



# **MERILOGISTIIKAN TUTKIMUSKESKUKSEN KOHDENNETUILLA TOIMILLA MERI-, LOGISTIikka- JA HUOLTOVARMUUSOSAAMISTA JA YRITYKSILLE KASVUA SATAKUNNASSA**

MeriLoki-hankkeen loppuraportti

Pyry Lähde, Kalle Toivonen, Sami Skog, Heikki Koivisto,  
Susan Råberg-Vikkula, Minna M. Keinänen-Toivola

Satakunnan ammattikorkeakoulu  
RAUMA 2023



Hanke: EAKR MeriLoki Merilogistiikan tutkimuskeskuksen kohdennetuilla toimilla meri-, logistiikka- ja huoltovarmuusosaamista ja yrityksille kasvua Satakunnassa.

Kirjoittajat: Pyry Lähde, Kalle Toivonen, Sami Skog, Heikki Koivisto, Susan Råberg-Vikkula, Minna M. Keinänen-Toivola

Satakunnan ammattikorkeakoulu | Satakunta University of Applied Sciences  
Sarja B, Raportit 8/2023  
ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-383-3 (PDF)

© Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
PL 1001, 28101 PORI  
[www.samk.fi](http://www.samk.fi)

Graafinen suunnittelu ja taitto: SAMK Viestintä / Reetta Vhä-Aho  
Kansikuva: AaVekellari

Satakunnan ammattikorkeakoulun julkaisut ladattavissa: [theseus.fi](http://theseus.fi)

Hanke on rahoitettu REACT-EU-välineen määrärahoista osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

# Sisältö

Tiivistelmä .....	5
1. Johdanto .....	6
2. Käytännön toteutus.....	8
3. Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	13
Yhteenveto.....	59
Lähteet .....	60

## Tiivistelmä

Merilogistiikan tutkimuskeskus aloitti toimintansa vuonna 2021. Keskukseen tehtäviä ovat tutkimustoiminta ja tuote- sekä palvelukehitys kansallisessa ja kansainvälisessä toimintaympäristössä ainutlaatuisella konseptilla. MeriLoki-hankkeen tuloksena tutkimuskeskuksen toimintaa vahvistettiin ja vakiinnutettiin kattavasti Satakunnassa. MeriLoki-hankkeessa tehtiin vahvaa yhteistyötä maakunnan logistiikka-alojen toimijoiden kanssa niin digitalisaation, vihreän kasvun kuin huoltovarmuudenkin teemoissa. Yhteistyön avulla edesautettiin ja tehostettiin Satakunnan logistiikan toimintaa siirtymässä kohti digitaalista yhteiskuntaa sekä parannettiin elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä kilpailukykyä luomalla. Digitalisaatio, vihreä kasvu ja huoltovarmuus asiakokonaisuuksina vaikuttavat vahvasti käynnissä olevaan työelämän murrokseen myös Satakunnan logistiikan toimijoille. Nämä kolme asiakokonaisuutta ovat erilaisia teemoja, jotka niin täydentävät ja mahdollistavat toinen toisiaan. Esimerkiksi digitalisaation avulla logistiikkaketjut löytävät lisää työkaluja vihreän siirtymänsä tukemiseen ja digitalisaation avulla saadaan huoltovarmuus taattua aivan eri tavalla kuin ilman digitalisaation hyödyntämistä työkaluna.

# 1. Johdanto

Teollisuuden rakenteellinen muutos digitalisaation ja kasvavien ympäristövaateiden myötä on haastanut vientivetoisen Satakunnan maakunnan kehityksen. Muutos on myös tarjonnut lukuisia kasvun mahdollisuuksia merenkulun osaamisen, logistiikan ja huoltovarmuuden teemoissa. Koronapandemian vaikutukset sekä 2022 alkuvuonna syttyneen Venäjän hyökkäyssodan negatiivisten vaikutusten minimoiminen ja mahdollisuuksien optimoiminen osoittautuivat oleelliseksi osaksi paitsi hanketta myös tarpeelliseksi keinoksi vastata maakunnan yritysalamän muuttuviin tarpeisiin.

Satakunnassa toimii useita satoja yrityksiä eri logistiikkaketjujen käyttäjinä tai niihin liittyvien palveluiden tarjoajina. Satakunta on niin sanotusti kokoaan suurempi maakunta. Satakunta tuottaa 6,9 prosenttia maamme ulkomaan kaupan arvosta, vaikkakin väestöosuutemme on 4 prosenttia. Merkittävin ala on teknologiateollisuus: metallien jalostus, telakka ja konepajat. Muita tärkeitä aloja ovat kemiallinen metsäteollisuus, sahateollisuus ja elintarviketuotanto. Kaikki alat suuntautuvat vientiin. (Kasvun mahdollisuus - Satakunnan tavoitteet ja toimenpiteet koronapandemiasta toipumiseen ja uuteen kasvuun -raportti 14.12.2020). Satakunnan satamien osuus viennistä ja tuonnista on väestöosuuteen nähden 2,3 - kertainen. Lisäksi Satakunnassa tuotetaan Suomessa tarvittavasta energiasta lähes 30 prosenttia ja osuus on Olkiluoto 3 myötä kasvamassa edelleen vahvasti.

Meri- ja maalogistiikka takaavat turvallisen ja sujuvan kuljetuslogistiikan ja ovat vahvana osana niin maakunnallista kuin kansallistakin huoltovarmuutta kaikissa olosuhteissa. Vientivetoisen maakunnan menestys ja toipuminen koronakriisistä nojautuu luotettaviin ja ennustettaviin liikenneyhteyksiin ja tavarankuljetusketjujen toimivuuteen. Maakunnalla on keskeinen ja merkittävä rooli huoltovarmuuden takaajana oman maakunnan lisäksi myös esimerkiksi Pirkanmaan maakunnalle. Logistiikkaketjujen riskit ja hallinta ovat muuttuneet ja ovat edelleen murroksessa ulkoisten uhkien, kuten pandemia, ja sisäisten muutosten, kuten digitalisaation myötä. Uudet riskit ja hallinnolliset muutokset sekä kriteerit on tunnistettava ja niihin on kyettävä vastaamaan.

COVID-19 pandemian aiheuttaneesta poikkeuksellisesta tilanteesta ulospääsyä on pohdittu ja toteutettu vahvasti eri puolilla maailmaa. Kuitenkin ulkoisiin ja sisäisiin uhkiin varautuminen ja siten toimintavarmuuden parantaminen uusien teknologioiden avulla oli vielä laajasti kartoittamatta hankkeen käynnistyessä. Hankkeessa kyseisiä teemoja asiakokonaisuuksineen

nostettiin ja tutkittiin kattavasti Satakunnan toimijakentässä yhdessä heidän kanssaan. Digitalisaatiolla ja uusilla teknologioilla haetaan yleisesti välittömiä kustannussäästöjä, tehostamista ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä, mutta hankkeen edetessä pystyttiin tuomaan esille digitalisaation vieläkin monipuolisempia hyötyjä toimijoille. Tavoiteltaessa parempaa lopputulosta kukaan ei ollut kiinnittänyt huomiota ei-toivottujen lopputulemien välttelyn merkitykseen. Mitä tehokkaampaa oikea-aikainen ("just-in-time") toiminta on, sitä herkemmin haavoittuva logistiikkaketju on. Taloudelliset seuraamukset poikkeamilla ovat myös vakavammat.

Raporttiin on koottu MeriLoki-hankkeen käytännön toimenpiteet, tulokset sekä jatkoehdotukset uusille tuotteille, palveluille ja hankkeille, jotka luovat mahdollisuuksia varmistaa merenkulun, logistiikan ja huoltovarmuuden kehittämisen ja ylläpidon jatkuvaa kehitystä maakunnassa.

## 2. Käytännön toteutus

Käytännön työ tehtiin työpaketeissa (TP). Työpaketit olivat: TP1 Projektihallinto, TP2 Hankeviestintä, TP 3 Merilogistiikan tutkimuskeskuksen kohdennetut toimet ja toiminnan vahvistaminen, TP4 Maakunnallinen yhteistyö logistiikka-alan tahojen digitalisaation ja vihreän kasvun teemoissa, TP5 Maakunnallisten logistiikkaketjujen optimointi digitalisaatiohankkeilla ja TP6 Simulaatioiden ja automaation käyttö logistiikkaketjujen prosessien optimoinnissa ja validoinnissa. Tässä raportissa on koostettu TP3-TP6 toteutus ja tulokset.

Hankkeen työskentelymenetelminä olivat aineiston kerääminen, olemassa olevan materiaalin aineiston läpikäynti, toimijoiden kanssa kommunikointi ja tapaamiset, ohjeistuksien tekeminen, skenaariotyöskentelyt ja tilaisuuksien sekä webinaarien järjestäminen. Hankkeessa kontaktoitiin paljon toimijatahoja Satakunnan alueella olemassa olevaa yhteistyötä vahvistaen ja uusia yhteistyökumppanuuksia synnyttäen. Hankkeen toteuttajana SAMKilla on laajat kontaktit ja konkreettista yhteistyötä maakunnan eri toimijoiden kanssa. Yhteistyötahoja olivat viranomaiset, oppilaitokset, kauppakamarit, kehittämissyhtiöt, kunnat, media, yhdistyksien, järjestöjen ja alueen kansanedustajat. MeriLoki hanke pohjautui aiempiin tutkimuksiin ja niissä kertyneisiin maakunnallisiin ja kansainvälisiin tutkimustuloksiin. MeriLoki-hankkeen tulostavoitteet toteutettiin yhdistämällä hankkeessa haastatellut alan toimijat ja asiantuntijat sekä Satakunnan ammattikorkeakoulun henkilöstön sekä yhteistyöelimiä osaaminen ja kokemustausta. Pohjana oli myös Merilogistiikan tutkimuskeskuksen kehitystyö koskien Port Activity App- satamasovellusta, joka on käytössä 20 satamassa ja merilogistiikan toimialueella Suomessa ja Ruotsissa.

Hankkeen toteutusmenetelmäksi valittiin kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä ja tutkimuksellinen osuus toteutettiin aineistolähtöisesti induktiivisen tieteellisen päättelymenetelmän pohjalta. Hankkeen lähdeaineiston kirjallinen osuus valittiin hankkeen aikana monipuolisesti eri merilogistiikkaan liittyviä lähdeaineistoja läpikäymällä. Hankkeen asiantuntijat tutkivat aihekokonaisuuksia oman taustaosaamisen kautta. Hankkeen projektitiimi teki pohjustustyön, jossa arvioitiin kirjallisen materiaalin sisäinen ja ulkoinen validiteetti sekä reliabiliteetti. Hankkeen haastattelujen, verkostojen sekä kirjallisen ja hankkeessa tuotetun uuden tutkimustiedon tietoperustan yhdistävällä raportilla luotiin konsepti, joka yhdistää maakunnallisesti keskeiset merilogistiikan toimijat.



Tutkimustyö hankkeen alussa perustui sekundäärisiin tutkimusmenetelmiin. Niitä seuranneissa primääreissä tutkimusmenetelmissä tutkimusmenetelmien lähtökohtana oli tutkittavien ilmiöiden (merilogistiikan digitaalisuus, vihreä kasvu logistiikassa sekä huoltovarmuus tapauksena Satakunta) kokonaiskuvan selvittäminen Satakunnassa. Digitaalisista käytännöistä haettiin logistiikkakentältä kokemustaustaa ja tutkimuslaitoksen logistinen osaaminen ja vahva tausta sähköisten alustojen kehitysosaamisesta jalkautettiin yrityskentän tietoisuuteen. Kartoittavan tutkimusotteen kautta laadittiin yleiskuva logistiikkaketjujen ja teollisuuden 3D-osaamisesta, simulaationäkökulmista, älykkäistä meriväylistä sekä huoltovarmuuteen liittyvästä kokonaisuudesta maakunnassa.

Hankkeessa tunnistettiin yritysten kehitystarpeita teknologianäkökulmasta mm. teknologian tiedonsiirron näkökulmasta osana Tuotantokäyttöön johtavia vihreää kasvua tukevia digitalisaatiokokonaisuuksia. Eri teknologian osa-alueita hyödyntäen ja liiketoimintaansa integroiden yrityksillä on mahdollista omalla kehitystyöllään tehdä tuotantokäyttöön johtavia ratkaisuja hankkeeseen valituissa teemoissa:

- etäluotsaus ja älyväylät
- uusien meriteknologisten ratkaisujen digitaalinen testausympäristö.
- merilogistiikan prosessien optimointi.

Hankkeessa osallistuttiin projektitiimin toimesta useisiin erilaisiin merilogistiikan toimijakentän tilaisuuksiin (Kuva 1), ja kohdattiin alan toimijoita ja vaikuttavia tahoja niin messuilla kuin paikallisissa tapahtumissa. Keskusteluissa käytiin vahvasti läpi vallitsevaa maailman tilannetta vaikutuksineen logistiikkaan ja muutoksia merilogistiikan operatiivisen ja hallinnollisen toiminnan saralla digitalisaation ja vihreän siirtymän teemoissa.



*Kuva 1. Merilogistiikan tutkimuskeskus oli vahvasti edustettuna Turussa Navigate-messuilla 4.6.2022. Messuilla saimme uusia yhteistyökontakteja aloitettua ja käytyä monipuolisia keskusteluita merilogistiikan tulevaisuudesta niin Satakunnassa kuin maanlaajuisestikin. (Susan Råberg-Vikkula)*

MeriLoki-hanketta varten haastateltavat asiantuntijatahot ja -organisaatiot kartoitettiin tarkastamalla yrityskohtaisia julkisia tietokantoja, yritysten verkkosivuja sekä tapaamalla haastateltavia Satakunnassa järjestettävissä logistiikkasektorien tilaisuuksissa. Myös Satakunnan Ammattikorkeakoulun Rauman Merimäen toimipisteessä järjestettiin hankkeen aikana useampi yritysvierailu, jossa yrityksen edustajat saivat perehtyä simulaattorimaailmaan ja tarkastella simulaattorien mahdollisesti lisääntyvää roolia tilanteissa, joissa esimerkiksi laitteistosuunnittelijat haluavat nähdä laitteistojen integroidun toiminnan käytännön laivatyössä joko konevalvomosimulaattoria tai komentosiltasimulaattoria tarkastellen. Yritysvierailut rakennettiin pääsääntöisesti Satakunnan ammattikorkeakoulussa merenkulun simulaattoreissa, joissa tarkemmin kuvattiin MeriLoki-hanketta ja esiteltiin erilaisia simulaattoreiden käyttömahdollisuuksia kansisimulaattoreissa ja konehuonesimulaattoreissa. Esittelyihin osallistui simulaattorivastaavat. Yritysten kanssa oli myös vastavierailuja heidän toimitiloissaan. Yritysesittelyn lisäksi hankkeessa tutustuttiin esimerkiksi potkuriakselin osien koneistusvaiheisiin tuotantolaitoksessa, perehdyttiin 3D-tulostuksen mahdollisuuksiin alustelakoinneissa ja tarkasteltiin korkeakoulun ja yritysten välisiä yhteistyömahdollisuuksia. Lisäksi hankkeessa haastateltiin maakunnallisia energia-alan osajia huoltovarmuuden teemoissa ja luotseja

sekä merenkulun ammattilaisia älykkäistä ratkaisuksista sekä etäluotsauksen ja autonomisen merenkulun teemoissa.

Haastatteluissa huomioitiin hankkeen suunnitelmassa määritelty hankkeen kohderyhmä. Haastateltava joukko koostui laajasti tulkittuna merilogistiikkaan liittyvät toimijat. Haastatteluihin osallistui myös edustajia tutkimus- ja koulutusorganisaatioista sekä maakunnan paikkakunnilta. Haastattelijoille otettiin yhteyttä televiestimillä tai sähköpostitse. Hankkeen aikana tilastoitiin yhteensä 47 yhteydenottoa, joista 40 % osallistui hankkeeseen haastattelun, palaverin tai laajempien tulevaisuuden yhteistyökuvioiden muodossa. Haastattelut suoritettiin Microsoft Teams-yhteydellä tai paikan päällä yritysten toimitiloissa tai Satakunnan ammattikorkeakoulun Rauman kampuksella. Haastatteluille varattiin aikaa yhdestä kahteen tuntia ja osaa asiantuntijoista haastateltiin kaksi kertaa, jos yritysten liiketoiminnan suuntautumiset nähtiin niin laajoina, että yhden haastattelutilanteen pohjalta ei saataisi riittävän monipuolista haastatteluaineistoa.

Alkutilanteessa hankittujen yritys- ja toimijapohjaisten kontaktien jälkeistä verkostoa lisättiin hyödyntäen lumipallo-otannan menetelmää. Haastatteluista ja keskusteluista koostettiin tarkkarajainen litterointi. Asiantuntijoilta tiedusteltiin sopivia osajia kuvailemaan maakunnallisen logistiikkaketjun sähköistymisen tarveperustaa. Toimintamallina oli saada toimijakenttää ja yritysverkostoa kartoitettua niin pitkälle, kun uusia asioita havaittiin hankesuunnitelmassa laadituin reunaehtojen mukaisesti.

Haastattelijoukko rajattiin yrityksiin, joiden taloustiedoissa mainittuun toimialaluokitukseen lukeutuu yksi tai useampi seuraavista asiasanoista: huolinta, rahtaus, varastointi, kuljetus, kulunvalvonta, laivasuunnittelu, konepajateollisuus. Toimijoiden joukon rajaukset tehtiin hankkeen alussa tehdyn hankesuunnitelman pohjalta hankepaikkakuntiin ja niissä vaikuttaviin teollisuuden tai logistiikka-alan toimijoihin. Yritys hyväksyttiin haastateltavaksi myös, kun se on ollut kehittämässä maakunnalliseen logistiikkaan liittyviä sähköisiä järjestelmiä tai yrityksen ja toimijan rooli arvioitiin merkittäväksi kokonaislogistiikan arvoketjuille. Mikäli toimijoiden tausta liittyi Satakunnan huoltovarmuuden selvitystyöhön, logistiikan vihreään kasvuun maakunnassa tai soveltavaan digitaaliseen tai robotiikkaan tai älykkään teknologian kehitystyöhön kokonaislogistiikkaketjuissa, haastateltiin toimijoita Satakunnan logistiikan kasvusuuntiin liitettyjen teemojen yleiskuvan saamiseksi.

Suoranaisesti pilottiteemoihin osuvien yritysten valinnalla huomioitiin yritysten pääkonttorin sijainti Satakunnassa tai sidosryhmiltä tarkastettiin, että yritysten elinkeinoelämällä on sidos Satakuntaan. Yrityksillä tuli olla joko liiketaloudellista toimintaa Satakunnassa tai haastateltavilta varustamoilta vaadittiin, että aluskäyntejä Satakunnan satamiin on keskimäärin arvioituna

vähintään kerran kuukaudessa viimeisen kolmen vuoden tarkastelujaksolla. Teollisuuden yrityksiltä vaadittiin, että yritysten teollista tuotantoa on fyysisesti sijoitettu Satakunnan alueelle. Yrityksiin ja toimijoihin perehdyttiin ennen haastatteluja yritysten verkkosivujen, yritysten toimialakohtaisten tietojen ja mediatiedotteiden sekä erilaisten julkaisujen pohjalta.

Tutkimuksen merkitys soveltavana tutkimuksena tuotiin haastateltaville esille. Haastattelut jakautuivat sekä puolistrukturoituihin teemahaastatteluihin että avomiin haastatteluihin. Teemahaastattelukäytäntöä sovellettiin selkeästi pilottiteemojen yrityskentän puolella toimivien haastateltavien tutkimusmenetelmänä. Tarkoituksena oli saada toimijoilta mahdollisimman suuri yleisotos koko logistiikkaketjuista objektiivisen ja empiirisen tarkastelun kautta. Haastatteluista muodostettiin yhteenveto, josta kartoitettiin selkeästi toistuva tematiikka logistiikkaketjuissa ja ymmärrettiin digitaalisuuden laajempi ilmiö maakunnassa. Samojen teemojen tuli toistua vähintään viisi kertaa eri haastateltavien kautta, jotta mainitut asiat huomioitiin raportin koostamisessa.

## 3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

### Satakunnan logistiikka ja huoltovarmuus

Logistiikka on osa yhteiskunnan kriittistä infrastruktuuria ja palveluja, jotka muodostavat perustan huoltovarmuudelle (Taulukko 1). Logistiikalla on tärkeä merkitys Suomen kaltaiselle maalle, joka on kaukana pohjoisessa sijaitseva "saari". Tämä huoltovarmuuden merkitys korostuu myös maakuntana Satakunnalle, koska se sijaintinsa puolesta on vahvasti myös muiden sisämaassa sijaitsevien maakuntien huoltovarmuuden tausta. Suomen ulkomaankaupasta 80-90 prosenttia kuljetetaan meriteitse, minkä vuoksi merikuljetusten toimivuus on logistiikan varautumisen painopistealueita. Tie- ja rautatiekuljetuksilla on tärkeä rooli satamien ja tuotantolaitosten välisessä liikenteessä. Logistiikka-alan jatkuvuudenhallinta on yritysten omaehtoista toimintaa, mutta ilmailu- ja rautatiealan yrityksillä sekä suurimmilla maaliikenteen tavara- ja henkilökuljetusyrityksillä on varautumisvelvoite. Varautumista tukevat merenkulun ja ilmaliikennettä koskevat kansainväliset säädökset ja logistiikka-alan yritysten turvallisuus- ja laatu järjestelmät.

