tullut vastaan myös useissa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun projekteissa (mm. Complete ja Meptek), joissa vanhojen alusten toimintojen optimointi vaikkapa ympäristöasioiden suhteen on usein osoittautunut monimutkaiseksi. Session viimeisenä esitelmänä esiteltiin aluksen nopeuden vähentämisen vaikutuksia aluksen polttoaineen kulutukseen realistisissa sääolosuhteissa (Tadros et al. 2022). Hidasajo eli slow steaming on yksi mahdollinen menetelmä polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi, mutta sekin sisältää lopulta monentyyppisiä erityispiirteitä.

Päivän viimeisessä rinnakkaisessioissa käsiteltiin rakenneratkaisuja, laivasuunnittelua, uusiutuvaa energiaa ja laivakonetekniikkaa. Rakenneratkaisusessio oli konetekniikkaa ja numeerista mallintamista: Ensimmäinen esitelmä käsitteli laivojen rungon teräslevyjen lujuuden mallintamista todennäköisyyteen perustuvien menetelmien (Karras & Anyfantis 2022), toinen esitelmä käsitteli vedenalaisten osien korroosion vaikutusta lujuuskestävyyteen ja sen numeerista mallintamista (Woloszyk & Garbatov 2022). Kolmannen esitelmän aiheena olivat hitsaustekniset ratkaisut laivanrakennuksessa (Hashemzadeh et al. 2022) ja

neljännessä esitelmässä käsiteltiin rakenteiden kestävyyttä Panamax-luokan konttialuksessa (Silva-Campillo et al. 2022).

Laivasuunnittelun sessio käsitteli muun muassa suunnitteluprosessin optimointia, laivan rungon optimointia sekä telakoiden automatisaatiota. Suunnitteluprosessissa on tärkeää valita huolella, missä järjestyksessä suunnittelun eri vaiheet toteutetaan sujuvan prosessin varmistamiseksi (Van Houten & Collette 2022). Van Houten ja Collette (2022) tutkivat tätä aihetta, jota kutsutaan englanniksi nimellä ”path selection”. Tämä ikään kuin ”suunnittelun suunnittelu” vaikuttaa oleellisesti suunnitteluprosessin tehokkuuteen ja lopputulokseen (Van Houten & Collette 2022). Session toinen esitelmä liittyi konttialusten suunnitteluun siten, että alusten rahtikapasiteetti saataisiin maksimoitua mahdollisimman pienillä muutoksilla laivan rakenteisiin. Rahtilaivat ovat avainasemassa tuotteiden kuljetuksessa ympäri maailmaa, ja globaalien markkinoiden kasvu tekee rahtikapasiteetin kasvattamisesta tulevaisuudessa entistä tärkeämpää (Marreiros & Ventura 2022).

Kolmas esitelmä käsitteli puolestaan laivan keulan hydrodynaamista optimointia (Markov 2022). Tutkimus esitteli uuden menetelmän, jolla optimoida keulan muotoa siten, että veden vastus aluksen liikkeessä pienenesi. Esimerkkinä tutkimuksessa käytettiin huvijahtia. Alukseen kohdistuvan veden vastuksen pienentäminen on merkittävä keino vähentää aluksen energiankulutusta. Tämä vähentää puolestaan laivaliikenteen päästöjä sekä laivayhtiöille koituvia polttoainekustannuksia.

Session neljäs esitelmä liittyi uuden automatisoidun, Shipyard 4.0-nimisen, telakan kehittämiseen (Martinez Garcia et al. 2022). Telakan automatisoiminen tehostaisi ainakin komposiittialusten rakentamista työvoimakulujen vähenemisen ansiosta. Toisaalta tämän aihepiirin tutkimuksissa on tärkeää tehdä kustannushyötyanalyysjä, jotta automatisoimiseen liittyvät prosessit eivät viime kädessä lisäisi laivojen rakennuksen kustannuksia.

## **VIIMEISENÄ PÄIVÄNÄ EDELLISTEN TEEMOJEN JOUKKOON NOUSI MYÖS LOGISTIikka**

Torstai oli viimeinen konferenssipäivä. Ensimmäinen rinnakkaissessiosarja sisälsi temaattisia luentoja merikuljetuksista ja -satamista, kalastustoiminnasta ja hydrodynamiikasta. Merikuljetussessio käynnistyi omalla esitelmällämme MEPTTEK-hankkeen tiimoilta järjestetyn päästötyöpajan tärkeimpien keskusteluaiheiden esittelystä (Altarriba et al. 2022). Toisena vuorossa oli satama-alueilla laivoista syntyvät ilmapäästöt (Abreu et al. 2022) ja kolmannessa esitelmässä perehdyttiin olemassa olevien alusten hiilipäästöjen vähentämisstrategioihin (Garbatov & Georgiev 2022). Viimeisenä oli vuorossa lyhyiden merikuljetusten tuottamien päästöjen ympäristövaikutukset (Karatug et al. 2022).

Tämän session teemat olivat hyvin lähellä MEPTEK-hankkeen tutkimuskysymyksiä, ja esitelmien tutkimusjulkaisuista liitteinen ja viitteinen on varmasti hyötyä hankkeen etenemisen kannalta. Sinänsä asiakokonaisuus on sellainen, että sitä tutkitaan parhaillaan tiiviisti ympäri maailmaa. Mielenkiintoisena erityispiirteenä on kuitenkin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa tehty tutkimus alusten kulkudatan analysoinnista. Tämä on erityispiirre, jota monissa muissa tutkimuslaitoksissa ei ole tehty. Yrityspuolella tuotekehityksessä tähän on aivan toisenlaiset mahdollisuudet ainakin moottorinvalmistajien toimesta. Usein ongelmana on datan saanti, joka edellyttää yhteistyötä varustamojen kanssa. Suomessa tähän on olemassa varsin hyvä toimintaympäristö.

Aamupäivän toisen rinnakkaisessiosarjan teemoina olivat komposiittirakenteet, merikuljetukset ja -satamatoiminnot, vesiviljely ja hydrodynamiikka. Ensimmäisessä esitelmässä käsiteltiin perusteellisesti lyhyiden merikuljetusten ja rautateiden keskinäistä kilpailukykyä ja yhteistoimintaa (Santos et al. 2022). Euroopan unionin tavoitteena on siirtää kuljetuksia kumipyöriltä rautateille ja erityisesti sisävesiliikenteeseen, jolloin näiden kahden kuljetusmuodon sujuva yhteistoiminta on tärkeää. Tästä on kokemuksia myös alueellamme, missä Saimaan kanavan toiminta ja Saimaan sisävesiliikenteen kehittäminen on ollut agendalla jo kauan. Tosin Ukrainan sota aiheutti tähän kehitykseen melkoisesti takapakkia.

Session toisessa esitelmässä käsiteltiin Itä-Euroopan Mustanmeren satamien ja alueen tieverkon logistiikkaketjuja (Rusca et al. 2022). Asiakokonaisuutta verrattiin muiden Euroopan merkittävien merilogistiikkakeskusten ja sisämaa-alueiden logistiikkaketjuihin ja -infrastruktuuriin. Esitelmässä sivuttiin myös Ukrainan sotaa, sillä Ukrainan satamien ollessa käytännössä suljettuina on Ukrainan merivienti siirtynyt monelta osin Romaniassa sijaitsevan Constantan ja Bulgarian Varnan satamiin. Niiden infrastruktuuria ei kuitenkaan ole suunniteltu käsittelemään kasvaneita rahtimääriä, minkä vuoksi molemmat satamat ovat ruuhkautuneet.

Kolmannessa esitelmässä käsiteltiin satamien muuntumista ja tulevaa kehitystä (Pargalgauskas et al. 2022). Aikoinaan satamat sijaitsivat rannikkokaupunkien keskustoissa, kunnes konttien yleistyminen teki niistä keskusta-alueiden ulkopuolelle sijoitettuja logistiikkaterminaliaaleja. Tällä hetkellä automaatiojärjestelmät yleistyvät nopeasti, mikä muokkaa satamia monilla tavoin. Lisäksi globalisaatio on ruuhkauttanut monia merkittäviä satamia. Esimerkiksi Rotterdamin kapasiteetti on varsin tarkkaan käytössä. Erityisesti tämä näkyy Euroopan sisävesien konttiproomujen lastauksessa, sillä ne joutuvat usein odottamaan Rotterdamissa 12–120 h lastausta johtuen suurten konttilaivojen priorisoinnista. Tulevaisuudessa monet ahtaustoiminnot siirtyvät automaatiojärjestelmien hoidettaviksi.