Taulukko 1. (Traficom 2023). Kuljetusmuotojen ominaisuudet ja soveltuvuudet eri kuljetuksille.

	Tiekuljetukset	Rautatiekuljetukset	Sisävesikuljetukset	Merikuljetukset	Lentorahti
<b>Kapasiteetti</b>	Pienistä paketeista kymmeneen tonneihin	Sadoista tonneista tuhansiin tonneihin	Tuhansia tonneja	Tuhansista tonneista kymmeneen tonneihin	Kymmenistä tonneista satoihin tonneihin
<b>Tyypillinen kuljetusmatka</b>	Muutamista kilometreistä satoihin kilometreihin	Kymmenistä kilometreistä satoihin kilometreihin	Satoja tai tuhansia kilometrejä	Satoja tai tuhansia kilometrejä	Satoja tai tuhansia kilometrejä
<b>Kuljetusmuotojen yleiskuvaus</b>	Joustava kuljetusmuoto: tiekuljetukset ovat osana lähes kaikkia kuljetusketjuja. Kuljetusmuodon palveluntarjonta on monipuolista ja mahdollistaa räätälöidyt kuljetukset erilaisiin tarpeisiin jakelukuljetuksista ja 76-tonnin yhdistelmäkuljetuksiin.	Suurille volyymeille säännöllisiin ja kohtalaisen pitkiin kuljetusmatkoihin esimerkiksi tehtaalta satamiin ja terminaalien välillä. Vesikuljetuksia nopeampi kuljetusmuoto, mutta kapasiteetiltään pienempi vaihtoehto.	Soveltuu suurten volyymien kuljetukseen, esimerkiksi tehtaalta asiakkaalle meneviin kuljetuksiin.	Kapasiteetiltään suurin kuljetusmuoto, joka soveltuu pitkille kuljetusmatkoille.	Soveltuu arvokkaiden aikatauluintensiivisten tuotteiden kuljetuksiin. Kallein ja nopein kuljetusmuoto.

Satakunnan satamien maantieteelliset sijainnit ovat yhteiskunnan toiminnan sujuvuuden ja huoltovarmuuden turvaamiseksi tärkeää. Satamat Porissa ja Raumalla mahdollistavat tavaroiden tuonnin ja viennin (Taulukko 2). Satamien kautta Satakunta toimii porttina ulkomaankauppaan ja varmistaa tavaroiden saapumisen sisämaahan normaalissa arjessakin. Sekä Porin että Rauman satamien väyläinfrastruktuuri mahdollistaa suurienkin aluskokojen käytön. Satamainfrastruktuurin toimivuuteen ja ylläpitoon kiinnitetään huomiota. Jääolosuhteet ovat pohjoisia satamia suosiollisempia ja maakunnan satamista on monia Suomen satamia lyhyemmät etäisyydet Euroopan satamiin.

Taulukko 2. Satakunnan satamien merkittävimmät vienti- ja tuontituotteet kokonaisvolyymeiltaan vuosina 2021 ja 2022 (Port of Rauma 2022; Tilastokeskus, 2023).

<b>Porin satama</b>			
<b>Vuosi</b>	<b>Tuonti ja vienti yhteensä (tn)</b>	<b>Merkittävimmät vientituotteet tonnimäärien perusteella (3kpl)</b>	<b>Merkittävimmät tuontituotteet tonnimäärien perusteella (3 kpl)</b>
2021	3 190 000	kivihiili, kemikaalit, nestemäiset öljytuotteet	malmit, rikasteet ja öljytuotteet
2022	4 158 000	kivihiili, kemikaalit, sahatavara	kivihiili, malmit, rikasteet ja öljytuotteet

<b>Rauman satama</b>			
<b>Vuosi</b>	<b>Tuonti ja vienti yhteensä (tn)</b>	<b>Merkittävimmät vientituotteet tonnimäärien perusteella (3kpl)</b>	<b>Merkittävimmät tuontituotteet tonnimäärien perusteella (3 kpl)</b>
2021	5 060 000	paperi ja kartonki, kappaletavara, selluloosa	raakapuu, kappaletavara ja nesteet
2022	4 371 000	paperi ja kartonki, kappaletavara, sahatavara	kappaletavara, raakapuu, nesteet

Merikuljetuksissa satamien kokonaisvolyymien tarkastelun ohessa (Taulukko 1) voidaan todeta, että Satakunnan satamien kautta kulkeneet tuotteet ovat muodostuneet Rauman osalta hyvin laajalti metsätalouden elinkeinosta, Porissa merkittävässä roolissa on ollut muun ohessa kivihiilen transitoliikenne, malmit, rikasteet ja öljytuotteet. Geopoliittisen tilanteen vaikutukset tulevat vaikuttamaan esimerkiksi transitoliikenteen merkittävään vähennykseen ja mahdollisesti uusien vientituotteiden kuljetukseen. Uudella teollisuudella ja päätöksillä on merkittävä rooli tulevaisuuden kuljetuksissa.

Satakunta on tärkeä maantieliikenteen solmukohta, koska alueen kautta kulkee tärkeitä liikenneväyliä, kuten valtatie 8 ja rautatieyhteys. Hyvin toimiva liikenneinfrastruktuuri on olennainen osa huoltovarmuutta mahdollistaen tavaroiden ja palveluiden tehokkaan kuljetuksen eri puolille maata. Alueen maatalous, metsätalous, teollisuus, satamat ja liikenneinfrastruktuuri mahdollistavat tarvittavien tuotteiden ja palveluiden saatavuuden koko maahan, myös sisämaan maakunnille. Satakunta on merkittävä maatalouden ja metsätalouden alue tuottaen merkittävän osan Suomen elintarvikkeista.

Huoltovarmuuden kannalta kriittisiä maakuljetuksia ovat mm. optimoidut, korkealla käyttöasteella toimivat lämpösäädellyt elintarvikekuljetukset, polttoainekuljetukset sekä kemikaalikuljetukset. Toimintavarma logistinen järjestelmä on logistiikan varautumisen perusta. Logistisen järjestelmän toimintavarmuutta vakavien häiriötilanteiden ja poikkeusolojen varalle kehitetään yhteistyössä elinkeinoelämän toimijoiden kesken. Varautumisen keinoja ovat esimerkiksi riskiarviointi, jatkuvuussuunnittelu, varastointi ja poikkeusoloihin valmistautumisen erityistoimenpiteet.

Tavaraliikenteen eri kuljetusmuotojen väliseen saumattomaan tiedonsiirtoon tulee panostaa. Maantieväylien kehityksessä on kiinnitettävä huomioita pääväylien kehitykseen niin varsinaisen maantieinfran, kuin älykkäiden teknologisten ratkaisujen sekä näiden yhdistämisen suhteen. Rautatieliikenteen tietojärjestelmien kehittyessä ja tiedonsiirron nopeutuessa on mahdollista lisätä liikennettä jo olemassa olevalla rataverkolla.

## **Vihreä siirtymä logistiikkaketjuissa**

Merikuljetukset ovat merkittävä ilmastovaikutusten lähde, koska ne tuottavat suuria määriä kasvihuonekaasupäästöjä. Vihreän siirtymän tuloksena vähennetään näitä päästöjä ja edistetään kestävämpää toimintaa.

Vihreää siirtymää logistiikassa edistää energiatehokkaampien ja vähäpäästöisempien kuljetusmenetelmien kehittäminen, sekä muun muassa kuljetusten suunnittelun ja logistiikan tehostaminen muun muassa digitalisaation keinoin. Tämä tarkoittaa esimerkiksi kuljetusten optimointia, jolla vältytään tyhjien yksiköiden kuljettamista sekä minimoidaan kuljetusten määrää. Lisäksi ympäristöystävällisten käytäntöjen edistäminen koko toimitusketjussa on tärkeää. Esimerkiksi uusiutuvan energian käyttö logistiikkakeskuksissa ja varastoissa auttaa vähentämään hiilijalanjälkeä. Alan yritykset, satamat, viranomaiset ja tutkimuskeskukset sekä muut toimijat edistävät yhteistyöllään kestäväää kehitystä edistämiseksi ja päästöjen vähenemistä.

MeriLoki-hankkeessa tutkittiin merilogistiikan vihreän siirtymän lisäksi maantiellä toimivien kuljetusketjujen vihreään siirtymään, koska tahtotilana on edesauttaa kokonaisvaltaisen logistiikka ketjun kehitystä vihreässä siirtymässä ja kestävässä kehityksessä. Maantielogistiikka on toimia kuljettamiseen maanteitse. Vihreän siirtymän tavoitteena maantielogistiikassa on vähentää päästöjä ja ympäristövaikutuksia esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

Ajoneuvojen sähköistyminen: Siirtymä sähkö- tai hybridiajoneuvoihin vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja päästöjä. Sähkökäyttöiset ajoneuvoyhdistelmät voivat olla varteenotettava vaihtoehto maantielogistiikassa, kun latausinfrastruktuuri ja toimintamatkat kehittyvät.

Uusiutuvat polttoaineet: Biopolttoaineiden, kuten biodieselin tai bioetanolin, käyttö voi vähentää fossiilisten polttoaineiden riippuvuutta ja päästöjä. Maantielogistiikassa voidaan edistää uusiutuvien polttoaineiden käyttöä tavaroiden kuljetuksessa.



Kuljetusten optimointi: Tehokkaampien reittien suunnittelu, kuljetusten yhdistäminen ja tyhjien ajojen välttäminen vähentävät polttoaineen kulutusta ja päästöjä. Digitaaliset logistiikkajärjestelmät ja reaaliaikainen tiedonvaihto auttavat kuljetusten optimoinnissa.

Merilogistiikka on puolestaan tavaroiden kuljettamista vesiväyliä pitkin, kuten merirahtina tai sisävesiliikenteen avulla. Vihreä siirtymä merilogistiikassa voi olla erilaisia kestävyttä edistäviä toimenpiteitä:

- Päästöttömät alukset: Siirtyminen päästöttömiin tai vähäpäästöisiin aluksiin, kuten sähkökäyttöisiin tai vetykäyttöisiin laivoihin, voi merkittävästi vähentää meriliikenteen hiilidioksidipäästöjä. Tällä hetkellä päästöttömät vaihtoehdot ovat vielä kehitysvaiheessa, mutta tutkimus ja investoinnit tähän suuntaan ovat käynnissä.
- Satamien kestävyys kehityksessä: Satamien kehittäminen ympäristöystävällisemmiksi voi sisältää muun muassa parempaa jätteiden käsittelyä, energiatehokkaampia laitteita ja uusiutuvan energian käyttöä. Satamien infrastruktuurin ja toimintojen suunnittelulla voidaan vähentää ympäristövaikutuksia.
- Intermodaaliliikenne: Yhdistämällä meri- ja maantielogistiikkaa intermodaaliliikenteessä voidaan optimoida kuljetusketjuja ja vähentää kokonaispäästöjä. Esimerkiksi konttien kuljetus meriteitse ja niiden kuljetusketjun jatkaminen maanteitse tehokkaasti voi olla ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin pelkkä maantiekuljetus. Lisäksi suurempien junakokojen potentiaalia keinoina on hyvä tarkastella.
- Maantie- ja merilogistiikka ovat osa kokonaisvaltaista logistiikkajärjestelmää, ja kestävyden edistäminen vaatii yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Esimerkiksi yhteistyö satamien, kuljetusyriyten, valtion ja tutkimuslaitosten kesken on keskeistä kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi molemmissa logistiikkamuodoissa.

## Digitalisaatio logistiikkaketjuissa

Digitalisaatio on tietotekniikan hyödyntämistä liiketoiminnassa ja eri toimintojen automatisointia. Merilogistiikassa digitalisaatio tarjoaa monia mahdollisuuksia tehokkuuden, tarkkuuden ja läpinäkyvyyden parantamiseksi. Merilogistiikkaa voidaan digitalisoida tekoälyä ja koneoppimista käyttämällä esimerkiksi kuljetusten optimointiin. Kuljetuksia voidaan optimoida muun muassa reittien suunnittelun avulla, jolloin kuljetukset ovat tehokkaampia ja päästöjä voidaan vähentää.

Digitaaliseen logistiikkaketjusovellukseen voidaan tulevaisuudessa lisätä tietoa liikenne – ja satama-alueen ruuhkista, mahdollisista onnettomuuksista, liikennemuutoksista, sään vaikutuksista jne. älyväylystä saatavan datan pohjalta. Digitaalisesta sovelluksesta selviää myös kuljetuskaluston reaaliaikainen polttoainekulutus ja päästöjen mittausta, kuin myös vaarallisten

aineiden ja rikasteiden kuljetuksen reaaliaikainen eteneminen. Digitalisaatio luo mahdollisuuden hyötyä älyväylystä saatavasta informaatiosta sekä antaa toimintatavan ja mahdollisuuden tunnistaa liikenneinfrastruktuurin kehittämistarpeita maakunnassa digitalisaation näkökulmasta ja luoda uusia toimitusketjureittejä. Tietojärjestelmien integraatio, eri kuljetusmuotojen ja logistiikan toimijoiden yhteistyö, väylien ja fasiliteettien kehittäminen sekä kansallisten ja kansainvälisten toimijoiden välinen yhteistyö vie digitalisaatiota eteenpäin.

Logistiikkaketjujen digitalisaation tuomat vaikutukset ulottuvat tuotantoketjujen ekosysteemeihin ja prosesseihin sekä tuotannon ja kuljetusketjujen väliseen vuorovaikutukseen. Digitaalinen muutos rakentuu useasta teknologiasta, osatekijästä ja uudella tavalla toimivasta kokonaisuudesta luoden uusia toimintamalleja toimijaorganisaatioihin. Prosessien ja järjestelmien yhteistoiminnan avulla on mahdollista automaattisesti tai ainakin koneavusteisesti saavuttaa kustannustehokkuutta, huoltovarmuutta sekä keinoja vihreän kasvun edistämiseksi. Sen avulla pystytään logistiikan saralla esimerkiksi kysynnän ennustamiseen ja oikea-aikaiseen toimintaan, prosessien optimointiin, automaatioon ja poikkeamien hallintaan. Näin ollen kuljetusketju lyhentyy, nopeutuu ja siitä tulee sujuvampi kokonaisvaltaisesti. Samalla yksittäisiä prosesseja ja toimintoja voidaan optimoida, skaalata ja tehostaa uusin tavoin. Edelleen ihmistyötä tarvitaan, mutta sen laatu ja tehtäväkuvaus muuttuvat enemmän prosessia valvovaan suuntaan, samalla lisäten työnteon mielekkyyttä. Tämän muutoksen tarvitsemat teknologiat ovat jo olemassa. Kokonaisehitystä hidastavat tekijät ovat käytössä olevat liiketoimintamallit, palvelukapasiteetit ja asenne, mitkä muodostavat vastarintaa muutosnopeudelle. Kehitystyössä on muistettava huomioida, että teollisuus ja kauppa sekä logistiikan palveluyhtiöt ovat rakentuneet suljettujen ketjujen ja verkkojen muotoon. Toimintaa ohjataan vaihe vaiheelta ja usein keskitetysti kokonaisuutta osaoptimoiden.

Suomi on arvioidusti kaksi-kolme vuorokautta eurooppalaisia kilpailijoitaan ajallisesti jäljessä logistiikan toteutumista tarkastellen. Täsmällisyys ja selkeät logistiikkaketjut parantavat toimitusketjujen varmuutta ja kustannustehokkuutta tarkastellessa. Välimatkan tuottaman haasteen umpeen kuroutuminen voidaan ottaa tavoitetilaksi entistä tehokkaammilla ja laadukkaammilla kustannusketjuilla sekä sujuvimilla kuljetusreiteillä (Mäntynen ym., 2020, s. 7)

## **Älyväylät**

Merenkulku on globaalissa muutoksessa, jonka eräs merkittävä osa on läpi kaikkien toimintojen ulottuva digitalisointi. Yksi osa varsinaisen merenkulun digitalisaatiota on älyväylä ja sen osaltaan mahdollistamat etäluotsaus ja autonomisesti liikkuvat alukset. Digitaalisuus tulee muuttamaan koko logistiikkaketjua, ja älykkäistä merenkulkuun liittyvistä ratkaisuista saatava tieto tulee edistämään myös tavaravirtojen liikkumisen sujuvuutta, seuranta ja varmuutta. Älykkään

merilogistiikan kokonaisuus rakentuu tilannetietoisuuden, automaation ja autonomisten toimintojen pohjalle. Älykkäitä väyliä rakennetaan ja mallinnetaan kansainvälisesti monessa paikassa. Satakunnan tasolla teknologiaa hyödynnetään muun ohessa Rauman Kylmäpihlajalle asennettua virtausmittauslaitetta, jossa nähdään mahdollisuuksia ennalta lähettää aluksille alueellisia tuuli- ja virtaustietoja. Rauman väylällä on vuodesta 2017 ollut yhteensä 33 valoteholtaan säädettävää poijua, joiden on havaittu säästävän kustannuksia ja parantavan turvallisuutta, kun valoteho eri vuorokauden ja kelien aikaan on optimaalinen. (Väylävirasto, 2017)

Älyväylä koostuu olemassa olevasta väylästä ja väyläinfrastrukturaalisista lisätyillä ”älykkäillä” teknologioilla, jotka tuovat reaaliaikaisempaa tiedonsiirtoa (esim. virtuaalisten tukiasemaverkkojen tiedot) sekä ”älykkäitä” laitteistoja ja/tai ohjelmistoja. Sensoreita ja muita havainnointilaitteita voi olla sijoitettuna niin veden alle, poijuihin, maihin tai myös esimerkiksi satelliitteihin. Reaaliaikaisella yhteydellä laitteisiin voidaan myös havaita niiden toimintahäiriöt tai vikaantumisen aiempaa nopeammin, jolloin vikailmoitukset tulivat väylien käyttäjiltä. Näiden älykkäiden laitteistojen ja autonomisten järjestelmien tuottaman datamassan käsittely ja tulosten integrointi sekä näistä johdettava informaatio auttavat saamaan uutta ymmärrystä ja tietoa päätöksien tueksi.

Älykäs väylä pyrkii tarjoamaan lisäkeinoja laivojen ja viranomaisten, esimerkiksi VTS (Vessel Traffic Service) -operaattoreiden tilannetietoisuuden parantamiseen. Ei kuitenkaan ole olemassa standardia, joka kuvaisi, mitä ominaisuuksia väylän tulisi tarjota, jotta se olisi perusteltu ”älykkääksi” ja mitä tämä tarkoittaa varmuuden näkökulmasta. Alati muuttuvassa merenkulkumaailmassa uudet tekniikat muuttavat ja/tai parantavat turvallisen luotsaustoiminnan ja ympäröivän väyläinfrastruktuurin vallitsevaa tilaa. Esimerkiksi maantieteellisten paikannustietojen tarkkuuden kehitys, kyky mallintaa kolmiulotteisesti väylien vedenalaista profiilia, AtoN-poijut (Aids to Navigation), parannetut GPS-paikannus- ja ympäristötietopalvelut ovat avanneet uusia mahdollisuuksia ympäröidä aluksia parannetulla turvallisuudella.

Muita älyväylään liittyviä kokeiluja on mm. virtausmittauskokeilu, jossa virtaus- ja aallokkotietoa välitetään suoraan mittauslaitteilta laivoille. Ensimmäinen virtausmittauslaite asennettiin 2017 Raumalle Kylmäpihlajan edustalle, josta se lähettää tietoja aluksille AIS-järjestelmän (Automatic Identification System) kautta. Toinen laite on asennettu Emäsaloon Sköldvikin öljysatamaan johtavalle väylälle. Jatkossa laitteiden avulla olisi tarkoitus tutkia myös jään liikkeitä ja paksuutta. Lisäksi turvalaitteiden toimintaa on mahdollisuus säätää liikenteen ja olosuhteiden mukaan, esim. lisätä valojen kirkkautta laivan lähestymisen mukaan.

*”Ideaalitulanteessa älyväylä tarkoittaa paikallistietoa välittävää kokonaisuutta, joka yhdistyy saumattomasti muuhun käytettävissä olevaan dataan, ja jonka perusteella pystytään tekemään aluksen turvalliseen kulkuun liittyviä päätöksiä”. (Olli Taipale tiedonanto, Finnpiilot)*

Myös pidemmälle meneviä visioita on maalailtu:

*"Älyväyläkokeilu on suuri askel kohti älykkääseen automaatioon perustuvaa autonomista meriliikennettä. Älykkään automaation avulla voidaan merkittävästi parantaa meriliikenteen turvallisuutta, vähentää päästöjä ja parantaa tuottavuutta".* (Liikenne- ja viestintäministeri Anne Berner, tiedonanto 2017).

## **Luotsaus ja etäluotsaus**

Luotsauslain ja -asetuksen mukaisesti kaikkien Suomen satamiin saapuvien ja niistä lähtevien laivojen on käytettävä luotsia, jos aluksen kuljettaman lastin vaarallisuus, haitallisuus tai aluksen koko sitä edellyttävät. Luotsinkäyttövelvollisuudesta on vapautettu sellaiset alukset, joiden päällikkö on suorittanut linjaluotsitutkinnon tai joille Liikenne- ja viestintävirasto Traficom myöntänyt luotsinkäyttövapauden. Suomen koko laivaliikenteestä luotsia käyttävien alusten osuus on noin 35 prosenttia. (Finnpilot 2022)

Finnpilot Pilotage Oy:llä on yksinoikeus luotsaustoimintaan Suomessa, ja se tarjoaa asiakkailleen luotsauspalvelua Suomen vesialueilla luotsattavaksi määrätyillä väylillä. Luotsauspalvelun tarjoaminen perustuu luotsauslakiin, joka säätelee velvollisuudesta käyttää luotsia, luotsien tehtävistä ja vastuusta sekä luotsausyhtiön oikeuksista ja velvollisuuksista. Monet käytettävät väylät ovat kapeita, mutkikkaita ja ruuhkaisia, joissa virhemarginaalien toleranssi on minimaalinen. Tällaisissa skenaarioissa inhimillisten tekijöiden aiheuttamien riskien tunnistaminen ja hallitseminen on kriittistä.

Etäluotsauksessa luotsi ei ole fyysisesti laivalla, vaan esimerkiksi maissa sijaitsevassa luotsauskeskuksessa. Tähän mennessä valikoiduilla aluksilla ja -väylillä on useita vuosikymmeniä toteutettu maista käsin tapahtuvaa tutkapohjaista luotsausta suotuisissa olosuhteissa muun muassa Rotterdamissa. Suomessa etäluotsauksen mahdollistava laki astui voimaan vuoden 2019 alussa, mikä mahdollistaa etäohjauksen testaukset määritellyillä väylillä.

Etäluotsauksessa maalla (tai joissakin maissa esimerkiksi luotsiveneessä) olevat luotsit suorittavat aluksen luotsauksen olematta itse fyysisesti laivan komentosillalla. Eräs mahdollisuus on myös se, että alusta ohjaavalla etäoperaattorilla on pätevyys hoitaa aluksen luotsaus tietyllä väylällä (Rolls Royce, 2016). Kokenut alusliikennepalvelu (VTS) -henkilöstö, joka istuu monitorien ääressä valvontakeskuksessa, voi myös antaa ohjeita päällikölle. Etäluotsauksen aikana luotsilla ei ole suoraa pääsyä aluksen navigointilaitteiden tietoihin. Heidän täytyy luottaa tietoihin omasta seurantalaitteestaan tai aluksen komentosiltatiimin välittämiin tietoihin VHF:n tai muiden viestintävälineiden kautta. Etäluotsauksen käytännön toteuttaminen vaatii toimivan teknologian, kommunikaation ja riittävän koulutuksen edellisten käyttämiseksi. Meriväylien nykyinen infra

(2022) ei mahdollista etäluotsaukseen siirtymistä, minkä lisäksi uudistuksia edellytetään myös muilta meriliikenteen ekosysteemissä toimivilta. Finnpiilot arvioi olevansa valmis etäluotsauksiin 2025. Suomalaiselle merenkululle, meriteollisuudelle ja teknologiatoimijoille tarjoutuu erinomainen mahdollisuus tarvittavien teknologioiden ja prosessien kehittämiseen, sekä tämän myötä myös tulosten markkinointiin kansainvälisesti. Jotta älykäs väylä tuottaisi tarpeeksi ja riittävän laadukasta ja siten käyttökelpoista tietoa, on seuraaviin teknisiin seikkoihin kiinnitettävä huomiota: Aluksen, väylän ja tulevien etäluotsauspisteiden välisen tiedonsiirron täytyy olla saumatonta. Esimerkiksi väylien turvalaitteet (poijut, reunamerkit, majakat) voivat tulevaisuudessa olla älykkäitä ja niiden sensorit voivat kertoa aluksen sijainnista väylällä. Etäluotsaukseen mahdollisesti liittyviä riskejä tullaan hallitsemaan muun muassa reaaliaikaisella tiedonsiirrolla, teknisten ratkaisujen varmentamisella, operatiivisten toimintatapojen määrittämisellä sekä koulutuksella, myös kyberturvallisuudesta huolehtiminen on ensiarvoisen tärkeää.

Etäluotsaaminen tavallisella väylällä on "toimi, jonka suorittaa määrätyllä alueella luotsi, jolla on lupasuorittaa luotsausmuualta kuin kyseisellä aluksella" (Finlex, Luotsauslaki, 2003) Tässä mielessä vahva tilannetietoisuus vaatii hyvää käytäntöä, toimintamallia; eli hyvät kommunikaatiotaidot ja vankka tuntuma aluksesta riittämättömässä tutkakuvissa ja/tai aluksen liiketietojen puutteessa. Merenkulun riskien minimoimiseksi IMO:n sääntelyvälineissä on vuosien varrella otettu käyttöön erilaisia teknologioita. Esimerkkejä käytössä olevista teknologioista ovat VHF-laitteet viestintään, tutkakuvat, GPS-vastaanottimet yhdistettynä ECDIS-järjestelmään (Electronic Chart Display and Information System) karttakuvaukseen ja gyrokompassi suuntatietoihin jne. Tällaiset tekniikat tukevat yleisesti perinteistä viestintäketjua. Luotsin, kapteenin ja VTS-keskuksen välillä. Etäluotsauksella älykkään väylän tavoitteena on lisätä navigoinnin turvallisuutta ja parantaa etäluotsauksen tilannetietoisuutta älykkään väylään upotetun infrastruktuurin kautta. Luotsin poistaminen aluksesta ja sijoittaminen valvomoon rantaan ei sinänsä lisää turvallisuutta. Silti luotsin tilannetietoisuuden mahdollistaminen sijoittamalla hänet työympäristöön, joka tarjoaa kokonaisvaltaisen ymmärryksen kaikista aluksella ja sen ympärillä olevista tapahtumista, vaikuttaa houkuttelevalta vaihtoehdolta navigoinnin turvallisuuden parantamiseksi. Älykkäiden järjestelmien edistyminen (esim. dynaaminen kölinvaran hallinta, syvyysmallinnus, reaaliaikainen jää- ja merentilätieto, kauko-ohjattu navigointi jne.) merkitsee kuitenkin haasteita, jotka johtuvat niiden vuorovaikutuksesta kartoittamattomien toimintakäytäntöjen kanssa. Tästä syystä on tärkeää ymmärtää merkityksellisiin teknologioihin liittyvät riskit ja niiden vaikutukset älykkääseen luotsaustoimintaan. Riskejä välttävä etäluotsaus edellyttää sujuvaa toimintaa monimutkaisessa ympäristössä, joka sisältää mm. ns. inhimillisen tekijän; prosessiin osallistuvien ihmisten keskinäisen vaikutuksen, mutta myös laitteita, prosesseja ja teknologioita.

"Älykkään" väylän käyttöönotto tarkoittaa mahdollisuutta vähentää inhimillisiä virheitä muuttamalla prosesseja siten, että osaan prosesseista käytetään mm. sensoreiden ja

mittareiden tuottamaa tietoa aistinvaraisten havaintojen rinnalla ja/tai sijaan. Lisäksi käytetään tekoälyä analysoimaan saatavilla olevaa dataa ja tuottamaan tietoa, esimerkiksi reaaliaikainen vedenkorkeus- ja virtaustieto, reaaliaikaiset sää- ja jäätiedot, dynaamiset turvalaitteet, jotka mukautuvat liikenteen ja olosuhteiden mukaan sekä digitaaliset merikartat ja merenpohjamallit, sekä reaaliaikaista tietoa väylistä ja merenpohjan pohjan muodoista, ja siten vähentämään ns. inhimillisen tekijän tuomaa virhemahdollisuutta ja tiedon väärin tulkintaa. Näillä on mahdollista saavuttaa useita etuja: helpottaa aluksen reittisuunnittelua ja navigointia, parantaa turvallisuutta ja vähentää karilleajojen mahdollisuutta ja törmäysriskejä sekä parantaa kustannustehokkuutta ja lastimäärien optimointia. Olennaista kuitenkin on muistaa, että toiminnot ovat ihmisten hallinnassa myös etäohjauksessa ja riskien hallinta siirtyy enenevässä määrin maihin. Kuitenkaan etäluotsaus tai älyväylä ei sinällään poista riskejä, vaikka reaaliaikainen tilannekuva parantaa ennakoitavuutta ja näiden yhteinen paraneminen vaikuttaa suoraan turvallisuutta parantavasti.

Etäluotsaus voisi tuoda parannusta useisiin asioihin, kuten:

- parantuneesta tilannekuvasta johtuva inhimillisen tekijän vaikutuksen väheneminen
- luotsien ja muun luotsaukseen liittyvän henkilöstön (kutterikuskit) turvallisuus merellä.
- alusten odotusajan minimoiminen.
- luotsien saatavuus (esim. kovina jäätalvina luotsaus on keskeytetty luotsien lepoajaksi).
- säärajoitukset (aalokkon korkeus, tuulirajat jne.) luotsien operoinnissa merellä
- jäätilanne vaikeuttaa toimintaa; siirtyminen talveksi hitaisiin kuttereihin.
- kustannussäästöt; henkilöstö-, kiinteistö-, polttoaine-, ja kalustokulut.

Etäluotsaus voisi olla varteenotettava vaihtoehto luotsausvapautuksille, joten etäluotsattavien alusten päälliköt ovat lähtökohtaisesti kokeneita ammattilaisia niin merenkulkutaitojen, kuin myös paikallisten väylien ja olosuhteiden osalta. Tietysti etäluotsauksessa on otettava huomioon Suomen erityispiirteet väylien osalta ja mahdolliset rajoittavat kriteerit alustyyppin ja/ tai lastin osalta.

Meriliikenteen etäluotsaukseen liittyy useita haasteita. Etäluotsauksessa käytettävän teknologian ja laitteistojen on oltava riittävän luotettavalla ja turvallisella tasolla, jotta voidaan varmistaa aluksen turvallinen ohjaaminen ja navigointi. Myös teknologisen kehityksen huomioiminen tulee ottaa huomioon järjestelmää kehitettäessä. Erityisen tärkeää olisi luotettavan ja varman tietoliikenne- ja kommunikointiyhteyden puuttuminen luotsattavan laivan ja luotsin välillä. Haastattelujen perusteella ongelmaksi on koettu mm. kapeilla väylillä internetpohjaiseen toimintaan sisältyvä viive, joka on pieni, mutta merkittävä ja havaittava.

Etäyhteyksillä toimivien luotsaustoimijoiden ja alusten miehistöjen välillä on oltava riittävä yhteisen kielen taso ja yhteinen ymmärtämys käytännöistä ja kulttuurista, jotta pystytään

varmistamaan tehokas yhteistyö, päätöksenteko ja turvallinen aluksen operointi. Haastatteluissa tuli esille, että yhä useammin kohdataan laivojen päälliköitä, joiden englannin kielen taito on enintään auttava, jos sitäkään. Lisäksi kulttuuriperustaiset erot komentojen tai ohjeiden vastaanottamiseen vaihtelevat suuresti. Koulutustarpeena nähdään asenne- ja kielikoulutus mutta myös se, että mahdollisesta etäluotsausprosessista tehdään niin yksinkertainen, että erehtymisen vaara on minimissään. Nopeasti kehittyvät teknologiat ja koneäly varmasti auttavat näissäkin asioissa tulevaisuudessa tukien käyttäjiä uuden kielen suhteen ja itselle vieraan kulttuurin osalta.

Digitaalisten yhteyksien käyttö ja laitteistojen ohjelmistot voivat altistaa niin operoinnin kuin aluksenkin uusille riskeille verrattuna vanhaan, jossa luotsaus tapahtui laivalta. Yhteyksissä voi olla häiriöitä, samoin ohjelmistoissa kuin ongelmia myös niiden käytössä. Erittäin tärkeää on varmistaa luotettavat ja häiriöltä suojatut yhteydet ja ohjelmistot, sekä varmistaa niiden käytön osaaminen kaikilla etäluotsattavilla laivoilla. Myös älyväylän laitteistojen toimivuuteen ja luotettavuuteen tulee kiinnittää huomiota. Eräksi kehityskohteeksi on haastatteluissa myös mainittu väylien ”ongelmakohtien” parempi merkitseminen.

Etäluotsaus edellyttää luotsaajalta kykyä reagoida nopeasti ja tehokkaasti aluksen tapahtumiin, mikä voi olla haastavaa, jos luotsi on kaukana fyysisesti aluksesta. Kohdattaessa esimerkiksi yhteys- tai laitteisto-ongelmia, fyysisen luotsin laivalle saaminen voi kestää kauan, ja näihin tapauksiin on tärkeää luoda selkeä ohjeisto laivoille, kuin myös tarkistaa esimerkiksi ankkurointipaikat vastaamaan mahdollisten poikkeustilanteiden vaatimuksia.

Lisäksi useissa lähteissä on mainittu esiin nousseita huolen aiheita etäluotsaukseen liittyen ja toivottu näihin asioihin kiinnitettävän huomiota.

Haastatteluissa esille tulleita haasteita olivat:

- häirintä, paikannus, muut tietoliikenneyhteydet.
- laitteiston ja järjestelmien toimimattomuus, rikkoutuminen ja epäkuuntoon meneminen, varsinkin niin, että asia jää komentosillalla huomaamatta.
- maissa olevan henkilökunnan kokemus tai sen puute – merkittävä koulutustarve
- maissa olevan henkilökunnan tuntuma laivan käytöksestä puuttuu.
- laivahenkilökunnan vaihteleva osaaminen.
- luotsauksen mahdollistavien teknisten apuvälineiden laivalle saaminen ja koulutuksen järjestäminen, huomioiden kustannukset ja ajankäyttö.
- hinaajan kanssa operointi.
- osaaminen: aluksen hallinta.
- kielitaito sekä vakiintuneen termistön osaamattomuus/käyttämättömyys.
- luotsin tehtävät laivalla jäävät pois.

## Älyväylien ja etäluotsauksen integraatio

Etähallinnan ja -operoinnin kehittyessä merenkulun toimintoja siirtyy maalle. Maalle siirtyy toimintoja, jotka voidaan optimoida, turvallisuutta tehostaa ja muokata myös henkilöstön työoloja mielekkäämmiksi. Älyväylät mahdollistavat myös alusten autonomisen operoinnin. Autonomisten alusten kehitys on viime vuosina edennyt yhä kiihtyvällä vauhdilla, ja ne ovat nousseet yhä enemmän esille sekä liikenteessä että meriteollisuudessa. Jotta alus voisi yleensäkin operoida itsenäisesti, tulee sen saada riittävästi tietoa toimintojensa perustaksi, sekä kyettävä itsenäisesti havaitsemaan ympäristönsä, ymmärtämään saamansa informaatio, reagoimaan eri tilanteisiin ja tekemään oikeita päätöksiä itsenäisesti. Alusten autonomia perustuu pitkälti erilaisten sensorien, tietokoneiden ja ohjelmistojen yhteistyölle. Jotta päästään todelliseen autonomiaan, tulee alusten saada informaatiota useasta eri lähteistä, kuten satelliittipaikannuksesta, tutkasta, kameroista, antureista ja muista lähteistä, mukaan lukien älykkään meriväylän antamaa tietoa. Haastatteluissa on tullut esiin toiveita mm. ajantasaisen virran suunnan ja aallonkorkeuden saamiseksi käyttöön, ja kun nämä yhdistetään meriveden korkeuteen, on saatavilla luotettavampi ennustemalli tulevista olosuhteista. Lisäksi on esitetty live-kuvan ja poijuihin sijoitettujen sivuutusantureiden käyttöönottoa, jolloin voidaan verrata datan viivettä todellisuuteen. Nopeat tiedonsiirtoyhteydet, esim. 5G, mahdollistavat myös eri järjestelmien välisen saumattoman kommunikation, joka auttaa aluksen järjestelmiä reagoimaan riittävän nopeasti ja tehokkaasti erilaisiin tilanteisiin.

Useat merenkulkua säätelevät järjestöt sekä alan yritykset ovat kehittäneet luokitusmenetelmiä (Taulukko 3, Taulukko 4), joilla selkeytetään autonomian eri ulottuvuuksia. Ulottuvuuksia voidaan tarkastella jakamalla ne kolmeen eri luokkaan: kompleksisuus, miehitys sekä autonomia. Kompleksisuudella haetaan sitä, miten sen operointialueen haastavuus voidaan määrittellä. Näitä paikkoja ovat muun muassa avomeri, rannikko- ja saaristoalueet. Miehitystä käsiteltäessä voidaan aluksen operointi jakaa siten, että alus voi toimia täysin miehitettynä, jolloin komentosilta on koko ajan miehitettynä. Seuraavalla tasolla miehistö voi miehittää komentosillan ja ottaa aluksen hallintaansa tilanteen niin vaatiessa. Viimeisellä tasolla komentosilta on kokonaan miehittämätön. (Traficom 2019).

Merellä ollessa aluksen autonomian tasoon vaikuttavat tekijät voivat muuttua tilanteen mukaan tai tarpeen vaatiessa. Poikkeustilanteissa kuten aluksen ajaessa karille tai tulipalon sattuessa, voidaan apuna käyttää MIRG:a (Maritime Incident Response Group), joka on tällaisia tilanteita varten erikoistunut meripelastusryhmä.



Taulukko 3. (Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom), 2019, s.6). IMO: n (International Maritime Organization) kehittämä taulukko sisältäen määritellyt alusten automaatiotasoista ja operaattorin roolista eri automaatiotasoilla.

Automaatioasteen kuvaus	Operaattorin tehtäväkuvaus
T-1: Alus, joka on varustettu automaattisilla ja päätöksentekoa tukevilla toiminnoilla	Operaattori ohjaa ja kontrolloi aluksen toimintoja fyysisesti aluksella.
T-2: Etäohjattava-alus miehistöllä	Operaattori on maa-aseamalla kontrolloimassa ja ohjaamassa aluksen toimintoja. Fyysisesti aluksella oleva <u>backup</u> -miehistö voi ottaa aluksen tarvittaessa hallintaansa.
T-3: Etäohjattava-alus ilman miehistöä	Operaattori maa-aseamalla kontrolloimassa ja ohjaamassa aluksen toimintoja. Alus fyysisesti miehittämätön.
T-4: Täysin automatisoitu alus	Aluksen toiminta täysin automaattista. Operaattori ei osallistu aluksen ohjaamiseen tai aluksen toimintojen kontrollointiin.

Taulukko 4. (Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, 2019, s.6) IMO:n taulukko kuvastaa tilanteita, miten eri automaatiotason alusten operointi ja päätöksen teko toteutuu eri matkan vaiheessa ja erilaisissa tilanteissa.

Taso	Satama-manöveeraus	Navigointi rannikolla ja saaristossa	Navigointi avomerellä	Poikkeamatilanteet
T-1	Aluksen miehistön toimesta	Aluksen miehistön toimesta	Aluksen miehistön toimesta	Aluksen miehistön toimesta + esimerkiksi MIRG
T-2	Aluksen miehistön toimesta	Aluksen miehistön toimesta	Etäohjauksena maa-asemalta	Aluksen miehistön toimesta + esimerkiksi MIRG
T-3	Etäohjauksena maa-asemalta	Etäohjauksena maa-asemalta	Aluksen operointi autonomisesti tapahtuvaa	Etäohjauksena maa-asemalta
T-4	Autonomisesti	Autonomisesti	Autonomisesti	Autonomisesti

Autonomisten alusten käyttökohteet vaihtelevat, ja niiden käyttöä on tutkittu ja myös laajennettu käytäntöön mm. merentutkimuksessa, öljynporauslautoilla, kalastuksessa sekä pelastusmerivalvonta- ja muissa viranomais-toimissa. Kaiken kaikkiaan autonomisten alusten käytön päämääränä on vähentää riskejä, parantaa turvallisuutta ja voi myös säästää kustannuksia, mm. miehistökustannuksia vähentämällä. On kuitenkin huomattava, että miehittämättömän laivan miehistökustannusten säästöä ei kuitenkaan voi laskea suoraviivaisesti, sillä miehittämättömän aluksen huolto- ja korjaustoimenpiteitä ei enää suoriteta matkan aikana, kuten normaalisti miehityksessä aluksessa, vaan aluksen ollessa satamassa tai telakalla.

Merenkulun automaatio ja vastuunjako ovat tärkeitä kysymyksiä, jotka liittyvät olennaisesti autonomisten alusten kehitykseen ja käyttöönottoon. Autonomiset alukset voivat parantaa merenkulun turvallisuutta, tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä, mutta niiden käyttöön liittyy myös monia haasteita, erityisesti vastuunkannon ja vastuunjakamisen suhteen.