Konferenssin viimeisissä sessioissa teemoina olivat merikuljetukset ja -satamat, öljy- ja kaasu sekä hydrodynamiikka. Merikuljetussessiossa ensimmäinen esitelmä käsitteli rikkipesureiden ympäristövaikutuksia Kanariansaarten ja Iberian niemimaan välisessä meriliikenteessä

(Martinez-Lopez et al. 2022). Rikkipesurit ovat yleistyneet maailmalla huomattavasti polttoaineen rikkirajojen kiristyttyä vuonna 2020. Itämeri on ollut rikkirajoitusalueita jo vuodesta 2015, minkä vuoksi rikkipesureita on käytetty alueella jo vuosia. Myös ME-PTEK-hankkeessa rikkipesureiden ominaispiirteitä ja ympäristövaikutuksia on jouduttu pohtimaan useaan otteeseen.

Toisen esitelmän teemana oli satamien ICT-teknologian ja tietoon perustuvan johtamisen sekä prosessikäsittelyn kehittyminen esimerkkitapausten kautta (Russo & Musolino 2022). Tätä aihepiiriä on käsitelty konferenssissa useissa muissakin esitelmissä. Kolmannen esityksen teemana oli risteilyalusten rakennusmateriaalien logistiikkaketjujen dynaaminen simulointi ja siihen perustuva riskiarviointi (Cui et al., 2022). Simulointiteemat jatkuivat vielä neljännessä esitelmässä, missä käsiteltiin öljyvuotojen leviämisen numeerista simulointia Fernando de Noronhan saaristossa, Brasilian rannikolla (Siqueira et al. 2022). Leviämismalleista ja niiden soveltamisesta tuli kieltämättä mieleen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa SÖKÖ-hankkeissa tehty työ.

## YHTEENVETO

MARTECH-konferenssi toi hyvin esiin merenkulku- ja energiasektoreiden murroksen. Globaalien markkinoiden kasvu ja toisaalta ympäristöystävällisempien kuljetustapojen etsiminen lisäävät vesiliikenteen kysyntää lähitulevaisuudessa. Energiasektorilla puolestaan etsitään kuumeisesti ratkaisuja uusiutuvan energiantuotannon kapasiteetin kasvattamiseen, jotta yhteiskunta voisi irtautua fossiilisista polttoaineista. Kapasiteetin lisäämiseksi uusiutuvaa energiaa rakennetaan alueille, joita aiemmin ei ole hyödynnetty: esimerkiksi tuulivoimaa rakennetaan maalla entistä korkeammalle merenpinnasta ja merellä yhä kauemmas rannikosta. Energiainfrastruktuurin rakentaminen aiempaa haastavampiin olosuhteisiin vaatii uudenlaista tutkimusta, jollaista MARTECH-konferenssissakin esiteltiin.

Meriliikenteessä kysynnän kasvaminen tekee päästöjen vähentämisestä entistä tärkeämpää. Holistinen laivasuunnittelu on tärkeää myös ympäristön kannalta, jottei esimerkiksi jokin päästövähennyskeino tuo uusia ympäristöongelmia. Tästä ajankohtaisena esimerkkinä ovat rikkipesurit, joiden pesuvesien mahdollisia ympäristövaikutuksia käsiteltiin myös MARTECH-konferenssissa. Meriliikenteen lisääntyvä digitalisaatio luo puolestaan uusia mahdollisuuksia niin päästöjen vähentämiseen kuin vaikkapa taloudelliseen tehostamiseen. Toisaalta digitalisaatio tuo myös uusia haasteita liittyen esimerkiksi kyberturvallisuuteen. Merenkulkusektorin uudet haasteet lisäävät tarvetta poikkitieteelliselle tutkimukselle, jonka edistämiseksi erilaiset alan konferenssit luovat oivat puitteet.



## LÄHTEET

Abdelmalek, M. & Guedes Soares, C. 2022. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Abreu, H., Cardoso, V. & Santos, T.A. 2022. The effects of operational and environmental conditions in cruise ship emissions in port areas. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Altarriba, E., Rahiala, S., Tanhuanpää, T. & Piispa, M. 2022. Improving the environmental performance of shipping and maritime transport – Highlights of the maritime emissions workshop. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Bolbot, V., Methlouthi, O., Valdez Banda, O., Xiang, L., Ding, Y. & Brunou, P. 2022. Identification of cyber-attack scenarios in a marine dual-fuel engine. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Brennan, F. 2022. Offshore wind structural integrity challenges and opportunities. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24–26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Clarindo, G. & Guedes Soares, C. 2022. Long-term probabilistic identification of extreme sea-states as causes of coastal risk due to wave severity. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Clarindo, G., Guedes Soares, C. & Rodriguez, G. 2022. Representing spectral changes in seasonal ocean wave patterns using interquartile ranges. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime

technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Coppola, T., Fantauzzi, M., Micoli, L., Mocerino, L. & Quaranta, F. 2022. Ferry ships: A cost/environmental comparison of innovative solutions for the electric power generation in port. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Cui, Z.M., Wang, H.Y. & Xu, J. 2022. Risk assessment and dynamic simulation of noncentralized distribution logistics of the cruise construction build-in material. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Finferries, 2022. Internet-sivu. Saatavissa: [finferries.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/finferriesilla-maailman-ensimmainen-taysin-autonominen-lautta-alus.html](https://finferries.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/finferriesilla-maailman-ensimmainen-taysin-autonominen-lautta-alus.html) [Viitattu 15.6.2022].

Garbatov, Y. & Georgiev, P. 2022. Short sea shipping gas emissions and dispersion. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Gomes, A.H., Pinheiro, L.V., Fortes, C.J.E.M. & Santos, J.A. 2022. Applying the SAFEPART system in a storm situation. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Haralambides, H. 2022. The state-of-play in maritime economics & logistics research. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24–26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Hashemzadeh, M. & Garbatov, Y., Guedes Soares, C. 2022. Ultimate strength enhancement of butt-welded structural components by preheating treatment and induced constraints. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international

conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Kamarlouei, M. & Guedes Soares, C. 2022. Uncertainty analysis in the frequency domain simulation of a hinged wave energy converter. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Karatug, C., Arslanoglu, Y. & Guedes Soares, C. 2022. Maintenance strategies for machinery systems of autonomous ship. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Karatug, C., Arslanoglu, Y. & Guedes Soares, C. 2022. Evaluation of decarbonization strategies for existing ships. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Karras, S.I. & Anyfantis, K.N. 2022. Probabilistic modelling of the buckling strength of steel plates in ship hulls. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Lee, B., Silveira, P., Loureiro, H. & Teixeira, A.P. 2022. A framework for characterizing the marine traffic off the continental coast of Portugal using historical AIS data. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Madureira, R., Centeno da Costa, J.R. & Teixeira, A.P. 2022. Analysis of operational data of a ship fuel optimization system. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Markov, N. 2022. Hydrodynamic yacht bulb optimization by embedding the hull in a B-Spline space. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–6 May 2022). CRC Press: London.

Marreiros, G. & Ventura, M. 2022. Hull Compartment Layout of Containerships. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

MARTECH. 2022. Internet-sivu. Saatavissa: [centec.tecnico.ulisboa.pt/martech2022/](https://centec.tecnico.ulisboa.pt/martech2022/) [viitattu 15.6.2022].

Martinez Garcia, X., Sá, D., Silva, J. & Alvarez-Buylla, S. 2022. Fibre4Yards: Development of a Shipyard 4.0 for an optimized construction of composite ships. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24–26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Martinez-Lopez, A., Marrero, A., Martin-Cruz, Y. & Miguez Gonzales, M. 2022. Environmental assessment of the scrubbers' use in regular traffic between the Canary Islands and the Iberian peninsula. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Maturana, M.C., de Abreu, D.T.M.P. & Martins, M.R. 2022. Preliminary hazard analysis of vessel maneuvers in access channels to port terminals. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Oruc, M.F. & Altan, Y.C. 2022. Risky maritime encounter prediction via ensemble machine learning. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Papanikolaou, A. 2022. A holistic approach to ship design. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24–26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Pargalgauskas, S., Kruimer, K., Jovanova, J. & Schott, D. 2022. Design exploration of autonomous container transshipment for interterminal transport based on current technology. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Pinheiro, L.V., Fortes, C.J.E.M., Gomes, A.H., Santos, J.A. & Guedes Soares, C. 2022. BlueSafePort project: Safety system for maneuvering and moored ships at the port of Sines. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Ramos, S., Díaz, H. & Guedes Soares, C. 2022. Potential opportunities of multi-use blue economy concepts in Europe. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Rony, J.S., Karmakar, D. & Guedes Soares, C. 2022. Dynamic response analysis of a combined wave and wind energy platform under different mooring configuration. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Rusca, F., Rusca, A., Rosca, E., Oprea, C., Dinu, O. & Ilie, A. 2022. The East-European maritime ports hinterland and the influence of road transport network. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Russo, F. & Musolino, G. 2022. Emerging ICT in port operations: Case studies. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international con-

ference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Santos, T.A., Fonseca, M.A., Martins, P. & Guedes Soares, C. 2022. Geographical scope for competitiveness of short sea shipping and freight railways in the Atlantic corridor. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Siqueira, P.G.S.C., Silva, J.A.M., Gois, M.L.B., Duarte, H.O., Moura, M.C., Silva, M.A. & Araujo, M.C. 2022. Numerical simulations of potential oil spills near Fernando de Noronha archipelago. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Silva-Campillo, A., Suarez-Bermejo, J.C. & Herreros-Sierra, M.A. 2022. Structural capacity on the floor with opening and cut-outs of a 3800 TEU container ship. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Sreebhadra, M.N., Rony, J.S., Karmakar, D. & Guedes Soares, C. 2022. Extreme response analysis for TLP-type floating wind turbine using Environmental Contour Method. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Sulovsky, I., Prpić Oršić, J., Sasa, K. & Chen, C. 2022. Uncertainty analysis of weather simulation modeling during navigation. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24–26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Tadros, M., Ventura, M. & Guedes Soares, C. 2022. Assessment of marine genset performance with biodiesel fuel using the double-Wiebe function. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Tadros, M., Vettor, R., Ventura, M. & Guedes Soares, C. 2022. Effect of different speed reduction strategies on ship fuel consumption in realistic weather conditions. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Uzunoglu, E., Bernardo, C. & Guedes Soares, C. 2022. The effect of high-altitude wind forecasting models on power generation, structural loads, and wind farm optimization. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Van Houten, J.B. & Collette, M.D. 2022. Exploration of Solution Path Dependencies with a Polynomial Model. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Ventikos, N.P., Themelis, N., Louzis, K., Koimtzoglou, A., Michelis, A., Koimtzoglou, M. & Ragab, A. 2022. Evaluating risk during evacuation of large passenger ships: A smart risk assessment platform for decision support. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Woloszyk, K. & Garbatov, Y. 2022. Numerical modelling and analysis of steel specimens subjected to marine immersed corrosion and tensile load. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

Yan, X. 2022. Development and application of autonomous inland ships in China. Presentation in 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH) 24-26 May 2022, Lisbon, Portugal.

Zhang, H., Zhang, J.F., Shi, T. & Guedes Soares, C. 2022. A dynamic rapid-exploring random tree algorithm for collision avoidance for multi-ship encounter situations under COLREGs. A review of failure causes and critical factors of maritime LNG leaks. In Guedes Soares & Santos: Trends in maritime technology and engineering. Proceedings of the 6<sup>th</sup> international conference on maritime technology and engineering (MARTECH 2022, Lisbon, Portugal, 24–26 May 2022). CRC Press: London.

# IMAM 2022 – KONFERENSSIKATSAUS

Elias Altarriba, Sirpa Rahiala ja Taru Tanhuanpää

## IMAM ON VÄLIMEREN ALUEEN MERENKULKUTUTKIMUKSEN YHTEISTYÖJÄRJESTÖ

IMAM (International maritime association of the Mediterranean) on Välimeren alueella toimiva yhteistyöjärjestö, jonka tarkoituksena on toimia erityisesti tutkimusinstituutioiden yhteistyöelimenä ja näin edesauttaa merenkulun tutkimusta (IMAM 2022). Järjestö on perustettu vuonna 1974, ja perustajina olivat itäisen Välimeren alueella (Bulgaria, Egypti, Kreikka, Italia, Jugoslavia ja Turkki) toimivat tutkimusinstituutiot. Ensimmäinen tutkimuskonferenssi järjestettiin Istanbulissa vuonna 1978, minkä jälkeen konferensseja on järjestetty noin 2–3 vuoden välein pääasiassa itäisen Välimeren alueella. Edellinen konferenssi järjestettiin Varnassa, Bulgariassa 2019 (IMAM 2019), jolloin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun toimesta konferenssissa esiteltiin COMPLETE-hankkeeseen liittyviä tutkimustuloksia (Altarriba & Halonen 2019).

Syyskuussa 2022 konferenssi järjestettiin Istanbulissa, ja järjestäjänä oli Istanbulin teknillisen yliopiston merenkulun tutkimusryhmä (kuva 1). Tällä kertaa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun edustajat esittelivät konferenssissa Merenkulun päästövähennystekniikoiden vertailu (MEPTEK)-hankkeessa tehtyjä havaintoja ja osallistuivat myös konferenssijärjestelyihin toimimalla kolmen eri session puheenjohtajina eli ”chaireina” (kuva 2). IMAM 2022-konferenssi oli alun perin tarkoitus järjestää jo vuonna 2021, mutta COVID-pandemia viivytti aikataulua vuodella. Tämän vuoden konferenssiin papereita lähetettiin järjestäjien suullisen ilmoituksen mukaan 91 kappaletta, joista mukaan valikoitui lopulta review-prosessin jälkeen 54 julkaisua. Konferenssissa oli kokonaisuudessaan 75 osallistujaa kymmenestä maasta, minkä lisäksi online-osallistujia oli kymmenittäin. Välimeren alueen ja Etelä-Euroopan maat olivat osallistujien kansallisuuksia tarkasteltaessa hyvin edustettuina (Turkki, Kroatia, Italia, Bulgaria, Kreikka), mutta myös pohjoisemmista maista, kuten Saksasta, Norjasta, Suomesta ja Viirosta, oli läsnäolijoita.





**Kuva 1.** Konferenssi paikana toimi Istanbulin teknisen yliopiston kampusalue.

## KEYNOTE-LUENNOT YHTEENVETÄVÄT AJANKOHTAISIA TUTKIMUSTEEMOJA

Konferenssissa oli kolme keynote-luentoa, ja ne pidettiin heti avaustilaisuuden jälkeen. Ensimmäinen luennoitsija oli professori Carlos Guedes Soares Lissabonin yliopistosta. Hänen aiheensa liittyi laivateollisuuden ja merenkulun digitalisaatioon ja digiälyratkaisuihin, joiden nopea yleistymisen koskee yhtä lailla merenkulkusektoria (Guedes Soares 2022) monen muun yhteiskunnan osa-alueen lisäksi. Vaikka merenkulussa öljypohjaiset polttoaineet ovatkin edelleen ylivoimaisesti hallitsevin energiamuoto, energiamuunnos koskee silti myös merenkulkua: Energiatohokkuuden paraneminen ja sitä myötä polttoainekulutuksen suhteellinen väheneminen mahdollistaa varustamon tuloksekkaan toiminnan myös polttoaineiden kallistuessa. Samalla myös suhteelliset päästöt vähenevät ja usein myös absoluuttisia päästöjäkin saadaan pienennettyä. Laivojen suunnitteluun liittyvät digitaaliset

työkalut ja simulaatiomahdollisuudet kehittyvät jatkuvasti. Tämä merkitsee muutoksia paitsi lopputuotteessa, myös teollisissa prosesseissa ja toimintatavoissa. Digitalisaatio näkyy myös merilogistiikassa, satamatoiminnoissa, alus- ja navigointiautomaatiossakin. Massadatan tehokkaampi hyödyntäminen mahdollistaa monet sellaiset tehostamistoimenpiteet, joiden havainnointi muutoin voisi olla haasteellista.

Seuraavien vuosikymmenien aikana tullaan todennäköisesti näkemään muutoksia polttoaineiden osalta. Fossiilisen öljyn korvaajiksi on esitetty muun muassa biopolttoaineita tai metanolia. Nesteytetty maakaasu LNG on fossiilinen tuote, mutta sen puhtaampi palaminen mahdollistaa erityisesti myrkkypäästöjen huomattavan vähenemisen. Kaksoispolttoainemoottoareiden yleistymisen mahdollistaa kaasun ja nestemäisten polttoöljyjen joustavan käytön myös sellaisissa tilanteissa, jolloin polttoaineiden hinnat vaihtelevat vaikeasti ennustettavalla tavalla. Myös vetyä ja ammoniakkaa on esitelty hiilettöminä polttoaineratkaisuina, mutta niiden käyttöönotto edellyttää erityisesti vedyn osalta huomattavia muutoksia kokonaismerenkulkualan tekniseen infrastruktuuriin. Kuitenkin on syytä muistaa, että vaikka puhutaan ”zero emission” -teknologioista, missä tahansa asiassa nollassa erityisesti päästöjen osalta on haasteellista saavuttaa (Guedes Soares 2022).