Perinteisissä miehitetyissä aluksissa päällikkö on vastuussa aluksen turvallisesta navigoinnista ja toiminnasta. Autonomisten alusten tapauksessa vastuunkanto on hajautettu usealle eri osapuolelle. Aluksen suunnittelijat vastaavat aluksen teknisestä toimivuudesta, ohjelmiston kehittäjät vastaavat aluksen ohjelmistosta, operaattorit vastaavat aluksen valvonnasta ja reaaliaikaisesta päätöksenteosta, ja satamaviranomaiset vastaavat satamassa tapahtuvasta toiminnasta. Kuitenkaan ei ole sitovasti määritelty, kuka vastaa esimerkiksi siitä, jos tekoäly tulkitsee tilanteen oikein, mutta tekee väärät johtopäätökset, tai tulkitsee tilanteen kokonaan väärin. Vastaako varustamo, ohjelmistosuunnittelija, ohjelmoija, informaation laivanjärjestelmiin tuonut taho, vai joku muu tekoälyn tekemästä virheestä. Uusi tilanne järjestelmiseen vaatii selkeiden vastuualueiden määrittämistä ja vastuunjakoja eri osapuolten välillä. Vastuunjako koskevat sopimukset on laadittava huolellisesti, jotta kaikki osapuolet ymmärtävät vastuunsa ja velvollisuutensa ja että vastuut ovat selvästi määritelty.

On tärkeää kehittää standardoituja käytäntöjä ja menettelyjä, jotka koskevat autonomisten alusten liikennöintiä. Tämä auttaa varmistamaan, että kaikkia autonomisia aluksia operoidaan samoilla säännöillä ja että niiden toiminta on turvallista ja tehokasta. Autonomisten alusten ja niitä ohjaavien järjestelmien kehitys tulee jatkumaan edelleen uusien teknologioiden soveltamisen myötä. Merenkulun automaatio ja vastuunjako ovat monimutkaisia kysymyksiä, jotka edellyttävät yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Kaikkien sidosryhmien, kuten viranomaiset, alan ammattilaiset ja teknologiayritykset, tulee osallistua keskusteluun ja yhteistyöhön, jotta autonomisten alusten kehitys ja käyttöönotto voi olla turvallista ja kestävä.

## **Uusien meriteknologisten ratkaisujen digitaalinen testausympäristö**

Digitalisaatio oikein käytettynä työkaluna tuo vahvistusta ja varmuutta logistiikkaketjujen toimivuuteen. Rutiininomaisuus automatisoituu vapauttaen näin resurssia sitä tarvitseviin mahdollisiin ongelmatilanteisiin ja poikkeamiin normaalissa työtehtävien kulussa. Digitalisaation myötä logistiikkaketjuille jää aiempaa enemmän tietoa, jota hyödyntää niin logistiikan prosessien suunnittelussa kuin myös toteuttamisessakin. Koko logistiikanprosessia pystytään suunnittelemaan digitalisaation käytön myötä aiempaa paremmin ennakoiden sekä tehdyistä toimenpiteistä oppien, toimintaa kehittäen. Digitalisaation avulla pystytään kytkemään yhteen paremmin logistiikkaketjussa eri logistiikan toimitusmuotoja. Kun logistiikan eri toimijat ja logistiikan eri kuljetusmuodot pystytään saamaan samaan toiminnalliseen järjestelmään, on logistiikan alalla käytössä aiempaa vahvemmat ja laadukkaat lähtökohdat onnistua lastien toimituksessa. Digitalisaation avulla jokaisesta tehdystä vaiheesta jää datana jälki, mihin tarvittaessa palata. Eikä olla enää varsinkaan paperisten kirjauksien varassa, eikä

myöskään erillisten järjestelmien. Digitalisaatio oikein käytettynä työkaluna optimoi ja takaa logistiikkaketjujen toimivuuden Satakunnassa. Näin ollen myös tiivistäen logistiikan tahojen yhteistyötä ja verkostoa.

Digitalisaatio muuttaa aiempia työtehtäväkuvauksia. Logistiikka-alan työntekijän työn kuva muuttuu valvovaksi, ennakoivaksi, varmistavaksi ja näin jää aikaa myös työprosessin kuin myös tapahtuvan logistiikkatoimintojen itsensä kehittämiseen. Kun rutiiniprosessit automatisoituvat, jää työntekijälle myös resurssia panostaa työn kehittämisen tarpeisiin, ongelmakohtien ratkaisemiseen aivan eri tavalla kuin aiemmin. Useissa hektisen alan tehtävissä tunnetaan yhteiskunnassa suurta kuormitusta, digitalisaation myötä rutiinityöt automatisoituvat, mikä vapauttaa resurssia ongelmatilanteiden ratkaisemisiin ja näin ollen vähentää kuormittavuutta kyseisissä työtehtävissä. Digitalisaation myötä lisääntyy tietysti koulutustarve uusiin järjestelmiin, mutta samassa suhteessa lisääntyy työn mielekkyys ja vetovoima. Oikein käytettynä digitalisaatio tulee olemaan alan toimijoille myös valttikortti henkilöstön rekrytoinnissa ja sitouttamisessa.

Digitaalisten sovelluksien avulla saadaan yhä reaaliaikaisempi tieto teollisuuden tuotantovaiheiden optimointiin. Tehokas logistiikkaketju ennen tuotannon vaiheita korostuu tulevaisuudessa entisestään. Tuotteen loppukäyttäjille saatava tieto jo hyvissä ajoin, on palvelumuotoilun ja asiakaspalvelun kannalta merkittävää. Erilaisten tuotannonohjausjärjestelmien ja ohjelmien kehittyvä keskinäinen integrointi selkeyttää myös kuljetusketjuja. Tänä päivänä sovelluskehittäjät pyrkivät tekemään ohjelmat siten, että myös muiden ohjelmatoimittajien sovelluksia voidaan kytkeä keskustelemaan alkuperäisen sovelluksen kanssa rajapintojen tai moduuleiden kautta. Tärkeää on, ettei ohjelmasta tai järjestelmästä toiseen siirtyminen jää vain rajapinnasta läpipääsemiseen vaan ohjelmat ja järjestelmät on oltava sellaisia, että niissä pystyy myös toimimaan ja tekemään toteutuksia, ei vain sisään pääsemään.

Digitalisaation avulla pystytään aivan eri tavalla ja laadukkaammin optimoimaan prosesseja. Näin taataan huoltovarmuutta, vihreää siirtymää ja luonnollisesti myös liiketoiminnan tuottavuutta ja sujuvuutta kaikilla eri osa-alueilla ja logistiikkaketjun eri osissa. Informaatio saadaan reaaliaikaiseksi kaikille osapuolille samanaikaisesti ja datasta jää jälki, mikä antaa turvaa ja takaa toimintaa. Kun prosessissa tapahtuu muutoksia, niin pystytään niihin näin ollen reagoimaan välittömästi kaikilla tahoilla ja tekemään korjaavat toimet. Digitalisaation myötä myös ennakointi saadaan prosessien optimoinnissa huomioitua kattavammin ja entistä aiemmin. Kommunikaatio kaikkien osapuolien välillä nopeutuu, helpottuu ja tulee laadukkaammaksi, kun osapuolilla sama järjestelmä kommunikointinsa pohjana. Esimerkiksi kun lasti on tulossa satamaan ja satamassa maantiekuljetus odottaa lastia, millä on tietty aikataulu toimituksessa, jotta lasti saadaan ajoissa suurteollisuuspuistoon tuotantoon. Lastissa

olevan materiaalin toimintakyky on suoraan verrannollinen kuljetuksen keston. Huomioitavaa on myös välitahot lastin kirjaamisessa vastaanotetuksi ja edelleen lähetetyksi seuraavaan logistiikkaketjun vaiheeseen. Ennen toimintojen sähköisiä muotoja tämä kaikki tapahtui paperilla ja papereita saattoi olla useita ja osa jo matkan varrella sen mukaisesti kärsineitä. Sähköisten työkalujen käyttöönoton myötä nämä asiakirjat saatiin sähköiseen muotoon. Digitalisaatiossa tulivat erilaiset järjestelmät, joista katsoja kuitata lähetykset vastaanotetuksi ja edelleen lähetetyksi. Digitalisaation seuraavassa loikassa on alettu päästä malliin, missä kaikilla logistiikkaketjun eri toimijatahoilla on yhteinen järjestelmä ja informaatiotieto logistiikkaketjun eri osa-alueiden reaaliaikaisista toimista. Näin ollen pystytään antamaan tarkempia ja varmoja aikoja, milloin laiva tulee satamaan, milloin lasti on huolitsijalla, milloin maantiekuljetus saa sen kuljetettavakseen ja milloin tuo lastin materiaali on tuotannossa. Kun jokainen logistiikkaketjun osa ja lopputuotanto pystyvät seuraamaan alusta alkaen reaaliajassa kyseisen lastin kuljetusta ja saapumista päästään prosessin optimoinnissa aivan eri tasolle ja laatuun mitä ennen ole ollut. Tämä optimoinnin edistystekijä auttaa taas myös liiketoiminnan suunnittelussa ja resurssien käytössä, vähentäen turhaa ajoa ja odottelua. Valitettavasti odottamattomia muutoksia voi aina tapahtua logistiikkaketjussa, mutta nämä muutoksetkin pystytään ennakoimaan ja hallinnoimaan kattavammin tämänlaisen järjestelmän myötä, kun kaikki ketjun eri tahot ovat samanaikaisesti tietoisia tilanteesta ja voivat viedä tilanteen vaikutuksen eteenpäin omaan osaansa logistiikkaketjun toiminnassa sekä tuotannossa. Yhtenäinen logistiikkaketjun kattava informaation kulku lisää myös verkoston voimaa ja ongelman ratkaisukykyä ongelmatilanteissa logistiikkaketjussa.

## **Koneoppiminen ja tekoäly digitalisaation tukena**

Koneoppiminen ja tekoäly ovat keskeisiä teknologioita, jotka tukevat digitalisaatiota monin tavoin. Niiden avulla voidaan automatisoida ja optimoida erilaisia tehtäviä ja prosesseja, kerätä ja analysoida suuria tietomääriä sekä tarjota älykkäitä ratkaisuja ja palveluita. Koneoppiminen ja tekoäly edistävät digitalisaatiota monin tavoin:

- Koneoppiminen datan analysoinnissa: Koneoppiminen mahdollistaa suurten tietomäärien analysoinnin ja ymmärtämisen. Sen avulla voidaan löytää tietomassoista merkityksellisiä kaavoja, piilotettuja yhteyksiä ja ennusteita, jotka auttavat päätöksenteossa ja liiketoiminnan kehittämisessä.
- Älykkäät chatbotit ja virtuaaliavustajat: Koneoppimisen ja luonnollisen kielen käsittelyn avulla voidaan kehittää älykkäitä chatboteja ja virtuaaliavustajia, jotka voivat vastata käyttäjien kysymyksiin, antaa tietoa, suorittaa tehtäviä ja tarjota henkilökohtaista avustamista. Tämä parantaa esimerkiksi logistiikan osalta asiakaspalvelua ja vasteaikaa sekä helpottaa tiedon saatavuutta.

- Kuvan ja puheen tunnistus: Koneoppimisen avulla voidaan kehittää järjestelmiä, jotka pystyvät tunnistamaan ja ymmärtämään kuvia ja puheentunnistusta. Tämä mahdollistaa esimerkiksi automaattisen kuvanluokituksen, kasvojen tunnistuksen, tietokoneavusteisen apuvälineiden kehittämisen sekä ääni- ja puheohjattujen käyttöliittymien luomisen.
- Koneoppiminen auttaa havaitsemaan poikkeamia ja anomaliaa suurista tietomääristä, esimerkiksi potentiaalisista tietoturvauhkista tai laitevikojen tunnistamisessa. Lisäksi koneoppimisen avulla voidaan luoda ennakoivia analyyseja ja malleja, jotka auttavat ennustamaan tulevia tapahtumia ja trendejä.

Nämä yllämainitut ovat vain muutamia esimerkkejä siitä, miten koneoppiminen, tekoäly tukevat digitalisaatiota, avaten mahdollisuuksia älykkäämpien ja tehokkaampien järjestelmien kehittämiseen eri aloilla, kuten liikenteessä, tuotannossa ja palvelualoilla. Logistiikassa kuten kaikessa liiketoiminnassa tulee huomioida, että tekoälyinnovaatiot voivat parhaimmillaan luoda yritykselle liiketaloudellista lisäarvoa. Merilogistiikan toimijakentässä koetaan haastattelujen perusteella vahvasti monipuolisia mahdollisuuksia koneoppimisen eli tekoälyn hyödyntämiseen. Sen avulla pystytään automatisoimaan rutiinitöitä vapauttaen näin resurssia akuutteihin haasteisiin sekä ennakoimaan ja testaamaan kokonaisuuksia, joiden testaaminen tai harjoittelu käytännön olosuhteista olisi mahdotonta.

Tekoäly tai toisin sanoen koneoppiminen poikkeaa perusohjelmoinnista todennäköisyyksiin perustuvan päättelymallin osalta. Perinteisessä ohjelmoinnissa koneelle on jo kirjoitettu kaikki säännöt ja nähdään deterministisesti, että asiat eivät voi tapahtua toisin. Tekoälyn paradigmalle oleellista on saada uusista opetetuista säännöistä uudelle datajoukolle järkiperustaisia ennusteita ulos. Perusohjelmoinnin algoritmit perustuvat käytännössä deduktiiviseen päättelyyn, jossa valmista teoriaa sovelletaan käytäntöön, kun koneoppimisella voidaan synnyttää myös uuden teorian aikaansaaminen induktiivisen päättelymenetelmän pohjalta.

Logistiikkaketjuissa on monenlaisia toistuvia rutinoituja tehtäviä sekä toimintoja ja dataa on tarjolla paljon eri osa-alueiden toiminnoista, joten tekoälylle voisi haastattelujen perusteella olla monenlaisia markkinoita vielä tarjolla logistiikkasektorilla ohjaamalla koneen oppimaa tietoa uusiin käyttökohteisiin, joissa voidaan hyödyntää todennäköisyyksiin perustuvaa laskentamallia.

## **Simulaattorit tosielämän tilanteiden mallintajina**

Satakunnan ammattikorkeakoulussa toimii merenkulun simulaattoreiden lisäksi robotiikkasimulaattori ja moottoritestauslaboratorio Porissa. Simulaattoreiden ja osaamisen yhdistäminen havaittiin hankkeen aikana tärkeäksi osaksi merilogistiikan ja merenkulun

tutkimusta. Haastatteluissa kartoitettiin yrityskehityksen kokemuksia simulaattorien käytöstä. Käytännön harjoitteet voidaan tehdä Rauman Merimäen kampuksella, mutta robotiikan ja automaation yhdistämiseen on tärkeä nähdä koko Satakunnan ammattikorkeakoulun osaajaverkoston rooli. Merenkulun simulaattoreissa suurena merkityksenä on ollut yhteistyö telakan ja uudisrakennusten omistajien kesken esimerkiksi aluksen koeajoissa.

Uudisrakennukset ovat miljoonien osien komplekseja ja eri valmistajien osista koostuvia. Lohkoketjumalli myös laivantuotannossa ja immateriaalioikeuksien soveltamisalalla johtaa tulevaisuudessa todennäköisesti yhä enemmän siihen, että kappaleiden omistajuus saadaan digitaalisesti liitettyä kuhunkin eri kappaleeseen. (Salonen, 2022). Omistajuuden lisäksi vikatilanteiden paikallistaminen helpottuu. Satakunnan ammattikorkeakoulun mahdollisuudet modernin 3D-suunnittelun tutkimuksessa yhdistettynä käytännön merikokeisiin navigointi- ja konehuonesimulaattoreissa on tulevaisuuden mahdollinen kehityskohde meriteknologisessa toimintaympäristössä laivojen koeajojen ja itse fyysisesti todellisissa laivoissa tehtävien testausten ja mittauksien lisäksi. Laivojen raakasuunnittelun osaaminen on vahvaa Aasiassa, mutta tarkkarajaisempi ja yksityiskohtaisempi suunnittelu 3D työkaluilla ja tulevaisuudessa koneoppimista hyödyntäen on vielä aloja, jossa Suomi voidaan nähdä alan toimijakentän arvion mukaan kilpailukykyisenä laivanrakennussuunnittelun mallimaana.

Energiatuotannon lisääntyessä merialueilla vaikuttaa se monelta osin myös meriteknologian kehitysvaatimuksiin. Uuden tuotannon synnyttäessä tulee kartoittaa maantieteellisen alueen alkutila ja topografia sekä mallintaa alueelle suuntautuvien kuljetusten liikenne sekä valtateillä, satama-alueilla että itse merialueilla. Simulaattoriympäristössä eri alueiden mallitus voidaan tehdä turvallisesti ja ympäristöystävällisesti eri aluksilla ja käytössä on myös dynaamisen paikallaanpidon testaaminen. Satama-alueiden ja sataman hallinnollisten alueiden mahdollinen tulevaisuuden rooli energian tuotanto- tai välityspaikkana vaatii monenlaista suunnittelua sekä maantieteellisesti, alueen käytöllisesti ja infrastruktuurin sijoittelun ja toimivuuden kannalta. Suunnittelun avuksi tultaneen tarvitsemaan runsaasti myös Suomen korkeakoulukentässä olevia suunnittelulaitoksia.

Uusien polttoainelaatujen ja hybridiratkaisujen osalta haastattelujen koodaamisessa havaittiin, että erilaisten polttoainelaatujen toimivuutta erilaisissa aluksen kuormitustilanteissa olisi tärkeä mallintaa eri alustyypeillä. Uudisrakennuskohteiden lisäksi myös retrofit-aluksiin soveltuva ja simulaattoriympäristössä toteutettava kokonaisuus tulisi nähdä isossa roolissa. Oleellista olisi, että ennen merikoeajoja erilaiset yllättävät ongelmat sivutettaisiin simulaattoreita hyödyntämällä entistä paremmin. Simulaattoreiden rooli myös laivatekniikan ja konehuonejärjestelmien ja automaation ymmärtämisessä aluksen navigoinnin lisäksi konehuoneessa, jossa erilaisia järjestelmiä löytyy lukuisia aluksen muun ohessa liikutteluun, LVI-tekniikkaan ja sähkötekniikkaan

liittyen (Kuva 2). Simulaattoreiden hyödyksi hankkeen aikana paljastui esimerkiksi järjestelmien suunnitteluteollisuudessa työskentelevien asiantuntijoiden mahdollisuus mallintaa erilaisia toimintoja alusten virtuaalisessa konehuoneessa. Suunnittelun lisäksi käytännön kokemus esimerkiksi konemestarin yleisistä päivärutiineista ja järjestelmien kytkemisestä osoittautui tärkeäksi lisäarvoa tuottavaksi palvelukokonaisuudeksi yritysille.



*Kuva 2. Simulaattoreita voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin. (Aavekellari)*

Muiden asioiden lisäksi myös perinteisissä elinkeinoissa voidaan kokemusperäisten osien lisäksi tarkastella asioita simuloiden. Kalastusalusten käsittelyn harjoittelu sekä paritroolauksen lainalaisuuksien oppiminen olisi sekin simulaattoreilla yksi harkinnanvarainen toteutusidea, mikäli mielenkiintoa aiheeseen löytyisi laajemminkin.

Teollisuuden robotiikkaan liittyvät kokeilut on mahdollista testata laboratoriossa. Eri tuotantolaitosten tuotantoprosessien uudistusten simulointiin ja käytäntöön jalkauttamiseen voidaan nähdä synergiaetuja sekä RoboAI-laboratoriosta, tiedolla johtamisesta, että merilogistiikan simulaattorista. Suoranaisten ratkaisujen lisäksi myös laajempien osa-alueita läpikäymällä, voidaan havaita tarkemmat mahdollisuudet yhteistyön syntymiselle.

## Merilogistiikan prosessien optimointi

Merilogistiikan prosessien optimoinnilla tarkoitetaan logistiikan ja toimitusketjun hallinnan tehostamista ja parantamista. Tämä voi sisältää useita eri tekniikoita ja menetelmiä, kuten tiedonhallinnan parantamista, tiedonkulun tehostamista, prosessien automatisoimista, varaston hallinnan tehostamista ja häiriötilanteiden hallintaan varautumista. Tärkeä osa optimoinnin onnistumisessa on määrittellä tavoitteet ja mittaaminen, jotta voidaan arvioida parannusten vaikutuksia ja jatkuvasti tehostaa prosessia.

Optimoinnin tavoitteena on parantaa logistiikan suorituskykyä ja tehokkuutta, vähentää kustannuksia, nopeuttaa toimitusaikoja ja parantaa asiakaspalvelua. Tämä voi parantaa yrityksen kilpailukykyä ja lisätä sen menestystä. On tärkeää muistaa, että logistiikan prosessien optimointi ei ole yksittäinen projekti, vaan jatkuva prosessi, joka edellyttää jatkuvaa tarkkailua, arviointia ja parantamista. Jokaisen yrityksen logistiikan prosessit ovat erilaiset ja niiden optimoinnissa tarvitaan yksilöllistä lähestymistapaa.