Meriteollisuudessa komponenttien hintojen lasku on ollut pitkän aikavälin trendi. Toisaalta prosessorien laskentatehon huomattava kasvu mahdollistaa softapohjaisten ratkaisujen yleistymisen myös sellaisissa kokonaisuuksissa, joissa aiemmin olisi ilman muuta pitäyditty analogisissa vaihtoehdoissa. Sosiaalinen media vaikuttaa välillisesti myös perinteisenä teollisuushaaranä pidettyyn meriteollisuuteen: ihmisten toiveiden, tunteiden, odotusten ja muiden vastaavien asioiden havainnointi kertyvästä massadatasta mahdollistuu aiempiin vuosiin verrattuna aivan uudella tavalla. Tämä vaikuttaa väistämättä myös alussuunnitteluun, prosesseihin ja merilogistiikkaan yleisesti.

Toisen keynote-luennon piti Strathclyden yliopiston professori Atilla Incecik. Teemana olivat meriympäristön tutkimuskenttä, merenkuluteknologia ja -koulutus kestävyystutkimuksen näkökulmasta (Incecik 2022). Aihe on erittäin ajankohtainen, sillä kestävä kehityksen uralle on tavalla tai toisella päästävä lähitulevaisuudessa. Kokonaisuus on kuitenkin tavattoman laaja: Jo pelkästään kestävyyskäsitettä voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Ympäristökestävyydellä tarkoitetaan teknologioita ja toimintatapoja, jotka eivät kuormita ympäristöä sen uudistumiskyvyn yli. Toisaalta kestävyyttä voidaan tarkastella myös taloudellisesta näkökulmasta: Taloudellinen kestävyys tarkoittaa yhtä lailla talouden kriisinkestävyttä kuin myös tapoja toimia siten, ettei talousjärjestelmää rakenneta ehtyvien luonnonvarojen tai muiden vastaavien mahdollisten ongelmalähteiden varaan. Ympäristön saastuminen heikentää myös taloudellista kestävyttä, sillä pahimmillaan ympäristötuhot voivat tuottaa suuriakin taloudellisia haasteita joko suoraan tai välillisesti. Sosiaalisella kestävyydellä tarkoitetaan yhteiskuntarakennetta, jossa eri ihmisryhmien sosiaaliset suhteet pyritään luomaan sellaisiksi, että oikeudenmukaisuuskokemus syntyisi mahdollisimman

monelle ryhmän jäsenelle. Käytännössä näitä näkökulmia ei ole mahdollista tiukasti erottaa toisistaan, vaan kaikki vaikuttaa kaikkeen.

Kestävyyden jälkeen Incecik esitteli uusia tutkimuslinjoja, jotka todennäköisesti vaativat lähitulevaisuudessa paljon tutkimusresursseja (Incecik 2022). Yksi tällainen osa-alue on melu, erityisesti vedenalainen melu. Vedenalaisen melun tutkimus on toistaiseksi ollut varsin vähäistä keskittyen pääasiassa meriliikenteen valvontaan. Erityisesti ympäristönäkökulmasta suoritettua vedenalaisen melun monitorointia tarvitaan kuitenkin lisää, minkä jälkeen on mahdollista arvioida melun vaikutuksia. Tätä kautta on mahdollista luoda puitteet myös rajoitustoimille tai säännöstölle. Vedenalaisen melun mittauksia on pohdittu (mutta ei toteutettu) myös Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa. Tähän liittyvät hankkeet voivat hyvinkin olla tulevaisuutta, erityisesti Kymilabsin uuden melunmittaussertifoinnin ansiosta.

Muita esitelmässä esiin nousseita asiakokonaisuuksia olivat laivojen pohjien biolikaantumisen ja siihen liittyvien torjuntamenetelmien kehittäminen (Incecik 2022). Erityisesti haasteita tuottavat ympäristöystävälliset menetelmät, jotka eivät vaatisi jatkuvaa huoltoa tai muuta huomiota laivaväeltä. Laivojen aallonmuodostus aiheuttaa rantojen eroosiota erityisesti operoitaessa saaristossa tai muilla suojaisilla vesialueilla. Toisaalta aallonmuodostus indikoi myös suurista kulkuvastuksista, joiden vähentäminen on oleellista polttoainetalouden parantamiseksi. Painolastivesien käsittelystä on saatu voimaan kansainvälisiä sopimuksia, mutta aihepiirissä riittää vielä paljon tutkittavaa: painolastivedet ovat merkittävä vieraslajien kulkureitti merialueilta toisille, minkä vuoksi luonnon monimuotoisuuden ja vieraslajien torjunnan kannalta asiakokonaisuus on tärkeä. Toisaalta myös ilmapäästöihin on kiinnitettävä huomioita osana ilmastonmuutoksen hidastamista. Vähähiiliset energiatuotantoratkaisut ovat avain erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi, mutta myös muihin päästölajeihin on kiinnitettävä edelleen huomiota. Oleellista on myös ihmisten koulutus: vain näin tietoisuutta, osaamista ja sitä myötä kestävää kehitystä saadaan jalkautettua.

Kolmantena keynote-luennoitsijana toimi professori Dongming Zhao Wuhanin teknillisestä yliopistosta. Luennon aiheena olivat suurten risteilyalusten pilviteknologiat ja niiden mahdollisuudet liittyen joustavaan informaation integrointiin (Zhao 2022). Tällä hetkellä uudemman sukupolvien aluksilla kertyy ja tallentuu valtavat määrät tietoa erilaisista lähteistä. Tämän datan tallennustaajuus, formaatti, sijainti ja käyttötarkoitukset vaihtelevat merkittävästi, mikä on yleinen lähtökohta massadataongelmissa. Tiedon integraatiolla pyritään siihen, että sirpaleisesta massadatasta saadaan luotua yleiskäsitys siitä, mitä kulloinkin ollaan kysymässä. Parhaimmillaan massadatan hyödyntäminen liiketoiminnassa voi auttaa löytämään uusia liiketoimintamalleja tai parantamaan olemassa olevia. Suuri risteilyalus on kuitenkin kuin pieni kaupunki, missä monenlaiset toiminnot luovat varus-tamolle olemassa olevan liiketoimintaympäristön. Tässä toimintaympäristössä lippujen myynti on vain yksi tulonlähde.



**Kuva 2.** Xamkin delegaatio: Sirpa Rahiala, Taru Tanhuanpää ja Elias Altarriba.

## RINNAKKAISSESSIOISSA ESITELTIIN MEPTEK-HANKKEEN ANALYYSITYÖKALU

### MERENKULUN PÄÄSTÖT JA DIGITALISAATIO (SESSIO 2.1, SHIPPING EMISSIONS AND DIGITALIZATION)

Päivän ensimmäisessä rinnakkaisessiossa aiheena olivat alusten päästöt ja digitalisaatio. Session puheenjohtajina toimivat Elias Altarriba Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululta ja Petar Georgiev Varnan teknilliseltä yliopistolta. Tässä sessiossa esiteltiin ensimmäisenä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun MEPTEK-hankkeen tuloksia (Altarriba et al., 2022). Esityksessä käytiin läpi Itämeren alueen asettamia rajoituksia päästövähennystekniikoille sekä aluetta toimintaympäristönä. Nykyisin käytössä olevia päästövähennysmenetelmiä vertailtaessa havaittiin LNG:n antavan hyviä tuloksia kokonaiskestävyyttä arvioitaessa. Kuitenkin nykyisellä polttoaineiden hintatasolla LNG menettää kilpailuetunsa, ja erot eri menetelmien välillä ovat hyvin pieniä. Konferenssipaperissa vertailtiin myös hiukkasvähennyksen vaikutusta pesureissa ja mustan hiilen vaikutusta menetelmien välisiin eroihin (Altarriba et al. 2022).