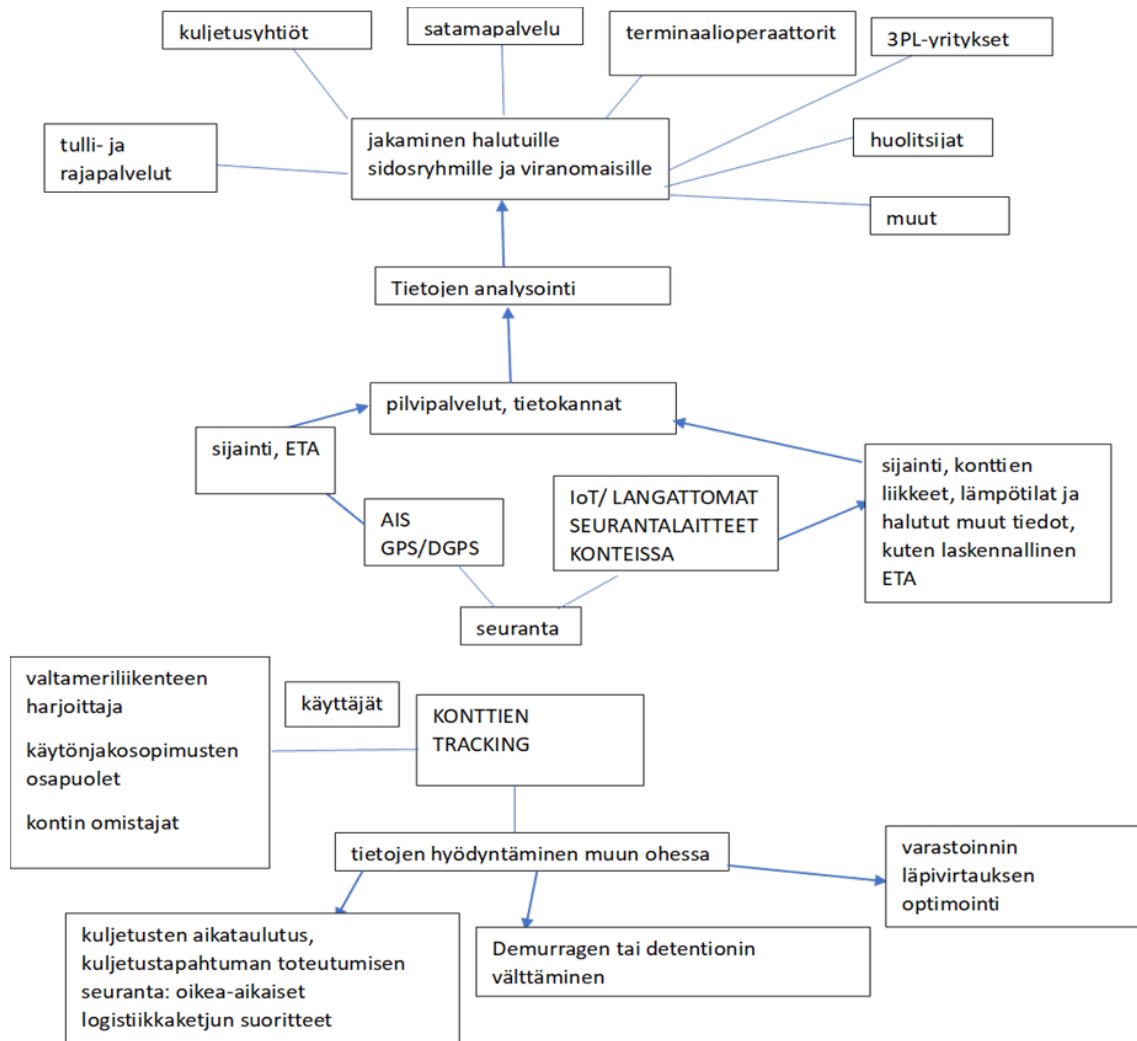
Merilogistiikka käsitteenä viittaa kaikkiin logistiikan prosesseihin ja toimintoihin, joilla on liittymäpinta meritse tapahtuvaan tavaroiden kuljettamiseen ja hallintaan. Merilogistiikka muodostuu säteittäisestä toimijakehästä. Keskeisessä roolissa ovat satamatoiminnot, itse laivaliikenne, rahtien hallinta, varastointi ja huolinta sekä rahdin kuljetus. Se voi sisältää myös muita tärkeitä näkökohtia, kuten tullaus- ja tulliselvitysprosessit sekä laivaliikenteen aikataulutus ja reittisuunnittelu. Satamatoiminnot ovat keskeinen osa merilogistiikkaa. Satamissa tavarat lastataan ja puretaan aluksista, varastoidaan tarvittaessa, ja suoritetaan tullimuodollisuudet ja dokumentaatiot. Satamatoiminnoissa käytetään usein erilaisia nosto- ja lastauslaitteita, kuten kontinkäsittelykoneita ja satamalaitteita.

Laivaliikenne on toinen tärkeä osa merilogistiikkaa. Laivat kuljettavat tavaroita eri satamien välillä ja toimivat keskeisenä kuljetusmuotona kansainvälisessä kaupassa. Laivaliikenteeseen liittyvät asiat, kuten rahtimaksut, reittisuunnittelu, lastinkäsittely ja lastaustekniikat, ovat osa merilogistiikan kokonaisuutta. Rahtien hallinta on tärkeä osa merilogistiikkaa, koska se käsittää tavaroiden tehokkaan organisoimisen ja seurannan matkan eri vaiheissa. Tämä voi sisältää varastoinnin, inventaarion hallinnan, kuljetusten aikatauluttamisen, kuljetusasiakirjojen käsittelyn ja seurannan sekä viestinnän sidosryhmien kanssa. Varastointi ja huolinta liittyvät merilogistiikkaan kiinteänä osana. Varastotilat tarjoavat väliaikaisen säilytyspaikan tavaroiden käsittelylle ja hallinnalle ennen niiden siirtämistä eteenpäin. Huolinta puolestaan kattaa erilaisia palveluja, kuten tavaroiden pakkaamisen, kuorman käsittelyn ja tullimuodollisuuksien hoitamisen.



Kansainvälisessä merilogistiikassa keskeisesti vaikuttaa kansainvälinen sääntelykehikko ja erilaiset määräykset, jotka liittyvät itse meriliikenteeseen, lastaamiseen, tullimääräyksiin ja erilaisiin turvallisuusstandardeihin. Tämän lisäksi merikuljetuksen tilaaja voi sitouttaa sopimuksin eri vaatimuksia ja eri intressiryhmistä myös vakuutusyhtiöiden vaateet erilaisille kuljetuksille ovat merkittävänä osana merilogistiikan kokonaisuutta.

Merilogistiikan prosessien optimointiin liittyvä tuotantokokonaisuus tulevaisuudessa on alustojen yhteisintegraatio siten, että se toimisi kaikille kuljetusketjussa mukana olevilla tahoille. Monessa tapauksessa järjestelmiä pystytään integroimaan keskenään. Yhteinen alustamalli, johon liittyminen olisi mahdollista moduulien tai rajapintojen kautta koko merilogistiikan toimijakentän osalta on asia, jota on yrityskentässä arveltu tärkeänä kehityskohteenä. Järjestelmien tulee näyttäytyä integrointien myötä myös loppukäyttäjälle selkeänä kokonaisuutena. Käytännössä järjestelmien välillä oleva reaaliaikaisen tullaustiedon siirtyminen esimerkiksi huolintaliikkeeltä suoraan satamakonekuljettajalle on yksi mietitty kehitysaskel. Konekuljettaja saisi tiedon oikea-aikaisesta lastin hakemisesta, kun lasti on vapautettu hänelle ilman välikäsiä. Huomattavan paljon asioita olisi vielä tehtävissä esimerkiksi tullauksen robottiohjelman käyttöönotossa, mutta lainsäädännön raamien rooli tullauskokonaisuudessa rajaavat pois tiettyjä toimia. Yhtenä merkittävänä roolina voi olla myös kuljetusliikkeiden resurssien vähäisyys. Vaikka tieto on hyvissä ajoin tiedossa esimerkiksi laivan saapumisesta, niin pikaisiin muutoksiin reagoiminen ei ole toimijakentällä joka hetki mahdollista. Lisäksi älykäs merenkulku ja taloudellisen ajon mahdollistaminen merellä on tärkeä huomioida tulevaisuudessa. Tulevaisuudessa on vielä isona kysymyksenä, miten konttien seuranta toteutetaan tulevien vuosien aikana (Kuva 3). Maerskin ja IBM:n kehittämä lohkoketjuteknologiaan perustuva alusta on viimeisimmän tiedon mukaan pois käytöstä. Tilalla on kuitenkin muita toimijoita maailman konttimarkkinoilla. Alustojen käyttäjiä ovat olleet kansainvälisesti eri kuljetusyhtiöt, satamapalveluorganisaatiot, terminaalioperaattorit, 3PL-yritykset sekä huolitsijat sekä viranomaistoimijat tulli- ja rajapalvelut. Vielä vuosi sitten Tradelens-palvelu kattoi yli puolet maapallon konttiliikenteestä valtameriliikenteessä. Pohdittavana kohteenä on, että keille toimijoille sovellus tarjoaa hyötyjä ja millainen palvelu konttien merilogistiikassa olisi omiaan palvelemaan intressiryhmien tarpeita. Kontin statustietojen lisäksi uusilla sovelluksilla nähdään mahdollisuuksia demurrage (lastinantajan velvollisuus maksaa varustamolle, jos lastaukseen kuluu lastinantajan toimesta sovittua enemmän aikaa) ja detention (viittaus aikaan, jolloin kontti on vuokraajan käytössä. Laivayhtiön konteilla on aina määritetty vapaa-aika, kauanko sopimus oikeuttaa niiden vapaaseen lastaamiseen tai purkuun) kustannusten kontrollointiin. Vaikka alustat nähdään suurten tavaravirtojen sujuvoittamisessa, on niiden soveltuvuutta myös lähiliikenteeseen pohdittu runsaasti. Satakunta elää vahvasti vientiteollisuudesta ja raaka-aineiden tuontikuljetusten tilannekuvatietojen avoimempi jakaminen voisi olla yhtenä osatekijänä ratkaisemassa suoraviivaisempaa ja oikea-aikaisempaa logistiikkaa. (Spotworx 2023; Hintsov ym., 2021, 66–71; Konttivuokraus 2023)



Kuva 3. Konttien seurannan havainnekuva valtameren konttiliikenteessä. Seurantasysteemillä nähdään sovellettavia osia myös lähiliikenteen tavaravirtoihin. (Spotworx 2023; Hintsov ym., 2021, 66–71).

Käsitteet:

- AIS Automatic identification system, alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä
- GPS Global Positioning System, maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä
- DGPS Differentiaalinen GPS paikannus, GPS paikannuksen alueellinen tarkennusmenetelmä
- ETA Estimated time to arrival, Arvioitu saapumisaika
- Demurrage Lastaus- ja purkausajan ylityksestä rahtaajan aluksen omistajalle maksama lisäseisonta-ajan korvaus
- Detention Rahdinkuljettajan rahdinantajilta perimä maksu kuljetuskontin palautuksen viivästymisestä.

Kansainvälisissä ympäristötoimissa peräänkuulutetaan päästöjen vähentämisen yhtenä mekanismina digitalisaation kehittämistä kuljetusketjuissa, mikäli digitalisaatiolla voidaan sujuvoittaa yritysten toimintaa tai logistiikkaketjujen toimivuutta. (Digitaalisen tiedonjaon lisääminen logistiikka-alalla-kysely 2021). Suomen ja Satakunnan yrityskehittäjä toimii merkittävältä osalta kansainvälisten yritysten tytäryhtiömallilla eli myös kansainvälisten emoyhtiöiden ohjeet ja määräykset ulottuvat pitkälti suomalaisen yrityselämän yritysorganisointeihin ja sen kautta myös erilaisiin sähköisiin järjestelmiin.

Digitalisaation ja automatiikan lisääntyvällä hyödyntämisellä voidaan kuitenkin nähdä merkittäviä mahdollisuuksia logistiikkaketjuissa ja tavaravirtojen läpivirtauksessa esimerkiksi Satakunnan teollisuusalueilta ja satamista Eurooppaan ja kolmansiin maihin sekä päinvastoin merilogistiikan kentän kansainvälisen luonteen ansiosta. Digitalisaatio pääsee oikeuksiinsa, kun se kohdistetaan kokonaisuudessaan tuotannon arvoketjuun. Jos logistiikkaketjun osa-alueiden kustannukset ovat edullisempia sekä tavaroiden tuotannossa, lastaamisessa että purkamisessa ja kuljetuksessa lopulliselle käyttäjälle, on myös uusien aluevaltausten synnyttäminen kestävässä teollisuudessa kannattavampaa. Kuljetusketjujen kokonaiskustannusten halpenemisen vaikutuksia aluetalousmaantieteeseen on selvitetty Yhdysvalloissa taloustieteilijä Krugmanin mukaisesti nimetyllä talousmaantieteen mallilla, joka toteutettiin teollisuus- ja maataloustuotteita kuluttamalla, mutta siinä ei huomioitu palkkaan sidottujen palveluiden kuluttamista (Laakso & Loikkanen, 2016, s. 66). Mallin havaintojen mukaisesti kuljetuskustannusten riittävä alennus näyttää talousmaantieteellisesti siten, että teollisuuden keskittyminen vähenee ja seurauksena on teollisuuden aluetaloustieteellinen hajautuminen. Kuljetusteknologian kehitys ja alentuneet kuljetuskustannukset kompensoivat tiiviin kaupunkialueen osoittamia etuustekijöitä. Vaikka mallia on todennettu Yhdysvalloissa, voidaan sillä nähdä soveltamiskohteita myös laajalle leviytyneen Satakunnan elinkeinoelämään. Suurimmat palveluelinkeinon tuottajat keskittyvät Satakunnassa pääosin kaupunkialueille, mutta vientiteollisuutta ja alkutuotantoa löytyy maakunnassa laajemmin ympäri maakuntaa. Satakunnan vientiteollisuuteen ja uuteen syntyvään teollisuuteen sekä sitä tukeviin toimintoihin tarvitaan laajalti maa-alaa maakunnasta ja erinomaisia liikenneyhteyksiä sekä kotimaassa että ulkomaiden suuntaan.

Älykkäiden liikenneinfrastruktuurien lisäksi myös teiden ja rautateiden välityskyky on haastatteluiden mukaan tärkeä ottaa laajempaan tarkasteluun Satakunnan rautatieväylät ja maantiet. Kaupallinen Digirata-hanke välille Tampere – Pori/Rauma on vahvasti etenemässä ja tukee omalta osaltaan suuresti digitalisoitumista satakuntalaisten logistiikkaketjujen osalta. Maakunnan kaupungit kokevat vahvasti tutkimusaineiston mukaan raideliikenteen tarpeen ja mahdollisuudet, sekä ovat vahvasti kehittämässä rataliikennettä muun muassa poistamalla turhia taseistuksia satamaosuuksilta. Valtatie 8:n älyväylän vertaamisessa on käytetty vertailuna ja pohjana niin Iso-Britannian UK Digital Roads visiota digitaalisista teistä vuonna 2025 kuin

myös Saksankin mallia vastaavasta järjestelmästä. Saksassa on älyväylän yhteydessä tutkittu myös raskaan liikenteen taukopysäköintialueiden uutta potentiaalia digitalisaatiosta saatavan työkalun avulla. Tämä hankeidea on noussut samoin satakuntalaisista logistiikkaketjujen toimijoiden keskuudesta heitä haastatellessamme. (Rantala ym., 2022, s.12)

Älyväylä-kehitys siis mahdollistaa paljon uutta dataa myös digitalisoituneille logistiikkaketjuille. Älyväylästä saataisiin tietoa tukemaan niin reitin suunnittelua kuin resurssin käyttöä, puhumattakaan sääolosuhteiden vaikutuksista tai oikea-aikaisesta toimituksesta. Kuljetusketjujen potentiaali reagoida nopeasti muuttuviin tilanteisiin saataisiin osaksi logistiikka-alan palvelua ja näin ollen kilpailuvaltiksi. Älyväylä-kokonaisuus vaatisi toimiakseen paljon yksityiskohtaista osaamista eri aloilta niin robotiikasta kuin myös tietoa varsinaisen operatiivisen työn suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Satakunnan rataverkko on pääosin yksiraiteista rataverkkoa, ja sallittu akselipaino monin paikoin on vielä 22.5 tonnia pääradan 25 tonnin sijaan. Satakunnan ja muun Suomen välillä kulkevat suuret rahtimäärät muun ohessa Keski-Suomesta ovat avanneet keskustelua suuremman rautatieyhteyden palauttamisesta Haapamäeltä Poriin LNG-käyttövoiman vetureilla. (Korhonen ym., 2017, s.7) Myös Rauman ja Kokemäen välillä on keskusteltu uuden tavaraliikenteen raiteen rakennuttamisesta. Kokemäen ja Harjavallan väli sekä Mäntyluodon ja Tahkoluodon raidevälin suurin sallittu akselipaino on 22.5 tonnia ja teollisuuden kuljetusten lisääntyminen tulee tuomaan painetta rautateiden kantavuuden kasvattamiseen.

Uudet raideosuudet rakennettaisiin todennäköisesti noudattamaan pääradan maksimimääräisiä akselipainoja. Satakunnan raideliikenteen strateginen pohjustustyö tulee näyttäytymään tulevana vuosikymmenenä suuressa roolissa. Porin sekä Mäntyluodon väliselle rataosuudelle valmistui sähköistetty rataosuus 2020 ja raiteen kantavuutta parannettiin 25 tonnin akselipainolle. Mäntyluodon ja Tahkoluodon välillä sähköistämiseen liittyvät toimenpiteet ovat työn alla. (Väylävirasto, 2022b).

Satakunnan liikenneväylien kohennusta ei tule sivuuttaa. Maakunta kuuluu TEN-T-ydinverkon sijasta TEN-T-kattavaan verkkoon, mutta silti olisi ensiarvoisen tärkeää huomioida maantieväyläverkoston välityskyky. Tämän lisäksi hankkeen tuloksena voidaan osoittaa, että Pohjanmaan ja Satakunnan välinen suurempi raideyhteys on tärkeä uudelleen tutkia hyötöpohjaisesti kansantaloudellisilla ja huoltovarmuuteen tähtäävillä mittareilla ja kriteeristöillä. Väyläinvestoinneilla turvataan kuljetusten viiveetön toimivuus ja turvataan paremmin vientivetoiselle Suomelle elintärkeää ulkomaankauppaa.

Maantieverkoston kohentamisen lisäksi autoihin asennetut sovellukset mahdollistavat paremman reittisuunnittelun, lakisääteisten lepoaikataukojen järjestämisen sekä polttoainetaloudellisen ajosuoritteen. Myös kuljetusyhdistelmän oikea koko erimäärisiin tavaravirtoihin nähden on alalla ollut pitkään mietitty kokonaisuus. Kuormakoon kasvattamiskokeilut sekä HCT-rekkojen (high capacity transports) että LHT junien (longer and heavier trains) osalta ovat jo osoittaneet, että suuremmilla kuormamäärillä kuljetuksia voidaan tehostaa ja hiilijalanjälkeä pienentää personoiduissa kuljetussuoritteissa rautateillä ja maantiellä (Metsähallitus 2020). Tulevaisuudessa onkin tärkeä mallintaa LHT-junien liikennettä ja pohtia tarvehankintaisesti niiden käyttöä eri osissa Suomea meriliikenteen vaihtoehtona alueilla, joissa meriliikenteen järjestäminen ei nähdä kannattavaksi tai mahdolliseksi. Suurimmat kokonaiskapasiteetiltaan 6000-tonniset junat alkavat vastaamaan pientä rahtilaivaa kokoluokaltaan. HCT-rekat ovat pitkälti liikenteessä jo monessa osassa valtakuntaa. Pitkien junien soveltuvuudesta Suomen rataverkolla ja järjestelyratapihoille on tärkeä tehdä jatkuvaa mallitusta meriliikenteen kehityksen lisäksi. Geopoliittisten tilanteiden johdosta kuitenkin Venäjän ja Suomen välinen rahtiliikenne on murroksessa, joten kokeilut ovat viime vuonna olleet vähäisempiä Vainikkalan ja Kotkan seudulla. Valtion väyläverkon investointiohjelmassa vuosille 2022–2029 (Väylävirasto 2022a) ei ole Satakunnan osalta mainintaa rautatieverkon kehitysinvestoinneista. Maantieväylille on tulossa investointiohjelmassa parannusta Porin keskustan kohdalla valtatie 2:lla. Lausuntoihin liittyviä uusimiskohteita, jotka eivät sisälly investointiohjelmaan on listattuna parannuksia valtatiellä 2 välillä Pori-Punkalaidun ja valtatie 8:lla Turun, Rauman ja Porin välillä sekä valtatie 11:lla. Tieinvestoinnit näyttävät kuitenkin Satakunnan osalta väestöllisesti kasvavia alueita ja muutamia kantavan verkon alueita heikommilta tulevana vuosina. Teollisuuden ja huoltovarmuuden kannalta maakunnan tieverkon parannus päävaltatieväylillä nähdään kuitenkin haastattelujen valossa maakunnan teollisuudelle ja yritysalamalle erittäin tärkeänä elementtinä pelkästään maakunnan saavutettavuuden kannalta. (Valtion väyläverkon investointiohjelma vuosille 2022–2029). Maantiekuljetusten lisäksi yritysalamalle tärkeää on turvata lentoliikenne Satakunnasta sekä nopeiden rahtikuljetusten tarpeisiin että työvoiman liikkuvuutta ajatellen. Yritysalamalle osaajaverkoston nopea siirtyminen Suomen sisällä nähdään erittäin suuressa roolissa. Aiheesta on ollut monipuolista keskustelua myös tiedotusvälineissä. Asiakkaiden tarpeet kuljetuksille ovat nopeuden, saatavuuden ja kustannusten osalta hyvin moninaisia, näin ollen tulee myös olla kuljetusten monipuolisuudenkin. Myös satamien valinta eri asiakkaiden kuljetuksille on moninainen prosessi. Esimerkkinä voidaan mainita, että osa Satakunnan sahatavarasta kulkee Kotkan sataman ja Keski-Euroopan kautta Egyptiin. Yritysten ja asiakassuhteiden rooli päätöksenteossa on suuri, mutta valtio voi väyläverkon kunnolla, kapasiteetilla ja toimivuudella sekä polttoaineverotuksella, väylä- ja ratamaksuilla sekä mahdollisilla tuilla osallistua kuljetusten käyttämisen ohjaamiseen. Ennen geopoliittisia haasteita myös rautatieliikenteen ja maantieliikenteen yhdistelmä Venäjälle oli laajasti käytetty kuljetusmuoto yhdistettynä kuljetuksena. Satakunnan satamissa tiekuljetukset

ja rautatiekuljetukset jakautuvat Raumalla 40 rautateitse ja 60 prosenttia maanteitse ja Porin satamassa suunnilleen puolet ja puolet (kuva 4). Kotimaan vesiliikenteessä kulkee lähinnä raakapuuta sahateollisuuteen ja lentoliikenne nähdään tärkeässä roolissa Satakunnassa nopeissa henkilö- ja erikoistavarakuksissa.