Toisen esitelmän aiheena olivat Mustan meren tyypillisillä reiteillä tapahtuvan konttiliikenteen hiilipäästöt, joita tutkittiin avoimen datan pohjalta (EMSA THETIS-MRV). Analyysissä käytettiin luottamusellipejää, ja alustavassa datan analyysissä huomattiin sen sisältävän

myös selviä virheitä, kuten käyttötunnit saattoivat esimerkiksi ylittää vuotuisen tuntimäärän. Analyysin perusteella havaittiin epävarmuuksien vähentyneen vuosien 2018-2020 aikana, ja korrelaatio polttoaineen kulutuksen ja aluksen koko kantavuuden (DWT) välillä väheni, samalla kun hiilidioksidipäästöjen ja DWT:n välinen yhteys kasvoi. (Georgiev et al. 2022) Session viimeisessä esitelmässä puhuttiin digitaalisen kaksosen käytöstä aluksen energian hallinnan optimoinnissa (Spandonidis et al. 2022). Digitaalinen kaksonen tarkoittaa dynaamista virtuaalista mallia jostakin systeemistä. Yhdistämällä virtuaalinen ja todellinen maailma digitaalinen kaksonen mahdollistaa esimerkiksi reaaliaikaisen monitoroinnin, ongelmien ennaltaehkäisyyn ja tulevaisuuden hahmottelun. Konferenssipaperissa esiteltiin reaaliaikaiset avainsuorituskykyindikaattorit, jotka aluksen operoijan pääkonttori voi saada digitaalisen kaksosen avulla: polttoaineen kulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen indikaattorit, energiavirtojen jakautumisen indikaattorit ja Sankey-tyyppiset diagrammit, aluksen energijärjestelmien indikaattorit ja polttoaineen kulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen jakautumisen eri systeemien välillä. (Spandonidis et al. 2022)

## RAKENNERATKAISUT (SESSIO 2.2, MARINE STRUCTURES)

Seuraava sessio käsitteli erilaisia rakenneratkaisuja. Ensimmäisen esitelmän aiheena oli laivojen alumiini-teräsrakenteiden liitoskohtien ikääntymisen tutkiminen suolaisessa ympäristössä (Corigliano et al. 2022). Laivojen rungot rakennetaan pääsääntöisesti teräksestä, siinä missä yläkansien materiaalina käytetään painonsäästösyistä usein alumiinia. Eri materiaalien hitsaaminen toteutetaan usein räjäytyshitsauksella. Laiva on kuitenkin dynaamisesti kuormitettu kokonaisuus, jolloin väsymismurtumien muodostuminen on todennäköinen vauriomekanismi erityisesti rakenteiden ikääntyessä. Erityisesti eri materiaalien hitsaussaumamat ovat kriittisiä väsymisen kannalta. Konferenssipaperissa esitetyissä testeissä koekappaleita ikäännytettiin suolasumussa 30 ja 60 päivän ajan, minkä jälkeen suoritettiin lujustestaus. Laadukkaiden rakenteiden osalta materiaali säilytti hyvin lujutensa.

Toisen esitelmän aiheena oli jäykkien paneelien lommahtaminen eli puristuksen seurauksena tapahtuva nurjahtaminen syklisessä kuormituksessa (Barsotti & Gaiotti 2022). Konferenssiaperissa käsiteltiin erityyppisten rakenneratkaisujen kestävyyttä väsyttävässä kuormituksessa. Analyysimenetelmänä hyödynnettiin elementtimenetelmää. Kolmannen esitelmän teema oli lujusanalyysiä soveltava: Lähtökohtana vanha, runkovaurioita saanut alus oli hinattava romutettavaksi. Rungon kestävyydestä ei kuitenkaan ollut varmuutta, jolloin siitä luotiin elementtimalli ja tarkasteltiin lujutta erilaisissa meriolosuhteissa (Vladimir et al. 2022). Lopputuloksena todettiin, että hinaus oli riittävän turvallista suorittaa analysoiduissa olosuhteissa. Session viimeisessä esitelmässä käsiteltiin alueellisten korroosiovaurioiden ehkäisemistä meriympäristössä sijaitsevilla rakenteilla käyttäen käänteistä elementtimenetelmää iQS4-elementeillä (Ghasemzadeh et al. 2022). Lopputoteamuksena menetelmän todettiin olevan tehokas työkalu sekä reaaliaikaiseen rakenteiden rasiusten monitorointiin kuin korroosiovaurioidenkin analysointiin merellisissä rakenteissa.

# KESKIVIIKON RINNAKKAISSESSIÖIDEN TEEMAT KÄSITTELVÄT RAKENNERATKAISUJA, HYDRO- DYNAMIIKKA, UUSIUTUVAA ENERGIAA JA KONETEKNIIKKAA

## RAKENNERATKAISUT (SESSIO 2.3, MARINE STRUCTURES - SAFETY)

Session ensimmäinen esitelmä käsitteli vedenalaisten putkilinjojen rakenneratkaisujen ja -kiinnikkeiden ominaisuuksia analysoimalla niiden lujuutta elementtimenetelmällä ja tarkastelemalla eri rakenteiden valmistus- ja asennuskustannuksia myös taloudellisesta näkökulmasta (Kotb et al. 2022). Syvyyden ja paineen kasvaessa vedenalaiset rakenteet ovat kovalla koetuksella. Koska putkien asentaminen tapahtuu pääasiassa pinnalta käsin veden ollessa ihmiselle vieras toimintaympäristö, on putkirakenteesta syytä tehdä ominaisuuksiltaan mahdollisimman helposti asennettava. Konferenssipaperissa esiteltiin lukuisia rakennevaihtoehtoja ja niille tehtyjä lujuusanalyysyjä. Rakenteiden monimutkaistuessakin valmistuskustannuksetkin kohoavat, minkä vuoksi lopulta päädytään eri ominaisuuksia tarpeen mukaan yhdistävään kompromissiin.

Toinen esitelmä käsitteli konttialusten lastipalojen ehkäisyä (Papoutsis et al. 2022). Kuluksen 15 vuoden aikana konttialuksissa on tapahtunut 56 lastipaloo. Erityisesti itsestään lämpiävät tuotteet ovat kuljetusturvallisuuden kannalta kriittisiä. Tässä konferenssipaperissa tapausesimerkkinä oli puuhiilimateriaali, jolla on taipumus hapettua sopivissa olosuhteissa. Materiaalilla tehtiin niin kokeellisia tuloksia kuin simulaatioita Fire dynamics simulator-ohjelmistollakin. Session viimeisenä esitelmänä käsiteltiin merirosvouksen analysointia Bayes-verkkojen avulla (Ventikos et al. 2022). Merirosvous muodostaa suuren riskin merenkulkualan toimijoille. Esitelmän teemana oli esitellä digitaalista työkalua, jolla voidaan reaaliaikaisesti arvioida merirosvouksen aiheuttamaa uhkaa ja parantaa näin päätöksentekijöiden tilannekuvaa. Bayes-verkkojen käyttökokemuksia löytyy myös Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta, tosin tuolloin aiheena on ollut vieraslajien leviämisen ehkäiseminen (Luoma et al. 2022).

## RAKENNERATKAISUT JA TURVALLISUUSANALYYSIT (SESSIO 2.4, MARINE STRUCTURES - SAFETY AND RISK ANALYSIS)

PALAEMON- EU-projektissa kehitetään menetelmiä matkustaja-alusten evakuointitilanteita varten. Tällainen evakuointi on toteutettava nopeasti, hallitusti ja varmasti. Massiivinen evakuointi on aina vaikea toteuttaa ihmisten suuren määrän ja laivan sokkeloisuuden takia. Mikäli älylaitteiden tarjoamaa dataa voidaan hyödyntää evakuointitilanteessa paremmin, on evakuointia toteuttavan miehistön helpompi varmistua siitä, ettei esimerkiksi hytteihin tai muihin sokkeloihin ole jäänyt ihmisiä syystä tai toisesta. Tässä konferenssipaperissa esiteltiin osittain Bayes-verkkoihin perustuva malli, jonka tarkoituksena on parantaa tilannetta

johtavan toimijan tilannekuva evakuoinnin etenemisestä (Koimtzoglou et al. 2022). Toisen esitelmän aiheena oli vuotavan aluksen dynamiikan analysointi (Acanfora et al. 2022). Aluksen vakauden varmistaminen on kriittistä kaikissa sellaisissa onnettomuustilanteissa, joissa aluksen vesitiiviys syystä tai toisesta menetetään. Tällä on suuri vaikutus yleisesti pelastustoimenpiteisiin ja aluksen mahdollisen evakuointipäätöksen tekemiseen. Aluksen vakautta analysoitiin UNINA-ohjelmistolla.

Session viimeinen esitelmä käsitteli COVID-19-pandemian vaikutuksia meriteollisuuteen ja laivanrakennukseen (Taylan 2022). Esitelmä oli luonteeltaan kokoava vaikutuksista. Vaikutukset ovat kuitenkin suuria, sillä esitelmöitsijän mukaan 19.9.2022 mennessä maailmassa oli todettu noin 610 miljoonaa tautitapausta, joiden seurauksena kuolleita on yhteensä noin 6,5 miljoonaa henkeä. Maailmassa on noin 50 000 kauppalaivaa, joita operoivat miljoonat merenkulkijat. 80-90 % maailmankaupan tavaravirroista ja 70 % arvosta kuljetetaan meritse. Pandemian vaikutukset näkyvät merenkulkusektorilla erityisesti matkustajaliikenteessä ja telakkateollisuudessa: Erityisesti risteilyalusten seisontajaksot kasvoivat pandemian alkamisen jälkeen muutamasta prosentista yli 90 %:iin. Investoinnit uusiin aluksiin myös hidastuivat, mikä aiheutti taloudellisia haasteita monille telakoille, tosin alueelliset erot ovat suuria. Rahtiliikenteessä vaikutukset ovat olleet matkustajaliikennettä vähäisempiä.

## HYDRODYNAMIIKKA JA AKUSTIIKKA (SESSIO 1.5, HYDRODYNAMICS AND ACOUSTICS)

Hydrodynamiikkasessiossa käsiteltiin pääasiassa vedenalaista melua ja siihen liittyviä ilmiöitä. Ensimmäinen esitelmä käsitteli tandem-sylintereiden vedenalaisakustisia ominaisuuksia (Bulut & Ergin 2022), joita oli selvitetty kokeellisesti. Kokeiden ansiosta saatiin lisätietoa näiden sylinteriratkaisujen tuottaman melun monimutkaisesta luonteesta. Toisen esitelmän aiheena oli evämäisten propulsiolaitteiden tuottaman vedenalaisen melun tutkiminen (Malefaki et al. 2022). Tällaisia propulsoreja käytetään varsin vähän, mutta niiden tutkiminen on tärkeää kaikkien ominaisuuksien ymmärtämiseksi. Menetelmänä käytettiin FDTD-PML-numeerista simulointia. Session kolmannen esitelmän aiheena oli sukellusveneiden propulsiolaitteiden akustisten ominaisuuksien havainnointi (Kahraman et al. 2022). Erityispiirteenä tässä case-tutkimuksessa olivat elastisesti käyttäytyvät potkurit. Tulokset ovat luettavissa konferenssipaperista.

## UUSIUTUVA ENERGIA (SESSIO 1.6, OFFSHORE RENEWABLE ENERGY)

Uusiutuvan energian sessiossa käsiteltiin offshore-ympäristössä toteutettavia ratkaisuja. Sessiossa oli kolme esitelmää, joista ensimmäinen käsitteli laivojen runkorakenteissa hyödynnettävien tuuliväestimien vaikutuksia (Saydam et al. 2022). Esimerkkinä oli tankkeri,

jossa hyödynnettiin sivutuulta avustamaan aluksen kulkua. Sortokulmalla oli huomattavasti suurempi vaikutus tuulen hyödyntämismahdollisuuksiin verrattuna kölikulmaan. Joka tapauksessa alusrakenteiden tuulioptimointiin on tulevaisuudessa kiinnitettävä enemmän huomiota: ilmanvastusta on vähennettävä, mutta toisaalta hyödyllisistä suunnista puhaltavaa tuulta on syytä hyödyntää polttoainekulujen minimoimiseksi.

Session toinen esitelmä käsitteli merelle kelluville lautoille asennettavien aurinkopaneeli-järjestelmien kestävyyttä ja dynamiikkaa (Ćatipović et al. 2022). Tällaisten ponttonijärjestelmien on kestettävä vallitseva merenkäynti ja suolaiset olosuhteet. Toisaalta merelle sijoittamisen etuna on pilviä lukuun ottamatta esteetön auringonpaiste ja maapinta-alan säilyminen muuhun käyttöön. Ponttonijärjestelmästä oli luotu monikkapaledynaaminen malli, jolla analysoitiin kelluvien ponttonien käyttäytymistä. Lisäksi esitelmässä analysoitiin myös auringon säteilyn tehoa liikkuvien pintojen suhteen. Tämä on erityisesti merelle sijoitettujen paneelien erityispiirre, sillä käytännössä aina aallokkoa on vähintään sen verran, että paneelit liikkuvat säteilyvuon suhteen.

Session viimeisessä esitelmässä kerrottiin kelluvien, kooltaan jatkuvasti kasvavien tuulivoimaloiden aero- ja hydrodynaamisten analyysien tuloksista (Putra et al. 2022). Merituulivoimassa nähdään paljon potentiaalia vihreän siirtymän toteuttamiseksi. Menetelmää voidaan periaatteessa käyttää suoran sähköntuotannon lisäksi myös vedyn tuottamiseen, mikä tekee merituulipuistoista mielenkiintoisia myös mahdollisen vetytaloussiirtymän näkökulmasta. Esitelmässä käsiteltiin merituulivoimaloiden koon kasvattamista ja sen vaikutuksista voimalaitoksen aero- ja hydrodynaamisiin ominaisuuksiin. Voimaloiden koon kasvattaminen merkitsee suoraa tehon lisäystä, minkä vuoksi asia kiinnostaa sähköntuottajia merkittävästi. Samalla kuitenkin monet kokoon liittyvät tekniset haasteetkin kasvavat.

## KONEISTOT JA OHJAUS (SESSION 2.6, MACHINERY AND CONTROL)

Tässä sessiossa puheenjohtajana toimi Sirpa Rahiala Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta. Kaksi ensimmäistä esitelmää käsitelivät alusten moottoreihin liittyviä päästöjä ja hybridialusten akustojärjestelmien kehitystä (Emmersberger et al. 2022; Hochfellner et al. 2022). Hampurin yliopiston tutkija Baptiste Hochfellner (Hochfellner et al. 2022) esitti tutkimustuloksia öljypäästömekanismeista, joita Hampurissa oli tutkittu tekemällä mittauksia öljypäästöistä massaspektrometrillä sekä voitelukalvon paksuusmittauksia fluoresenssinetelmällä kaksoispolttoainemoottorissa. Tutkimuksessaan he havaitsivat moottorin mahdollisen nakutuksen tai siirtymisen diesel-tilasta kaasukäyttöön häiritsevän voimakkaasti öljykalvokerrosta ja aiheuttavan öljypäästöjen hetkellisiä huippuja. Keskustelussa tuli esiin, että tutkijat olivat myös mitanneet moottorin metaanipäästöjä ja havainneet niiden olleen merkittäviä, joten tutkimus jatkuu niidenkin parissa. Myös toinen Hampurin yliopiston tutkija Christian Emmersberger (Emmersberger et al. 2022) piti esityksen samassa sessiossa hybridilajvojen operointiprofilien aiheuttamista haasteista akun keston ennustamiseen;



tilastolliset menetelmät voivat johtaa virheelliseen akun käyttäytymisen mallintamiseen, kun taas tasoitettujen tehojen aikasarjat voivat johtaa akun käyttöä ylläpidon yliarvointiin. He esittävät konferenssipaperissaan ratkaisuksi kehittämäänsä tehostettua tilastollista menetelmää laivojen hybridivoimajärjestelmien mitoittamiseksi, joka ylittää yleiset toimintatapojen ajallista jakautumista käyttävät lähestymistavat. (Emmersberger et al. 2022)

Toisena aihekokonaisuutena oli miehittämättömien alusten reittien optimoinnin kehitys (Xiong et al. 2022; Wu et al. 2022). Esityksissä keskityttiin uusiin tai parannettuihin menetelmiin, joita oli kehitetty alun perin miehittämättömien lentokoneiden reittien suunnittelujärjestelmien parantamiseksi ja siten edistämään niiden autonomiaa. Yleinen ongelma reittien suunnittelussa on löytää suorin reitti kohdepisteeseen samalla välttämällä sekä staattiset että dynaamiset esteet. Esitetyt menetelmät mahdollistavat entistä paremman ja tehokkaan reittien suunnittelun monimutkaisissa ympäristöissä. (Wu et al. 2022)

## **TORSTAINA KÄSITELTIIN SATAMATOIMINTOJA, NAVIGOINTIA, INHIMILLISTÄ TEKIJÄÄ JA MERENKULUN KONETEKNIISIÄ TEEMOJA**

### **SATAMATOIMINNOT**

#### **(SESSION 1.7, PORT OPERATIONS AND GREEN PORTS)**

Satamatoimintojen kehittäminen liittyy läheisesti meriliikenteeseen. Session ensimmäinen esitelmä käsittelee Lissabonin Tagus-jokisuiston vesikuljetusmahdollisuuksien hyödyntämistä ympäristönäkökulmasta (Santos 2022). Vesikuljetusten ympäristövaikutuksia vertailtiin tieliikenteeseen erityisesti ilmapäästöjen osalta ja pohdittiin vesiliikenteen tarjoamia mahdollisuuksia useasta näkökulmasta (päästöt, talous, potentiaali). Tämä liittyy vahvasti EU:n tavoitteisiin hyödyntää paremmin sisävesireittejä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Toisessa esitelmässä pohdittiin tankkeriterminaaleissa tapahtuvien ei-toivottujen toimintojen taustatekijöiden määrittämistä (Yaman & Yildiz 2022). Tapausesimerkkinä oli Tuprasin satama. Erityisesti tankkeriliikenteessä odotusajat satamien ankkurointialueilla voivat joskus muodostua tarpeettoman pitkiksi. Tuolloin alus on tyhjänpanttina, kun se ei ole kuljettamassa tai noutamassa lastia. Tankkerikuljetuksien merkitys on tärkeää maailmantaloudelle myös tulevaisuudessa, ja siksi pientenkin tehostamistoimien avulla voidaan parantaa kuljetusketjujen tehokkuutta.