Arvoketjujen lisäksi logistisen tuotantoketjun kustannusten optimointi tulee laajempaan tarkasteluun. Valtameriliikenteessä olevaan konttien seurannasta voidaan ottaa vaikutteita myös pienempien tavaravirtojen seurannan kehitykseen kotimaisessa logistiikassa. Kuljetustietojen reaaliaikainen jakaminen halutuille sidosryhmille voidaan nähdä osana avoimempaa ja suoraviivaisempaa logistiikkaketjua, kun vuokratut sekä varustamoiden konttien liikkeitä ja varastointiajajat voidaan jäljittää ja varustaa digitaalisella tilannekuvatiedolla. Myös muut kuljetuksen tai sen osapuolten oleelliseksi arvioimat tiedot voidaan kytkeä osaksi konttien tietohallintaa. Konttien seurantaan on nähty hyötyjä laivan käyttöä koskeviin eri osapuolten välisiin sopimuksiin, jossa kustannuksia ja vastuita on jaettu eri osapuolten kesken. Hyödyt kohdistuvat ylipäättään valtameriliikenteen konttikuljetuksiin ja myös konttien omistajille voidaan jakaa heidän toimintaansa tukevia tietoja.

Teollisuus- ja yrityselämän haastatteluista havaittiin tärkeänä kantana, että suoraviivaisen tiedon jakaminen kuljetusten etenemisestä olisi tärkeä saada tietoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa sekä jatkokuljetusten suorittajille että teollisuudelle. Myös kulkuohjeet- ja purkaussuunnitteluohjeet eri tuotantoalueille saavuttaessa olisi tärkeä olla ajoneuvoyhdistelmän kuljettajan tiedossa riittävän aikaisin. Maantielogistiikkaan liittyvän tietorahdin, junaliikenteen digitaaliset tiedot sekä laivojen kulkutietojen yhdistäminen logistiikkaketjujen kokonaisuuteen on asia, jota tulevaisuudessa tultaneen rakentamaan entistä merkittävämmäksi osaksi toimivia logistiikkaketjuja.



*Kuva 4. Toimivat yhteydet sekä maanteillä että rautateillä satamiin ja teollisuuspuistoihin korostuvat tulevaisuudessa uusien teollisten toimijoiden suunnatessa teollisuuden toimintojaan Euroopassa (Aavekellari).*

## **Simulaatioiden käytön hyödyntäminen logistiikkaketjujen prosessien optimoinnissa ja validoinnissa**

Simulaatioiden käyttö logistiikkaketjujen prosessien optimoinnissa ja validoinnissa on hyödyllistä monin tavoin. Simulaatioiden avulla voi nähdä, kuinka erilaiset muutokset ja ratkaisut vaikuttavat lopputulokseen ja tehdä ennakoivia arvioita siitä, miten logistiikkaketju toimii ennen todellisen toteutuksen aloittamista. Tämä auttaa minimoimaan riskit ja varmistamaan, että logistiikkaketjun toiminta on tehokasta ja taloudellista. Simulaatioiden avulla voit myös testata ja validoida erilaisia logistiikkaketjun prosessien skenaarioita, jotka mahdollisesti esiintyvät todellisessa tilanteessa. Tämä auttaa varmistamaan, että logistiikkaketju on valmisteltu ja varustettu tarvittavilla resursseilla ja teknologioilla mahdollisten ongelmien ja häiriöiden varalta. Lisäksi simulaatiot tarjoavat mahdollisuuden tutkia ja vertailla erilaisia logistiikkaketjun suunnitteluratkaisuja, jotta voi valita parhaan mahdollisen ratkaisun. Tämä voi sisältää erilaisten reititys- ja varastointistrategioiden vertailun, jotta voi löytää optimaalisen tavan hallita ja toimittaa tuotteita asiakkaille.

Simulaatioiden käyttö logistiikkaketjujen prosessien optimoinnissa ja validoinnissa on erittäin hyödyllistä, ja se tarjoaa merkittäviä etuja ja mahdollisuuksia parantaa logistiikkaketjun

tehokkuutta ja taloudellisuutta. Satakunnan ammattikorkeakoulussa on kokonaisuudessaan mahdollisuus hyödyntää simulaattoreita opetusministeriön vastuunalaisissa koulutus- ja tutkimuskokonaisuuksissa sekä laivan liikuttamisessa, erilaisten voimien kohdistumisessa merirahdille sekä robotiikan toimimisesta esimerkiksi sisälogistiikan alalla. Simulaatioita voidaan tehdä yleisluonteisesti tai tapaustutkimuksen omaisesti yrityksille. Tutkimustoiminta tukee ammattikorkeakoulujen koulutustehtävää ja työelämän kehitystä eli simulaattoreiden rooli voidaan nähdä osana muuttuvaa työelämää tarjoamalla tutkimuksella ja erilaisilla mallintamismenetelmillä parempia valmiuksia ymmärtää työn lainalaisuudet ja kehittää työelämää. Merkittävänä osana on huomioida paikallinen yrityskehitys ja sen tarpeet. Merimäen simulaattoreissa paikallisen ja satakuntalaisen logistiikan lisäksi on huomioitava koko merilogistiikan toimivuus kansainvälisesti.

Simulaatiot ja automaatio ovat tärkeitä osa-alueita nykyaikaisessa teollisuudessa. Ne tarjoavat tehokkaita työkaluja ja menetelmiä prosessien suunnitteluun, optimointiin ja valvontaan. Simulaatiot teollisuudessa tarkoittavat virtuaalisten mallien luomista, jotka matkivat todellisia prosesseja, laitteistoja tai järjestelmiä. Simulaatioita voidaan käyttää esimerkiksi tuotantolinjojen suunnitteluun ja optimointiin, logistiikan analysointiin, tuotteiden ja komponenttien testaamiseen tai vaikkapa riskien arviointiin. Simulaatiot auttavat ymmärtämään prosessien toimintaa ja ennakoimaan mahdollisia ongelmia tai pullonkauloja ennen kuin fyysinen toteutus tapahtuu.

Automaatio puolestaan viittaa prosessien ja järjestelmien ohjaamiseen ja valvontaan tietokoneiden, ohjelmistojen ja anturien avulla. Automaation avulla voidaan esimerkiksi automatisoida tuotantolinjoja, robottien toimintaa tai vaikkapa liikennejärjestelmiä. Automaatio mahdollistaa tarkemman ja nopeamman toiminnan, vähentää virheiden määrää ja parantaa tuottavuutta. Lisäksi se voi luoda turvallisempia työympäristöjä vähentämällä ihmisten altistumista vaarallisille tilanteille. Simulaatiot ja automaatio tukevat toisiaan monin tavoin. Simulaatioilla voidaan testata automaatiojärjestelmiä ennen niiden käyttöönottoa ja varmistaa niiden toimivuus erilaisissa skenaarioissa. Samalla automaatio parantaa simulaatioiden tehokkuutta ja tarkkuutta, kun prosesseja voidaan ohjata ja valvoa reaaliaikaisesti.

Yhteenvedon voidaan todeta, että simulaatiot ja automaatio ovat keskeisiä työkaluja teollisuudessa, kun pyritään parantamaan prosessien tehokkuutta, tarkkuutta ja turvallisuutta. Ne auttavat yrityksiä saavuttamaan kilpailuetua ja sopeutumaan nopeasti muuttuviin markkinaolosuhteisiin.

Merenkulun simulaattoreiden tarjoamat yhteistyömahdollisuudet esimerkiksi on-line-pohjaisesti toisten korkeakoulujen tai kansainvälisten tutkimuslaitosten kanssa erilaisissa



yhteisissä hankkeissa on tärkeä nähdä osana kansainvälisiä suunnitelmia. Satakunnan ammattikorkeakoulussa RoboAI-keskuksessa on mahdollista simuloida tuotantojärjestelmät ja uudet ratkaisut ennen käyttöönottoa, merilogistiikan tutkimuskeskuksen roolina on laivojen tekninen ja käytännöllinen toimivuus ja merilogistiikkaa vaativien uusien tuotantolaitosten sekä kuljetusten ennakkotestaaminen simulaattoriympäristössä. Myös uudisrakennusten ennakkotestaamista ja uudisrakennusten rakennusaikaista ja suunnitteluajaisia simulointimahdollisuuksia tutkitaan parhaimmillaan merilogistiikan tutkimuskeskuksessa. Uusien laivojen lukuisten varaosien kulumisseuranta, automaattiset järjestelmät ja digitaalinen tiedonsiirto tulee toimia tulevaisuudessa entistä viiveettömämmin. Tulevaisuudesta puhutaan, että kappaleen omistajuus olisi mahdollista liittää eri partikkeleihin uudisrakennuksissa. Omistajuuden lisäksi eri valmistajien ja osien yhteensopivuus koko uudisrakennuksessa olisi omistajuuden myötä todennäköisesti myös helpommin todennettavissa tilanteissa, joissa järjestelmillä on häiriötiloja tai suoranaisia käytinhäiriöitä.

Teollisuuden robotiikka ja sen simuloiminen ja siitä saatujen osa-alueiden siirtäminen esimerkiksi satamalogistiikkaan nähtiin hankkeessa jo hankekuvauksen aikana tärkeänä tutkittavana kohteena. Lähtökohtaisesti simulaation ja käytäntöön viemisen prosessi menee siten, että tarkan alkutilan analyyysin jälkeen suunnitelmat viedään simulaattoriympäristöön. Tämän jälkeen tehdään tarkat analyysit ja kirjataan havainnot ylös, jonka jälkeen suunnitellaan tarkemmin uusien systemien viemistä tuotantokäyttöön. Siirtyminen simulaatiosta tuotantokäyttöön voi olla monimutkainen prosessi, joka vaatii huolellista suunnittelua ja valmistelua. Yleisesti simulaatioiden vieminen tuotantokäyttöön noudattaa seuraavanlaista polkua:

- Ensivaiheessa on arvioitava simulaation tarkkuus ja vastaavuus suhteessa tuotantoympäristöön. Simulaatioiden tulosten analysoinnilla, parametrien ja algoritmien säätämisellä ja vertailulla todellisiin mitattuihin tuotantotietoihin saadaan ensiasteena aloitettua alkutilanteen kartoittaminen.
- Toisena vaiheena on tietojen mahdollisimman kokonaisvaltainen kerääminen tuotantoprosessista ja niiden vieminen simulaattoriympäristöön. Yleisesti ottaen tuotantoprosesseissa datavaranto käsittää tuotantolaitteen tiedot, käyttöparametrit, materiaalitiedot, prosessin kestot ja muut prosessissa oleellisesti vaikuttavat tiedot. Tarvittaessa simulaattori voidaan on-line-pohjaisesti integroida suoraan tuotantolaitteen tai järjestelmän kanssa tietojenkeruujärjestelmän avulla. suoraan tuotantolaitteen tai -järjestelmän kanssa tietojenkeruujärjestelmän avulla.
- Kolmantena vaiheena on simulaation suunnitellun reaaliaikaisen, riittävän suorituskykyisen käyttöympäristön määrittely. Käyttöympäristö voi toimia osana tuotantolaitetta, olla erillinen järjestelmä tai esimerkiksi pilvipalvelu.
- Neljäntenä vaiheena on käyttöliittymän suunnittelu. Käyttöliittymässä suunnittelijat voivat hallita ja seurata simulaatiota itse tuotantokäytössä. Käyttöliittymälle vaadittavat

ominaisuudet ovat helppokäyttöisyys ja sen tulee sisältää simulaatioon tarvittavat toiminnot, joihin lukeutuu simulaation käynnistys, seuranta sekä raporttien luominen.

- Viidentenä vaiheena on simulaation toimivuuden testaaminen. Ennen tuotantokäyttöönottoa tulee suorittaa perusteellinen testaus simulaation ja sen integraation kanssa käyttöympäristöön ja varmistaa, että simulaatio toimii odotetusti ja sen antamat tulokset ovat riittävän tarkkoja. Vaiheeseen liittyy simulaation tuottamien tulosten vertailu todellisiin tuotantolukuihin ja niiden yhtenäisyyden varmistaminen.
- Viimeisenä vaiheena käyttäjälle tarjotaan koulutusta ja tukea simulaattorin käytössä. Selostetaan simulaattorien käyttäminen tuotantokäytössä. Käyttäjätuessa selostetaan tulosten tulkintaan liittyvä protokolla ja ratkaistaan esille tulevia ongelmia.

MeriLoki-hankkeessa useasti korostettiin teollisuuden merkitystä koko Satakunnan hyvinvoinnille. Vahvoina aloina Satakunnassa on perinteisesti liiketaloudellisesti mitattuna metsäteollisuus, metalliteollisuus ja kemianteollisuus. Luonnollisesti myös teknologia sekä elintarviketuotanto ovat maakunnassa merkittäviä tuotannon aloja. Satakunnassa teollisuuden osuus bruttokansantuotteesta on perinteisesti ollut valtakunnan keskitasoa korkeampi, joten myös tuotannon kehitys ja kilpailukykyinen kustannustaso tuotteiden läpivirtauksessa ovat asioita, joita pienessä maakunnassa on tärkeä korostaa. Johtamiskulttuurin kehityksen sekä lopputuotteeseen arvoa tuottamattomien toimintojen minimoinnissa löytyy yhä erilaisia mahdollisuuksia laajasti. Teollisuus hyödyntää jo nyt vahvasti automatiikkaa, ja automatiikan siirtäminen ja ennakkotestaamisen simulointi myös automatiikkaa vähemmän hyödyntävissä logistiikkaketjuissa on asia, jota tulevaisuudessa maakunnassa kehitetään yhä entisestään. Satakunnan satamat ovat kansantaloudellisesti merkittäviä vientisatamia. Niiden osuus koko Suomen viennistä normaalivuotena vuonna 2019 oli 12 prosenttia. Tuonnin osuus oli 6,6 prosenttia. Satamien valikoituminen kuljetuksille on monien tekijöiden summa. (S. Vähäsantanen, henkilökohtainen tiedonanto, 14.11.2022) Rauman sataman rooli abioottisten metsäteollisuuden tuotteiden vientisatamana tulee vahvistumaan sahateollisuuden automatisoituessa maakunnassa. Porin sataman merkitys korostuu teknologiametalliklusterissa.

Automatisoiduista toiminnoista ja niiden kokeilujen tuloksia myös Kaskisten satamasta voidaan käyttää yhtenä pohjatyökaluna pohdittaessa sen mahdollisia todellisia hyötyjä metsäteollisuuden logistiikassa. Simulointien lisäksi tietoa voidaan kerätä digitaaliseen kaksoseen, jonka avulla kokonainen satama-alue on mahdollista jäljentää ja rakentaa sen pohjalle tiedot satamalogistiikan alkutilanteesta ja lisätä tietoa erilaisilla mallinuksilla. Loppuvaiheessa toimivat kohteet viedään käytäntöön simuloinnin tapaan. Kaskisissa hyödynnetty digitaalinen kaksonen on ollut työvälineenä operatiivisten toimintojen tehostamisessa sekä kustannusten ja päästöjen vähennystoimissa. Digitaalinen kaksonen on yhä pilotointivaiheessa, mutta sen tavoitteena on esimerkiksi tavarahan hallinnoidumpi läpivirtaus sataman porteilta laivalle. (Port of Kaskinen, 2021;

NewsPool, 2021) Kokkolaa ja Kaskista voidaan satamien profiloinnin mukaisesti osaltaan vertailla myös Satakunnan satamiin. Tilannekohtaisesti esimerkiksi tavarankuljetuksesta voidaan löytää vastaavia kehityspotentiaalisia ajatelmia. Rauman sataman vilkastuessa entisestään sahatavaran ennakoitujen kuljetusten lisääntyessä ja Porin sataman ennakoitu vilkastuminen teknologiametalliklusterin ja energiaklusterin kehittyessä, tulee näyttämään entisestään siinä, että esimerkiksi digitaalisen kaksosen hyödyt logistiikalle arvioidusti toisivat esille tulevaisuuden logistiikan toimivuuden entistä tarkemman tilannekuva-analyysin.

Hankkeessa on koottu haastattelujen perusteella arvioita, mille merilogistiikan aloille automatiikkaa ja sitä edeltävää simulaatiota olisi mahdollista kehittää ja siirtää jo teollisuudessa käytetystä logistiikasta. Havainnoissa on tärkeä huomioida, että jokainen uudistus tulee miettiä yrityskohtaisesti tarkkaan yrityksen strategian ja ydinliiketoiminnan kautta. Oleellisena kohteena on myös tarkkarajainen kustannushyötyjen kartoittaminen. Tärkeänä ydinkohtana on arvioida yrityksen investointiriski esimerkiksi herkkyyden tai riskianalyysillä. Näiden laskemiseen on saatavilla kaavoja investoinnin muun kartoittamistehtävän lisäksi. (Puolamäki & Ruusunen, 2009, 247–254). Oleellista on painottaa, että alan yritysten liiketoimintojen vaihteluiden vuoksi investointien soveltuvuus tulee kartoittaa yrityskohtaisesti. Yhtäpitävää ratkaisua ei ole saatavilla.

Alla on koottu osia jo nyt teollisuuden robotiikasta ja automatiikasta sekä niistä havaittujen kokemusten siirtomahdollisuuksista myös koko muuhun ketjuun esimerkiksi teollisuuslaitosten ja laivojen välillä.