Session viimeinen esitelmä käsittelee alusten satamapäästöjen muodostumista (Ergin et al. 2022). Ylipäätään suurin osa alusten muodostamista päästöistä muodostuu alle 400 km päässä rannikolta, koskameriliikenne keskittyy rannikkoalueiden tuntumaan. Satamissa muodostuvat päästöt esimerkiksi apukoneiden käyttämisestä tai manöveeruksesta luokitellaan lähipäästöiksi asutuksen läheisyyden takia. Tämän vuoksi niiden haitallisuus on merkittävästi pahempi verrattuna vaikkapa avomerellä muodostuneisiin päästöihin.

Erityistä tässä tutkimuksessa oli merellä aluksilla toteutetut päästömittaukset. Aihe on erittäin mielenkiintoinen, sillä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa on myös tehty päästömittauksia ja tutkittu alusten todellisia päästöjä, esimerkiksi Meriliikenteen päästövähennystekniikoiden vertailu (MEPTEK)-hankkeessa.

## NAVIGOINTI JA INHIMILLINEN TEKIJÄ (SESSIO 2.7, NAVIGATION AND HUMAN FACTORS)

Navigoinnin ja inhimillisten tekijöiden session ensimmäinen esitelmä käsitteli kansainvälisessä merenkulussa käytettyä yhteisen haverin käsitettä ja siihen liittyviä ongelmia. Yhteinen haveri (general average) on säännöstö, jolla jaetaan poikkeuksellisista vahingoista aiheutuvia kuluja merenkulun toimijoiden, kuten rahdin ja laivan omistajan, välillä. Yhteinen haveri eroaa yksityisen haverin säännöstöstä (particular average). Kun kyseessä on yksityinen haveri, kuluista vastaa aina vahingon aiheuttaja. (Marinova 2022.)

Yhteinen haveri koskee merenkulussa tilannetta, jossa tehdään esimerkiksi taloudellisia uhrauksia suuremman vahingon välttämiseksi (Marinova 2022). Ääriolosuhteissa esimerkiksi osa rahdista voidaan joutua heittämään mereen, jotta alus ei uppoaisi. Tällaisia tapahtumia ei voida ennakoida etukäteen. Yhteishaverin kansainvälinen sääntely perustuu pääosin York Antwerp Rules -säännöstöön (YAR) (Marinova 2022). Tästä huolimatta yhteishaveria koskevat kansalliset lait poikkeavat toisistaan, mikä on Marinovan (2022) mukaan ongelmallista. Marinovan (2022) tutkimus keskittyi etenkin Bulgarian yhteishaveria koskevaan lainsäädäntöön. Tutkijan mukaan Bulgarian säännöstöä tulisi päivittää siten, että se olisi paremmin linjassa kansainvälisen YAR-säännöstön kanssa. Tämä konferenssipaperi on esimakua laajemmasta aiheesta koskevasta tutkimuksesta, joka voisi auttaa lainsäädännön parantamisessa.

Session toinen esitelmä käsitteli Riianlahden silakkakantoja koskevaa tutkimusta ja sääntelyä. Silakka on kaupallisesti tärkeä kalalaji Itämerellä. Alueen silakkakantojen kalastusta säädellään Euroopan Unionin yhteisellä kalastuspolitiikalla (engl. EU Common fisheries policy, CFP), jonka tavoitteena on pitää kalakannat elinvoimaisina pyynnistä huolimatta. Käytännössä tämä tapahtuu asettamalla kalastuskiintiöitä (engl. Total allowable catch, TAC), joiden määrittäminen puolestaan perustuu tutkittuun tietoon kalapopulaatioiden koosta ja muista ominaisuuksista. Riianlahden silakkakannan koko on vaihdellut vuosikymmenten saatossa (Raid et al. 2022). Vuosina 2016–2020 kutukannan koko kasvoi kuitenkin ennätyksellisen korkeaksi, mikä kiellii onnistuneesta kalastushoidosta alueella. Kalastuksen menestyksestä sääntelyä vaikeuttaa kuitenkin se, että tutkimustiedon kerääminen kalapopulaatioista on haasteellista ja kallista. Epävarmuudet datassa puolestaan vaikeuttavat kalastuskiintiöiden määrittelyä. Esitelmässä painotettiin, että tulevaisuudessa on tärkeää kehittää uusia tutkimusmetodeja, joiden avulla kalakannoista saataisiin täsmällisempää tietoa kalastusta koskevan päätöksenteon tueksi.

Viimeisen esitelmän aiheena oli rannikon eroosion ja tulvien torjunta kasvillisuuden avulla (Vergiev 2022). Eroosion ja tulvien riski rannikoilla on kasvanut viime vuosikymmeninä muun muassa merenpinnan nousun ja lisääntyvien myrskyvuoksien myötä. Rannikot suojaavat sisämaan asutuksia tulvilta ja tarjoavat tärkeitä elinympäristöjä monille uhanalaisille eliöille. Vergievin (2022) mukaan kasvillisuuden istuttaminen on suositeltava keino ehkäistä rannikoiden eroosiota ja tulvimista. Kasvien juuret torjuvat eroosiota sitomalla hiekkaa ja ehkäisevät tulvia sitomalla vettä. Samalla kasvillisuus sitoo hiiltä ja lisää biodiversiteettiä päinvastoin kuin ihmisen rakentama infrastruktuuri, jolla pyritään suojelemaan alueita tulvilta. Esitelmässä käsiteltiin eri kasvilajien kykyä torjua eroosiota ja tulvia Bulgarian alueella Mustanmeren rannikolla. Lajit kuuluivat heinäkasveihin (poaceae), sarakasveihin (cyperaceae) tai asterikasveihin (asteraceae). Tutkimuksen perusteella heinäkasvit torjuivat eroosiota parhaiten. Kaikilla tutkituilla kasveilla oli kuitenkin huomattava kyky ehkäistä eroosiota ja tulvia.

## **MATERIAALIT JA SUUNNITTELU (SESSIO 1.8, MATERIALS AND DESIGN)**

Session ensimmäisessä esitelmässä käsiteltiin akryylirunkoisen turistikellusveneen rakenneanalyysiä (Parunov et al. 2022). Tällaisia sukellusvenettä voidaan käyttää vedenalaiseen kokemusmatkailuun akryylin mahdollistaessa vedenalaisen ympäristön tarkkailun. Toisen esitelmän aiheena olivat evämäiset propulsioratkaisut ja niiden dynaaminen rakenneanalyysi (Anevlavi et al. 2022). Nämä molemmat olivat sisällöltään tutkimusta, jossa etsittiin selkeästi uusia avauksia nykyisiin teknologioihin verrattuna. Kolmas esitelmä käsitteli alusten eristemateriaalien energiatehokkuutta tavoitteena pienentää näin alusten energiankulutusta ja tätä kautta ympäristövaikutuksia (Palomba et al. 2022). Eristemateriaalien tarve koskee niin lämpimiä kuin kylmiäkin alueita: Lämpimillä alueilla alusten sisätilat on tarkoitus pitää mukavan viileinä ilmastointilaitteiden avulla ja huonosti toimivat eristeet vaativat ilmastointilaitteilta suurempaa tehoa. Vastaavasti kylmillä alueilla sisätilojen lämmittäminen ja lämmön pysyminen sisätiloissa on oleellista. Eristemateriaalitestien tulokset ovat luettavissa konferenssipaperista (Palomba et al. 2022).