Teollisuudessa käytettyä robotiikkaa ja automatiikkaa sekä digitalisaatiota:

- Robotiikka sisälogistiikassa: kuljettimet, hihnat, keräily, viljely, jakelu (kutsupohjainen tai automaattisesti fleetinä toimivaa), varastoinnin robotit, automaattiset trukit ja mobiilirobotit. Tuotannon robotit: hitsaus, leikkaus
- Anturidata ja tekoälyn hyödyntäminen tuotannon toimivuudesta ja käytäntöissä sekä tehokkuudesta
- 3D suunnitteluohjelmat ja 3D tulostus erikoisosien puolella (Finnair Airbus A350 n. 1000 3D-tulostettua osaa) (Lassi Lähdesmäki, henkilökohtainen tiedonanto 2023)
- Järjestelmien integrointi keskenään: muun ohessa huoltojärjestelmän integraatio toiminnanohjausjärjestelmään, laskutus- ja tilausjärjestelmien integrointi asiakkaan järjestelmään
- Laivateollisuudessa hitsaus- ja esimerkiksi potkurituotannossa kiinteälapsaisen potkurin lapojen alkuteräisyyden mahdollisuus robotiikalla eli monimutkaiset aloitustyöt esimerkiksi lavan kaareuden oikeellisuudessa ja jyrkyydessä käytetyn voiman suuruuden valvonnassa on mallitettu robotiikalla (Kuosmanen, 2018, 18–19)

Robottiikka ja automatiikka, joiden simulointi ja järjestelmien kustannusten takaisinlaskenta nähtiin hankkeen aikana pohdinnan arvoisina ratkaisuuina:

- Bulk-lastien lastitoiminnot: kuljettimet, hinnat (automaattinen linjasto)
- Sahatavaran lastaus: Automaattisten puutarttujen käyttäminen tilanteiden mukaan. Puutarttuvia pilotoitu Porin satamassa Huhtaware Oy:n toimesta
- Automaattiset konttinosturit ja satamakoneet (tilanteissa ja lasteissa, joissa niille nähdään kustannushyötyjä)
- Satamakoneiden huollon ja toimivuuden tarkkailu, tuotantokäyrien laatiminen
- Varastointi: robotit, automaattiset trukit ja mobiilirobotit (kutsupohjainen tai automaattisesti fleetinä toimivat ratkaisut)
- Lastauksen aikaisten lastausvahinkojen reaaliaikainen tarkkailu digitaalisesti sovelluksella
- Satamajärjestelmien toimiminen ja ohjaus 5G verkossa

Tuotannonohjauksen tarkkailu digitaalisesti tai 5G verkon välityksellä: mahdollisuuksia hyödyntää metsäteollisuuden, bioenergian ja teknologiatuotannoissa käytettäviä tuotannonohjaukseen liittyviä seurantajärjestelmiä myös satamien lastaustoiminnoissa koneiden käynnin ja tuottavuuden osalta. Digitaalinen data antaa pitkäaikaisen pohjatiedon tuotantohjohtolle ja käyttäjälle tuotannonohjauksen vikatiloista ja toistuvista ongelmatilanteista ja esimerkiksi lastauslinjaston yleisestä toiminnasta. Auditointeja varten voidaan digitaalisesti tuottaa raportit koneiden käynneistä ja tauoista ja käyntihäiriöiden synnyttävistä tekijöistä. Raportteihin voidaan mitta-antureilla tai digitaalisilla työkaluilla lisätä mitattavia osia tuotannon tarpeen mukaisesti. Pitkän ajan tarkkailulla voitaneen tehdä johtopäätöksiä, mitkä varaosat kuljetinlinjastossa, tuotantolinjastossa tai tuotantokoneissa ja kuljetuksissa ovat kannattavia ja mahdollisia tulostaa 3D:nä koneistuksen sijaan tai 3D-tulostuksen ja koneistuksen yhteistyönä, jossa esimerkiksi vaativimmat kappaleet tehdään 3D-tulostuksena ja yleiset käyttöosat perinteisesti koneistamalla. Esimerkiksi Finnair A350-mallisessa koneessa on yli 1000 3D-tekniikalla tulostettua osaa. Oleellista on tarkastella myös varastointiaikojen ja 3D tulostuksen suhteellisen lyhyen läpimenoajan kannalta valmistuksen kokonaisaika. (Lassi Lähdesmäki, henkilökohtainen tiedonanto 22.3.2023). Tärkeää on tarkastella esimerkiksi uuden tuotteen tuotannon suunnittelussa. Samalla kun uuden tuotannon osalta huomioidaan tuotteen valmistusprosessiin kuuluvat menetelmät ja nykyisen konekannan soveltuminen uudelle tuotannolle voidaan tehdä kustannuslaskelmaa mahdollisten investointien osalta, että näyttäytykö 3D tulostus kilpailukykyisenä verrattuna perinteisempään investointiin. (Kalle Toivonen, henkilökohtainen tiedonanto 22.3.2023)

- Varaosien kriittisyysluokitus teollisuudessa ja logistiikassa voidaan toteuttaa esimerkiksi simuloimalla satama-alan tai teollisuusalan toimintoja tai digitaalisella kaksosella toteuttamalla kopio teollisesta ympäristöstä joko teollisuusalueelta tai satamasta.
- Huollon ja kunnossapidon sekä tuotannon yhteistoiminnan alkutilananalyysi sekä

simulointi ja toimintatutkimus. Luodaan suunniteltu ja yhteistyössä tehty huolto- ja kunnossapitosuunnitelma laajastikerätyllä datallakoneiden käynneistä ja tehdaspalaverien tuloksista, rakennetaan simulaatio aiheesta ja otetaan tuottavat osatekijät tuotantoon ja tarkastellaan uudelleen tuotannon ongelmia käytännössä ja mahdollisesti simulaation tai tuotantoalueen digitaalisen kaksosen kautta. Haastatteluaineiston perusteella myös tuotantolinjaston simulointimahdollisuudelle ja koulutukselle havaittiin tarve. Myös mittatekniikan kehittäminen ja mittatekniikan tai vastaavien tuotannossa olevien elementtien laborointimahdollisuus yhdessä korkeakoulun kanssa.

- Erilaisten alustyyppien ja rahtien vaatimien järjestelyiden toimivuus: hallien sijoitus, uusien toimintojen sijoitus vanhojen toimintojen päälle: toimintojen vaatiman tilan ja turvarajojen tarkkailu ja ennalta suunnittelu: suurkuljetusten mitoittaminen satama-alueelle jo suunnitteluvaiheessa digitaalista kaksosta tai erilaisia simulaatioita hyödyntäen.
- Maaliikennelogistiikan toimivuus: rautatiekuljetusten ja maantiekuljetusten toimivuuden tarkastelu ja infrastruktuurin suunniteltavien muutosten toimivuuden ennalta havainnointi. Kulunvalvonnan tehostaminen ja rautatieliikenteen parempien aikaikkunoiden hyödyntäminen esimerkiksi Kokemäen ja Rauman sataman välillä, jossa käytössä vain yksöisraide. Suunnitelmien uudelleen kartoittaminen raideyhteydestä Pohjanmaan ja Satakunnan välillä. Maakuljetussovellusten ja satamasovellusten integrointi ja kaupallisten 5G-verkon verkkojen kokonaisvaltainen tutkiminen ja tarkastelu. Saadaanko pakastusta datasta ja viiveettömistä 5G verkoista (teollisuuspuisto tai yrityskohtaiset ja logistiikka ketjuja laajemmat kattavat verkot) ratkaisuja arjen polttaviin kysymyksiin yrityskentällä Satakunnassa esimerkiksi multimodaaleissa kuljetuksissa.
- Rautateiden kulunvalvonnan ja turvalaiteinfrastruktuurin kehitystyön hyötyjen tuominen myös satamiin ja teollisuuspuistoihin ulottuvaan logistiikkaan havaittiin satamien ja maakunnan teollisuuspuistojen sekä koko valtakunnan logistiikassa olennaisena kehitysaskelena. Miten teollisuuden kuljetuksen aikaikkunoita voidaan hyödyntää paremmin yhteisesti kulkuvalvotulla rataverkolla?
- Sataman infrastruktuurin kehitys: sähköt ja valot. Mahdollisuustoteuttaasähkönkulutuksen ja valaistuksen tarkempaa seurantaa esimerkiksi päästölaskentaohjelmistoon integroitavalla tuotantokäytössä olevaan sovellukseen.
- Sataman aikaikkunoiden kehitys yhä pidemmälle ajanjaksolle satamasovellusten modifioinneilla. Agenttien, huolinnan, tullauksen ja muiden toimijoiden ja sidosryhmien entistä monipuolisempi mukanaolo digitaalisessa kehityskulussa rakentamassa todellista tarveanalyysiä, voidaan yleisesti nähdä satamien kehityksessä tärkeänä aspektina. Linjaliikenteen lisäksi projektikuljetuksiin liittyvien lastioperaatioiden tarkempi suunnittelu työkokouksissa.
- Rekkaliikenteen ja junaliikenteen reitityksiin digitaalisen kaksosen hyödyn punnitseminen. Liikenteeseen ja väylästään tehtävät päätökset ja tehdään etukäteen vuosikymmeniksi,

eli Satakunnan logistiikan toimivuuden tarkastaminen myös huoltovarmuuden kannalta tulisi ennalta mallintaa sekä sisälogistiikassa, maantieväylillä, rautateillä, satamissa ja merellä.

- Laivatyyppien soveltamisen mallintaminen erilaisiin satamiin ja uusiin kohteisiin. Esimerkiksi Ro-Ro-rampin suunnittelussa, voidaan simulaattorilla mallintaa erilaisten Ro-Ro-alusten ohjailtavuus satama-altaassa turvallisesti ja erilaisilla kelivariaatioilla.
- Laivojen rakentamisen uudet propulsioratkaisut ja niiden simulointi käytännön aluksilla eri satamissa. Esimerkkeinä Azipull/Azipod-järjestelmät ja ABB Dynafin-propulsiojärjestelmät. Satakunnan ammattikorkeakoulussa uudisrakennusten mallinnuksista on jo monipuolista kokeilua ja automaattiseen merenkulkuun sekä energiataloudellisiin propulsioratkaisuihin liittyvät haasteet on mahdollista toteuttaa erilaisin propulsioratkaisuin yritysten kanssa yhteiskehittämällä. Malleilla yleisesti pyritään parempaan hyötysuhteeseen ja polttoaineen kulutukseen.
- Kulutusosien digitaalisen kulumisen reaaliaikaisen seurantajärjestelmän kehittäminen eri laitevalmistajille. Huoltojen ja vaihtotöiden kirjaaminen digitaalisesti ja huoltojen suunnittelu todellisen tarpeen mukaisesti, kun ajankohtaiset tiedot ovat koko ajan digitaalisesti saatavilla.

Maanmittauslaitoksen Digital Twin-työryhmässä käydään läpi mahdollisuutta rakentaa Suomen kattava virtuaalinen malli tarjoamaan kattavammin yhteisen paikan paikkatietoaineistoille ja -palveluille. Tämänhetkiset tietovarannot liittyvät avaruus-, sää- ja ilmatietoihin, biomassoihin, luontoon, infrastruktuuriin, rakennuksiin, maaperätietoihin sekä väestöä koskeviin ja dynaamisiin tietoihin. (Maanmittauslaitos 2020)

Paikkatietojärjestelmällä tarkoitetaan tietokoneavusteista paikkatiedon keräävää järjestelmää. Paikkatiedolla yleisesti kuvataan maantieteellistä sijaintia tai paikkaa, jonka esittäminen perustuu monesti eri graafeihin. Paikkatietoja hyödynnetään yleisesti muun ohessa kaupunkisuunnittelussa, ympäristön hoidossa, kiinteistöjen ja erilaisten hätätilanteiden hallinnassa, logistiikassa ja markkinoinnissa. Myös uusien energiaratkaisujen rakentaminen eri yrityksille vaatii tarkkaa aineistoa sijainnissa olevasta maa-alueesta energiaratkaisun rakentamisen soveltuvuudesta alueelle.

Pohdittaessa Satakunnan osuutta virtuaaliseen paikkatietomalliin, voidaan havaita, että maakunnan elinkeinoelämällä ja kaavoitussuunnitelmilla voidaan havaita lukuisia yhtymäkohtia, joissa virtuaalisesta mallista olisi hyötyä logistiikalle. Hankkeen aikana virtuaalista mallia on pohdittu muun ohessa seuraaviin käyttötarkoituksiin:

- Uusien teollisuusalueiden rakentaminen ja maaperän ja alueen maankäytöllinen soveltuminen teollisuudelle

- Hyödyntäminen kaavoituksessa. Kaavoituksen pohjatiedon ja maaperätutkimuksen helpompi analysointi ja ympäristövaikutusten arvioinnin työkalu keskitetysti saatavilla
- Väylien ja infrastruktuurin rakentaminen: liittymät, ohituskaistat, lisäväylät, teiden leventäminen. Teollisuudelle on olennaista toimivat liikenneyhteydet.
- Satamien laajentaminen ja uusien laitureiden rakentaminen, sekä laajentamissuunnitelmien käytännön esikatselmuksella
- Energiaratkaisuihin liittyvän infran rakentamisen soveltuvuus aiempaan ympäristöön.
- Alueen soveltuvuuden mallitus eri teollisuuden aloille: logistiikan ja kuljetusten toimivuus ja esimerkiksi erikoiskuljetusten sopivuuden soveltuminen eri alueille
- Lisäväylästäön rakentamissuunnittelu ja suunnittelun toteuttaminen niemimaisille satama-alueille huoltovarmuusajatuksella

## **Digitalisaation ja etukäteissimulaatioiden käyttöönotto laivasuunnittelussa**

Hankkeessa käytiin laajasti läpi myös toisissa projekteissa tulleiden haasteiden lähtökohtia. Nykyinen laivasuunnittelu perustuu parhaimmillaan moneen eri suunnitteluohjelmaan ja eri vastuualueiden suunnittelupuoli ei välttämättä tee koko projektin ajan riittävästi yhteistyötä laivanrakennussuunnittelussa hankkeen outline- ja konseptisuunnittelussa. Yhtenä vaihtoehtona on ottaa jo järjestelmien keskinäisten toimintojen simulointi paremmin huomioon laivanrakennuksen alkupäässä. Laivan suunnittelussa puhutaan tietomallinnuksesta. MeriLoki-hankkeen aikana hankeyhteistyöllä nousi kysymys siitä, että olisiko digitaalinen kaksonen kuvien ja 3D suunnittelun lisäksi laajempi osa tulevaisuuden laivanrakennusta? Osapuolet pääsivät entistä tarkemmin tarkastelemaan suunnitelmia ja monesti rakennusurakan loppupuolella löydettävät eri valmistajien järjestelmien integraatioiden ongelmakohtat olisivat jo aiemmin tiedossa. Monet matkustaja-alustyyppit ovat tyypiltään ainutlaatuisia suunnitteluineen, koneistoinen ja osineen, rahtialuspuolella etenkin kontti- ja bulkkialuksissa sekä säiliöaluksissa on laajemmalti nähtävinään samankaltaisuuksia, mikäli laivojen aiottu jäälukitus sekä muut luokan vaatimukset kohtaavat. Kalliin mallien rakentaminen esimerkiksi alustyypeille, joita tietyt telakat rakentavat lähes massatuotantona pienine eroineen (konetehto ja mitat), nähtiin hankkeessa, että digitaalinen kaksonen voisi tuoda kustannusetuja standardisuunniteltuihin kohteisiin, joissa on kuitenkin pieniä muutoksia tehtävänä aina seuraavia kohteita rakennettaessa. Muutosten mallintaminen jo alkutilanteessa, näyttäisi, miten se vaikuttaa koko rakennuskohteeseen. Hankkeessa myös todettiin, että laivanrakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on vielä runsaasti asioita, jotka voivat parantaa prosessia ja eri suunnittelijoiden reaaliaikaista toteutuksen tilannekuvaa. Kun uudistuksia tehdään esimerkiksi putkilinjastoon, on alan ammattilaisia haastatellessa todettu, että uuden linjauksen suunnittelukustannukset

nähdään korkeina nykyaikaisesti suunnittelua tehdessä. Digitaalisessa kaksosessa olisikin tärkeää laskea kustannukset ja kustannussäästöt siihen, miten samassa kohteessa tulisi säästöjä, kun mallista koko ajan näkisi muiden suunnittelijoiden työn eteneminen. (Petteri Hyvärinen, henkilökohtainen tiedonanto 1.6.2023)

Eettinen ja kiertotaloudellinen näkökulma laivasuunnitteluun on ottaa myös aluskierrätyksen suunnittelu samanaikaisesti, kun alusta muutenkin rakennetaan. Kun laivasta on tehty tarkka mallitus järjestelmiseen, voidaan aluksen purkuvaiheen projektisuunnittelu tehdä jo hyvin ennakkolta. Laivaan rakennettavat uudet järjestelmät sen elinkaaren aikana voidaan liittää laivasta tehtyyn digitaaliseen tietomallinnukseen. Alusten kierrätysteknologioita suunnitellaan ahkerasti, mutta tosiasiallisesti alusten kierrätys tapahtuu pitkälti yhä kolmansissa maissa epäeettisissä olosuhteissa EU:n aluskierrätystä varten tehdystä isosta lainsäädäntötyöstä huolimatta. Eri purkausteknologioiden lisäksi etukäteisellä purkusuunnitelmalla saadaan kartoitettua projektin kesto ja osien kiertotaloudellinen näkökulma sekä tarkkarajaisempi purkaussuunnittelu. Esimerkiksi matkustaja-aluspuolella ja aluksissa, joissa on runsaasti asumiseen liittyviä tiloja, löytyy osia, joiden kierrätysarvo on negatiivinen. Mikäli aluskierrätys kuitenkin tehdään mahdollisimman suunnitelmallisesti, voidaan nähdä kustannussäästöjä, suunnitella uusia työmenetelmiä sekä automaattisempia kierrätystekniikoita ja luokitella varaosat entistä tarkemmin. Suuripäästöiset valtameriliikenteessä olevat laivakoneet eivät sellaisenaan sovellu kovin suurille jälkimarkkinoille EU:n ja IMO:n sääntelykehikoiden alaisissa valtioissa, joissa säännellyt päästörajat ovat valtameriliikennettä merkittävästi pienemmät.

Hong Kongin sopimuksen lisäksi Euroopan aluskierrätysasetus toimii täydentävä lisänä. Aluskierrätysasetuksella tarkoitetaan asetusta, jonka määriteltynä tavoitteena on, että aluksen purkaminen ympäristösuojelullisen tai työsuojelullisen näkökulman mukaisesti Suomessa, Euroopan unionin jäsenvaltioissa tai kolmansissa maissa. Asetus koskee EU-jäsenvaltioissa olevia aluspurkaamoita tai EU:n ulkopuolella olevia kolmansien maiden purkaamoita, jos se on listattu aluspurkaamoiden eurooppalaiseen luetteloon. Toistaiseksi ulosliputukset aluksen elinkaaren loppuvaiheessa sekä alusten purkaminen kolmannessa maassa aluskierrätysasetuksen tavoitteista poiketen on yleistä halvempien kustannusten takia. Aluskierrätysasetuksessa puhutaan vaarallisten aineiden luettelosta tai vaatimuksenmukaisuustodistuksesta. (Helin, 2018, 7–8). Hankkeen aikana punnittiin sitä näkökulmaa, että voisiko asetusten veloitteet ja uudet teknologiat toimia paremmin yhdessä. Kun laiva ja sen muutokset tunnetaan ja tallennetaan tietokantoihin ja ovat helposti digitaalisesti saatavilla sen koko elinkaaren ja purun ajan, on myös elinkaarimallin suunnittelu helpottaa. Tietomallinnus aluksesta ja sen hyötyjen kustannusten laskeminen on yksi osuus, jota tulevaisuudessa on uudiskohteissa ja vanhoissa aluksissa tärkeä laskea. Uusien purkausteknologioiden mallintaminen ja simulointi ovat myös hankkeissa nousseita ajankohtaisia asioita, jotta aluskierrätystä EU-alueella voisi yhä tarkemmin



harkita. Ekologinen ja energiatehokas kierrätetyn laivaraudan pilkkominen terästeollisuuden tarpeita varten e1 luokkaan ympäristöystävällisesti tuotetun uuden teräksen lisäksi on tärkeä pohdittava ratkaisu tulevaisuutta ajatellen. Lähialueilta tulevan laivaraudan vähäseoksisuus on seoksisesta rautaa enemmän teollisuutta kiinnostava vaihtoehto. Maailmalla uudessa teräksessä noin 1/3 on kierrätysmetallia. Kaikki nämä vaativat yhteistä kehitystyötä, toimivaa logistiikkaa merellä ja maalla sekä myös Satakunnan alueella pohdittavia vaihtoehtoja, teollisen kehän mahdollisimman toimivaksi kehittämiseksi. Romurautaan parempi saatavuus ja tehokkaampi läpivirtaama terästeollisuudelle vähän ympäristöä kuormittavien uusien teräsmateriaalien valmistamisen lisäksi on tärkeä nähdä tulevaisuudessa yhä enemmän osana teollista prosessia. Laivaraudan parempi saatavuus myös EU-alueella laivankierrätysasetuksen mukaisesti kehittyneillä teknologioilla pilkottuna, on tulevaisuuden elinkeinoelämälle tärkeä suunnittelukohta.

Parempien liikenneyhteyksien Satakunnalla voisi olla laajempi sijansa myös terästeollisuudella Suomelle materiaalien tuonnissa ja viennissä, energian tuotannossa sekä jopa itse tuotannon osana. Tilastojen valossa Suomeen tuotava romun ja jätteen määrä on huomattavasti suurempaa, kun Suomesta vietävät vastaavat eri metalliromut. Tilastoista voidaan havaita, että teollisuuden tarve romulle on olemassa ja ekologisemmat ja lähellä pilkottujen metalliromujen kustannukset ovat tärkeä huomioida laskelmissa osana terästeollisuuden tuotanto- ja logistiikkakustannuksia ja niiden vertailu. Näin ollen voidaan pohtia uutta teknologiaa hyödyntävien romujen pilkkomisen kustannusvaikutuksia. (Tulli 2021).

Perinteisen polttoleikkaamisen tai saksileikkureiden kehityksen lisäksi esimerkiksi waterjet-tekniikan ja robotiikan yhdistäminen alueella, jossa romurautaa on paljon, voidaan nähdä yhtenä keskustelunarvoisena suunnitelmana tulevaisuuden varalle. Sääolosuhteet ja jäät sekä sopiva kierrätyslatti ja kustannustehokkuus, ovat haasteita, joita on tärkeä käydä läpi. Selkeää on, se, että purettavia kohteita tulee olla paljon, jotta aluskierrätystä uudella teknologialla voidaan edes harkita vaihtoehtona. Tekniikan kehittämiseen tarvitaan yritysten lisäksi laajaa tukea yhteiskunnalta aluksi, jotta tuotannon saaminen alkuun on mahdollista.