## **KONEISTOT JA OHJAUS (SESSION 2.8, MACHINERY AND CONTROL)**

Tämän session puheenjohtajana toimi Taru Tanhuanpää Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta. Kaksi ensimmäistä esitelmää käsitelivät hukkalämmön talteenottoa. Bobur ja Ergin (2022) tutkivat hukkalämmön talteenottoa lämpösähköisellä generaattorilla. Tutkijat tarkastelivat sitä, miten eri materiaalit ja meriveden lämpötilat vaikuttavat lämpösähköisen generaattorin kykyyn muuttaa hukkalämpöä sähköenergiaksi. Toinen esitelmä käsitteli Akmanin ja Erginin (2022) tutkimusta, joka liittyi ORC-systeemiin (organic rankine cycle) perustuvaan hukkalämmön talteenottoon. Heidän tutkimuksensa tarkasteli myös systeemin

investointikustannuksia sekä ympäristövaikutuksia. Polttoaineiden tuottamasta energiasta arviolta noin puolet häviää hukkalämpönä, minkä vuoksi hukkalämmön talteenotto on merkittävä keino parantaa alusten ja ylipäätään polttoon perustuvien moottoreiden energiatehokkuutta (Akman & Ergin 2022; Bobur & Ergin 2022). Session viimeinen esitelmä käsitteli ruiskusuuttimien virtauksen hydrodynaamista toimintaa palontorjunta-aluksissa käytettävissä vesitykeissä (Bilir et al. 2022). Nämä ovat tavallisia satamaympäristössä, ja usein satamahinaajatkin on varustettu vesitykein. Esitelmässä perehdyttiin virtauksen simulointiin käyttäen numeerista CFD-menetelmää ja vertailtiin erityyppisiä suuttimia erilaisissa käyttöolosuhteissa. Suuttimien kehitystyöllä mahdollistetaan muun muassa vesisuihkun kantaman pidentäminen ja suuttimien parempi kestävyys yhdistettynä erityyppisiin suihkumuotoihin.

Acanfora, M., Altosole, M., Coppola, T. & Martino, R. 2022. A comprehensive description of the FloodW simulation code and its applications. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Akman, M. & Ergin, S. 2022. Thermo-economic optimization of an ORC system for a dual fuel marine engine. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Altarriba, E. & Halonen, J. 2019. Onboard measurements to verify biofouling effect on ship performance. In Georgiev & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 18<sup>th</sup> international congress of the maritime association of the Mediterranean (IMAM 2019, Varna, Bulgaria, 9–11 September 2019). CRC press: London.

Altarriba, E., Rahiala, S., Tanhuanpää, T. & Piispa, M. 2022. Developing sustainable shipping and maritime transport: Multi-criteria analysis between emission abatement methods. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Anevlavi, D. & Belibassakis, K. 2022. Flapping-foil thruster design with optimal flexural rigidity profile based on a coupled BEM-FEM model. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Barsotti, B. & Gaiotti, M. 2022. Cumulative buckling deformation of stiffened panel under cyclic loading. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Bilir, A.C., Dođrul, A. & Vardar, N. 2022. A comprehensive study on flow conditioner design working in a Fi-Fi monitor. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Bobur, F. & Ergin, S. 2022. Thermal analysis of thermos-electric power generation system for the waste heat recovery from a marine diesel engine aboard a handymax-size tanker. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Bulut, S. & Ergin, S. 2022. Experimental investigation on the hydro-acoustic characteristics of tandem cylinders. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Ćatipović, I., Ilić, L., Mikulić, A. & Smoljan, D. 2022. Seakeeping assessment of a floating object with installed photovoltaic system. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Corigliano, P., Calabrese, L. & Crupi, V. 2022. Salt spray fog ageing of Al/Steel structural transition joints for shipbuilding. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Emmersberger, C.H., Carstensen, B., Lübcke, A. & Krüger, S. 2022. The necessity of time-based calculations for dimensioning of hybrid power supply systems of ships within the early design stage. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Ergin, S., Mocerino, L. & Quaranta, F. 2022. Possible approaches to the study of the emissions from ships during their operations in ports. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Gasemzadeh, M., Mokhtari, M. & Kefal, A. 2022. Localized corrosion damage prediction of steel plates in marine applications using quadrilateral inverse-shell elements based on iFEM. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Georgiev, P., Naydenov, L. & Garbatov, Y. 2022. Carbon emissions from container shipping in the Black Sea. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Guedes Soares, C. 2022. Trends of digital and intelligent technology development in the shipping industry. Presentation in 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022) 26–29 September, Istanbul, Turkey.

Hochfellner, B., Wirz, F., Pryymak, K., Preuss, A.C. & Matz, G. 2022. Investigation of oil emission mechanisms in a marine medium-speed dual-fuel engine. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Incecik, A. 2022. Ocean science and marine technology research and education for sustainable utilization of ocean resources. Presentation in 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022) 26–29 September, Istanbul, Turkey.

International maritime association of the Mediterranean IMAM. 2019. 18th International congress of the international maritime association of the Mediterranean. 9–11 September, Varna, Bulgaria. available at URL: <http://www.imamhomepage.org/imam2019/>.

International maritime association of the Mediterranean IMAM, 2022. 19th International congress of the international maritime association of the Mediterranean. 26–29 September, Istanbul, Turkey. web: [imam2022.itu.edu.tr](http://imam2022.itu.edu.tr)

Kahraman, I., Bilici, G., Tunca, E., Azrak, T.R., Kutlu, A. & Uğurlu, B. 2022. Vibroacoustic noise estimation of a combined elastic submarine-propeller system subjected to the self-propulsion conditions. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Koimtzoglou, A., Themelis, N., Ventikos, N., Louzis, K., Koimtzoglou, M.A., Giannakis, K., Panagiotidis, P., Ramiro, M., Peña, J., Fernández, D.G., Ruiz, J., Gardel, A., Kavassalis, P., Traintafyllou, N. & Ksystra, K. 2022. Assessing the risk during mustering in large passenger vessels: A digital tool for real time decision support. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Kotb, M., Banawan, A., Ahmed, Y. & Shaaban, E.O. 2022. Finite element and economic analysis of buckle arrestors on marine pipeline. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Luoma, E., Laurila-Pant, M., Altarriba, E., Nevalainen, L., Helle, I., Granhag, L., Lehtiniemi, M., Srebalicene, G., Olenin, S. & Lehikoinen, A. 2022. A multi-criteria decision analysis model for ship biofouling management in the Baltic Sea. *Science of the total environment*. 852, article 158316.

Malefaki, I., Karperaki, A. & Belibassakis, K. 2022. Modelling underwater noise propagation emitted from oscillating lifting surfaces. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Marinova, D. 2022. On some issues related to general average in international maritime transport. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Palomba, G., Crupi, V. & Palomba, V. 2022. Analysis of energy-efficient materials for vessels environmental impact reduction. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Papoutsis, I., Koromila, I., Themelis, N. & Spyrou, K. 2022. Steps towards a systematic analysis and prevention of fires onboard containerships. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.



Parunov, J., Ćorak, M., Šperanda, Z. & Čokić, J. 2022. Structural analysis of tourist submarine with acrylic hull. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Putra, M.J., Oğuz, E. & Uzol, N.S. 2022. Coupled aerodynamic and hydrodynamic analyses of upscaled floating offshore wind turbines. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Raid, T., Sepp, E., Kaljuste, O., Strods, G., Putnis, I., Plikshs, M., Hommik, K. & Arula, T. 2022. Management of the Gulf of Riga herring (Baltic Sea): Lessons learned and challenges ahead. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Santos, T. 2022. Greening the logistics of container transportation to port terminals using inland waterways. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Saydam, Z., Küçüksu, G., Insel, M. & Gökçay, S. 2022. Investigation of the influence of wind assisted propulsion devices on hull design. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Spandonidis, C.C., Theodoropoulos, P., Pariotis, E.G., Zannis, T.C., Polyzos, S., Alexiou, K., Konstantaras, J., Koukou, M. & Vrachopoulous, M.Gr. 2022. Meta-data analysis, prospects, challenges, and a roadmap for optimal ship energy management using a digital twin. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Taylan, M. 2022. Impact of COVID-19 on shipbuilding and shipping industry. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Ventikos, N., Koimtzoglou, A., Michelis, A., Rammos, A., Kopsachelis, I. & Androulakis, I. 2022. Utilizing Bayesian networks for the crisis classification during piracy or armed robbery incidents on passenger ships. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Vergiev, S.I. 2022. Comparative study of the capacity of native to the Bulgarian Black Sea coast plant species for erosion and flooding control of coastal areas. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Vladimir, N., Senjanović, I., Jovanovic, I., Tomašević, S. & Jurišić, P. 2022. Assessment of structural integrity of an aged ship during towing in waves. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Wu, W., Xiong, C., Guo, X. & Zhao, D. 2022. Improved particle swarm optimization and DDQN algorithm for multi-UUV path planning. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Xiong, C., Wu, R., Wu, W. & Zhao, D. 2022. Path planning for USV based on artificial potential field approach with learning automata. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Yaman, T.T. & Yildiz, M.Ö. 2022. Determining effects of controllable factors on flawness operations of tanker terminals: Tupras case study. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

Zhao, D. 2022. Flexible information integration architecture based on cloud native technologies for large cruise ships. In Ergin & Guedes Soares: Sustainable development and innovations in marine technologies: Proceedings of the 19<sup>th</sup> international congress of the international maritime association of the Mediterranean (IMAM 2022, Istanbul, Turkey, 26–29 September 2022). CRC Press: London.