Digitaalista ennakkosuunnittelua voidaan tehdä sekä uusiin terminaaleihin vaan jo käytössä oleviin. Jo 90-luvulla täysin automatisoituja satamia on kehitetty Rotterdamissa ja Hampurissa. Simulointimallin avulla ja simulaatiolla analysoidaan todellisen maailman käyttäytymistä tarkastellen todellisten kohteiden parametreja ja tuottavuutta. Vikaantumistilanteessa esimerkiksi nosturin rikkoutumisessa voi suunnittelija testata mahdolliset pullonkaulat ja pullonkauloihin ja vikatilanteisiin puuttuvien uudistusten toimivuus. Kun raja-arvot on määritelty etukäteen ja dataa on kerätty satamasta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja niitä verrataan simuloituihin tulokseen, voidaan tarkastella tarkemmin tuottavuus- ja tehokkuusviiveitä sekä niitä synnyttäviä kausaaliketjuja.

## Simulaattorit merenkulun mallintajina

Simulaattorien hyödyntämisen tausta-ajatuksena on turvallisempi merenkulkuympäristö ja merellä olevan navigointiympäristön mahdollisimman aito jäljittely. Merionnettomuuksia sattuu yhä ja läheltä piti-tilanteita muodostuu, joten eri skenaarioiden ennakkotestaaminen simulaattoreissa tarjoaa mahdollisuuden jäljittää ihmisen inhimillistä toimintaa erilaisissa tilanteissa ja verifioida erilaisten alustyyppien käyttäytymistä ennalta-arvaamattomissa ja uhkaavissa tilanteissa. Vastaavanlainen harjoittelu todellisessa ympäristössä on harvoin mahdollista. Simulaattorilla voidaan lisäksi suorittaa esimerkiksi puolet nykyläinsäädännön määrittelemästä linjaluotsikokeen praktiikasta, perehtyä uuteen alustyyppiin tai erilaisiin manöveeraus-järjestelyihin.

Raumalla on tarjolla Suomen ainoa 360 asteen komentosilta (Kuva 5), jossa on mahdollista perinteisten simulaatiotoimintojen lisäksi toteuttaa simulaattorin lisäosien myötä erilaisia koulutuskokonaisuuksia jääajoon. Tulevaisuuden jääolosuhteet esimerkiksi Perämerellä ja Suomenlahdella skenaarioidaan entistä haastavammiksi leutoina talvina. Laivojen pituudet, leveydet ja lastinottokyky ovat kasvaneet vuosikymmeniä myös syöttöliikenteessä ja uusien jäänmurtajien hankinnasta ja sen kirjaamisesta valtioneuvoston periaatepäätökseen on käyty moninaista vuoropuhelua. Ilmastonmuutoksella nähdään olevan vaikutuksia jääpinnan muuttumiseen kiinteämmästä jääkentästä enemmän liikkuvaksi ahtojääksi, joka vaatii jäänmurtajilta tehokkuutta. (Suomen ympäristökeskus 2020). Jääolosuhteissa navigointi vaatii jäänmurtohenkilöstön kokemustaan lisäksi myös tilanteisiin liittyvää osaamista ulkomaalaisten alusten miehistöltä. Suomeen ulkomaankaupasta ainoastaan noin 30 prosenttia kuljetetaan suomalaisilla aluksilla.



Kuva 5. Suomen ainoa 360 asteen komentosilta sijaitsee Raumalla

Toisena monipuolisena osaamishaarana on dynaamisen paikallaanpidon A- ja B-luokan simulaattoriratkaisut ja koulutuskokonaisuudet. Laskenta-algoritmeilla saadaan myös verifioitua esimerkiksi jääolosuhteiden tai matalikkojen vaikutus aluksen polttoainekulutuksiin. Simulaattorit itsessään tarjoavat laajat mahdollisuudet perehtyä Azipod-, azipull ja/tai potkurivetoisten alusten liikeratoihin. Myös optimaalisen kääntöympyrän testaus erilaisilla alustypeillä eri väylillä mahdollistuu simulaattorijossa. Aluksen ajaminen laituriin näkemällä aluksen keulan ja perän, antaa simulaattorilla aiempaa aidomman ennakkotuntuman esimerkiksi komentosillalla työskentelevän kansipäällystön jäsenen näkymään meri- ja satamaympäristöön.

Raumalla on tarjolla eritasoisia kursseja eri laajuuksilla dynaamisen paikallaanpidon saloihin (DP1-DP3). Simulaattoreilla voidaan testata muun ohessa DP 3-laitteen redundanttisuutta erilaisissa poikkeamatilanteissa. Dynaamisen paikallaanpidon tarkoituksena on aluksen paikallaanpito erilaisissa sääolosuhteissa tarkkuutta vaativissa tehtävissä esimerkiksi öljykentillä tai putkenlaskussa. B-luokan laitteita löytyy varalaitteina monenlaisista muistakin erimittasuhteiden aluksista.

Etäluotsausta ja autonomista merenkulkua on todennettu Raumalla ISTLAB-laboratoriossa. Menneissä hankkeissa on testattu esimerkiksi häiriöiden ja paikkatietojen puuttumisen vaikutusta etäohjattavien alusten ohjaamisessa. Maailmalla on merkittävää kokemusta etäohjattavista

laivoista oikeassa tilanteessa esimerkiksi Norjassa pienellä rahtialuksella. Merenkulun simulaattorit mahdollistavat eri propulsiojärjestelmien testaamisen komentosillalla, jonka toiminnot vastaavat etäohjattavan laivan komentosiltaa. Tulevaisuudessa myös merenkulun automaation ja etäohjausvalmiuksien lisääntyessä myös alusliikenneohjauksen ja luotsauksen perehdyttäminen käytännössä uusiin viranomaistoiminnan ja kulunvalvonnan ohjesääntöihin sekä regiimeihin on rakennettavissa erilaisilla simulaattorijokonsepteilla proaktiivisesti meriliikenteen kulunvalvonnan, luokituslaitosten, vakuutusyhtiöiden, rahtausyritysten ja eri sidosryhmien kanssa. Satakunnan ammattikorkeakoululla merenkulun koulutuksessa on jo otettu ISTLAB-simulaattorilla askel kohti yhä uudistuvaa luotsauslakia, joka täytäntöön pannaan Suomessa kuluvana vuonna. Eduskunta hyväksyi hallituksen esityksen uudesta luotsauslaista. Erilaisten koulutusmahdollisuuksien rakentaminen ja auditointi myös uuden lain edellyttämään PEC-todistukseen on Raumalla mahdollista. Satakunnan ammattikorkeakoulussa on pitkät kokemukset luotsauskokeiden vastaanottamiseen ja laaja paikallistuntemus Suomen alueen meriväylistä. Rauman edustan älykkääseen väylään on mahdollista mallintaa väylälle tehtävien uusien kaavailtujen investointien käytännön toteutusta ja arvioida uudistusten hyötyjä suhteessa aiempaan. Myös muiden älykkäiden väyläratkaisujen testaaminen Satakunnan satamaväylillä sekä muualla Suomessa on mahdollista simulaattorissa lisäosien avulla tilaaja-tuottajamallilla.

Rauman simulaattoreissa on mahdollista navigoida seuraavilla suomalaisilla alueilla tällä hetkellä: Ajos, Eurajoki, Eurajoki (ydinvoimala), Hamina, Hanko, Helsinki (Katajanokka, Makasiiniterminali, Länsisatama), Kaskinen, Kantvik, Kemi, Kotka, Koverhar, Loviisa, Långnäs, Maarianhamina, Merikarvia, Mäntyluoto, Naantali, Oulu, Pietarsaari, Porvoo, Raahe, Rauma, Tahkoluoto, Tolkkinen, Tornio, Turku, Utö – Isokari, Uusikaupunki, Vaasa, Vuosaari. Simulaattorissa on huoltovarmuutta ja kuljetusten turvaamista silmällä pitäen mahdollista ajaa erilaisissa tilanteissa myös saariston väylillä ja eri venesatamissa. Simulaattoriharjoittelut yleisellä mittapuulla tarkasteltuna ovat merkittävä osa tulevaisuuden taistelukoulutuksessa puolustusvoimien omissa simulaattoreissa. Myös siviilipuolen simulaattoreilla voidaan kuitenkin yhdistää osia harjoittelusta, tutkimustiedosta sekä kansainvälisestä yhteistyöstä esimerkiksi erilaisten Itämerelle aiheutuvien päästövahinkojen torjuntaharjoitteluihin.

Suomen merialueiden lisäksi navigointi on mahdollista eri satamissa Euroopassa ja muutamassa suurimmassa satamassa kolmansissa valtioissa. Alkutyypeittäin aluksia löytyy erilaisista kuiva- ja irtolastialuksista, säiliöaluksiin sekä matkustaja-aluksiin, hinaajiin ja jäänmurtajaan. Wärtsilän hallinnoimasta kokoonpanosta on mahdollista saada päivän varoitusajalla myös laajempi skaala aluksia asiakkaiden tarpeisiin, myös alueita on mahdollista liittää simulaattoreihin enemmänkin.

Yrityselämää simulaattoreilla voidaan hyödyttää esimerkiksi turvarajojen ennakkotestaamisella eri alustyypeillä suoraan uudelle teollisuudelle kulkevissa kuljetuksissa uudenmallisella alustyyppillä. Vaativien kuljetusten vikatilanteissa voidaan määritellä sääolosuhteiden vaikutus aluksen ajelehtimisnopeuteen konerikkotilanteissa ja hyödyttää teollisuutta sekä viranomaisportaita esimerkiksi aluekohtaisten turvallisuussuunnitelmien laatimisissa. Huoltovarmuutta simulaattorit tarjoavat antamalla mahdollisuuden hyvin erilaisten väylien ajamisessa karikkoisella Suomen rannikolla. Väylien kiviseinämät sekä matalat osuudet vaikuttavat merkittävästi aluksen ohjailuun. Simulaattoreissa harjoittelu on mahdollista tehdä turvallisesti ennen siirtymistä esimerkiksi uuden aluksen kansipäällystön jäseneksi.

Komentokeskuksen perustamista sekä viranomaisten ja eri alusten välistä yhteistyötä voidaan simulaattoreissa testata monenlaisten aihepiirien saattamana. On Scene Commanderin rooli, vastuut ja erilaiset etsintäkuviot on mahdollista käydä läpi yhteensä viiden eri simulaattorin yhteistyönä. Perinteinen laivan rantautuminen saattohinaajan tai muiden avustavien hinaajien avulla on mahdollista läpikäydä simulaattoriharjoittein. Polttoainekulutuksen mallintaminen erilaisilla uusilla polttoainevaihtoehdoilla olisi tärkeä tuotantokäyttöön johtava simulaattorien kehitystyö.

Konehuonesimulaattorin ja navigointisimulaattorien yhdistämisen laajempi tuotantokäyttöön vieminen olisi mahdollisuus esimerkiksi viesti- ja komentoketjujen harjoitteluun laivalla. Teknologian lisääntyessä myös virtuaalisen todellisuuden tai lisätyn todellisuuden lisähyötyjä simulaattorien harjoitteluihin ei kannata poissulkea. Kriittisten vaaratilanteiden tarkempi kartoittaminen yhteistyössä varustamojen ja merenkulun toimijoiden kanssa mahdollistaisi yhä monipuolisempien ja validimpien komentositaharjoittelujen tekemisen todellisista läheltä piti- tilanteista. Yhteistyö myös Suomen ja Euroopan merenkulkukoulutusta tarjoavien koulutuskeskusten kanssa on ensiarvoisen tärkeää.

Aluksen turvallisen navigoinnin lisäksi erilaisten alustyyppien vakauden mallitus erilaisissa olosuhteissa on simulaattoreilla mahdollista testata. Simulaattoriolosuhteissa on mahdollista mallintaa esimerkiksi lastinkiinnityslaitteistolle kohdistuvat voimat erilaisissa aallokko-olosuhteissa sekä aluksen vakavuuden säilyminen erilaisissa tilanteissa. Napa-ohjelmistosta on hyötyä sekä merenkulun koulutuksessa että esimerkiksi erilaisten kuljetusten kelirajojen ennakkotestaamisessa.

IMO ja EU lainsäädäntöelimissä säädeltyä alusten päästölaskentavelvollisuutta voidaan myös osaltaan tarkastella simulaattoriympäristössä. Reittivalintojen testaaminen, aluksen hydrodynaamisen energiatehokkuuden edistäminen kulkuvastusta pienentämällä ovat kohteita, joita simulaattoriympäristössä voidaan läpikäydä eri alustyypeittäin ja eri propulsioratkaisuin.

Simulaatiot, virtuaaliset ratkaisut ja 3D-mallit ovat yleistyneet merkittävästi, ja näihin pääsee käsiksi kuluttajatkin omalta kotikoneeltaan tai puhelimellaan. 3D-mallinnusta voi tehdä ilmeiseksi selainpohjaisilla ratkaisuilla (kuten Tinkercad) tai omilla sovelluksilla, jotka ovat useimmiten lisenssimaksujen takana. Satakunnan Ammattikorkeakoulussa on opetuskäytössä SolidWorks, jota hyödynnetään mallintamisen harjoitteluun, suunnittelutyöhön ja erilaisten simulaatioiden tekemiseen, esimerkiksi lujuuslaskentaan.

## 3D-mallintaminen ja AR-teknologia

3D-mallinnukseen käytettävät ohjelmistot muistuttavat hyvin pitkälti toisiaan. Mikäli yhden opettelee kunnolla, pääsee myös helpommin uuteen ohjelmaan käsiksi. Eroja saattaa olla paljonkin, mutta perustoiminnallisuuksiltaan ohjelmistot toimivat samalla tavalla. Merilogistiikan teemassa voidaan luoda realistisia mallinnuksia, joita voidaan hyödyntää muun muassa erilaisten tilanteiden simuloimiseen, työturvallisuuden tutkimiseen, erilaisiin perehdytyksiin ja ratkaisuiden hakemiseen. Mallinnuksista saa niin materiaalitekniikaltaan kuin muutenkin realistisuudeltaan varsin päteviä.

Mallintamista varten tarvitsee saada yksityiskohtaisia tietoja mallinnettavasta asiasta. Jos haluttaisiin mallintaa esimerkiksi toimistotila, tarvitsee määrittää, miten tarkkaan mallinnus tehdään. Tuleeko esille pienetkin yksityiskohdat vai riittääkö ulkomittojen täsmällisyys ja pienet yksityiskohdat, kuten pistorasiat, jäävät pois. Huomioitavana on kuitenkin, että mitä tarkemman ja laajemman mallinnuksen tekee, sitä raskaampaa sitä on myös käyttää ja sen myötä tarvitaan tehokkaampi tietokonekin. 3D-mallintaminen on käyttökelpoinen työkalu merilogistiikassa usealla eri tavalla auttaen suunnittelemaan, optimoimaan ja analysoimaan erilaisia merilogistiikan prosesseja ja infrastruktuureja. Seuraavassa muutamia esimerkkejä 3D - mallinnuksen hyödyntämisestä työkaluna merilogistiikassa:

- Satamien ja terminaalien suunnittelu:

3D-mallinnuksella saadaan yksityiskohtaisempaa ja laadukkaampaa tuotosta suunniteltaessa satamia ja terminaaleja sekä tehostettua itse suunnitteluprosessia. Satamien infrastruktuurin mallintaminen 3D-ympäristössä mahdollistaa eri tekijöiden, kuten laiturien, nosturien, varastojen ja liikennealueiden, sijoittelun ja optimoinnin. Tämä auttaa varmistamaan sujuvat lastaus- ja purkutoiminnot sekä tavaravirtojen tehokkaan liikkumisen satamassa. 3D-mallinnuksen avulla pystytään konkretisoimaan infrastruktuuri ennen sen konkreettista rakentamista ja näin ollen ennalta havaitsemaan mahdolliset ongelmakohdat ja muuttamaan ne käytännössä toimiviksi ennen infran todellista rakentamista.

- Laivojen lastaus- ja purkusuunnittelu:

3D-mallinnuksen avulla voidaan optimoida laivojen lastauksen ja purkamisen prosessit. Laivan lastaamisen ja purkamisen simulointi 3D-ympäristössä mahdollistaa eri lastien sijoittelun ja lastinkäsittelylaitteiden tehokkaan käytön. Näin voidaan minimoida aikaa, energiaa ja resursseja, jotka tarvitaan lastaamiseen ja purkamiseen. 3D – mallinnuksen avulla pystytään paikantamaan mahdolliset ongelmakohdat ja haasteet lastausprosesseissa sekä ratkaisemaan ne ennalta.

- Varastojen ja logistiikkakeskusten suunnittelu:

3D-mallinnuksen keinoin voidaan suunnitella varastoja ja logistiikkakeskuksia tehokkaammin ja laadukkaammin. Varastojen sisätilojen mallintaminen 3D-ympäristössä auttaa optimoimaan varastojen pohjaratkaisuja, hyllyjen sijoittelun ja liikennejärjestelyt. Tämä parantaa varastojen toiminnallisuutta ja tehostaa tuotteiden käsittelyä ja varastointia.

- Kuljetusreittien suunnittelu:

3D-mallinnusta voi käyttää yhtenä työkaluna merilogistiikan kuljetusreittien suunnitteluprosessissa. Käyttämällä 3D-karttoja ja reittisuunnittelutyökaluja voidaan analysoida ja optimoida merireittejä ottaen huomioon eri tekijät, kuten syvyys, merenpohjan muodot, sääolosuhteet ja liikenteen virtaukset. Tämänlaisen suunnittelun keinoin pystytään parantamaan reittien tehokkuutta, turvallisuutta ja aikataulujen noudattamista.

3D-mallinnus tarjoaa merilogistiikalle monia etuja auttaen suunnittelemaan ja optimoimaan satamien, laivojen, varastojen ja kuljetusreittien toimintoja, mikä johtaa tehokkaampiin ja taloudellisempiin logistiikkaprosesseihin. Lisäksi 3D-mallinnus voi auttaa visualisoimaan ja analysoimaan erilaisia tekijöitä, kuten tavaravirtoja, kapasiteetteja ja turvallisuusnäkökohtia, jotka ovat tärkeitä merilogistiikan hallinnassa ja riskien paikantamisessa.

Satakunnan Ammattikorkeakoulusta löytyy Microsoftin HoloLens 2 -lasit, jotka hyödyntävät AR-teknologiaa (Kuva 6). AR-teknologiassa hyödynnetään lisättyä todellisuutta (Augmented Reality), joka mahdollistaa nimensä mukaisesti asioiden lisäämistä holografian muodossa (ns. hologrammit) lasien läpi. Tällöin ainoastaan lasien käyttäjät näkevät kyseiset objektit. Laseja ketjuttamalla pitäisi pystyä toimimaan yhteistyössä siten, että ketjutettujen lasien käyttäjät näkevät samat objektit. SAMKissa on kuitenkin ainoastaan yhden lasit, joten tätä ei olla päästy kokeilemaan.



Kuva 6. Lisätyn todellisuuden pohdintapalaveri M/S SAMK Merenkulun komentosillalla. (Pyry Lähde)

Itse teknologiaa voi hyödyntää työturvallisuuteen liittyvissä teemoissa, uusien asioiden perehdyttämisessä ja tulevaisuudessa käytännössä rajattomasti, kun oletettavasti lasien teho, käytettävyys ja ominaisuudet paranevat. Suurena etuna laseissa on tällä se, että lasien kautta tulevat ohjeet eivät sido käsiä eli toisin sanoen kädet ovat vapaana työlle. Laseissa on myös mikrofoni, kaiuttimet ja kamera, joten laseja voi hyödyntää myös etänä kouluttamiseen. AR-teknologiaa voi hyödyntää merilogistiikassa monin tavoin:

- Varastojen ja konttien paikannus:

AR-teknologian omaavia sovelluksia voidaan käyttää reaaliaikaiseen paikannukseen ja tunnistamiseen varastoissa ja konteissa. Työntekijät voivat käyttää älylaitteita, kuten älylaseja tai älypuhelimia, jotka näyttävät heille tarkat sijainnit ja tiedot varastoiduista tuotteista tai tavaroista. Tämä auttaa vähentämään virheitä ja nopeuttamaan toimintaa yleisesti sekä myös esimerkiksi inventaarion suorittamista.

- Lastaaminen ja purkaminen:

AR-teknologian avulla voidaan ohjata ja helpottaa lastaamista ja purkamista satamissa. Käyttämällä AR-näkymiä tai hologrammeja, lastauksen toimijat voivat nähdä optimaalisen sijoittelun konteissa ja kuorma-autoissa sekä saada visuaalista opastusta kuormien asettelussa.



Tämä auttaa vähentämään aikaa ja vaivaa sekä estämään mahdollisia vahinkoja ja paikantamaan mahdolliset ongelmakohdat ennakkoon ennen kuin niistä tulee edes ongelmia käytännössä.

- Koulutus ja käsikirjat:

AR-teknologian keinoin pystytään tarjoamaan koulutusta ja ohjeita merilogistiikan toimijoille kentällä. Esimerkiksi uudet työntekijät voivat käyttää AR-laitteita oppiakseen erilaisia käsittelytekniikoita ja turvallisuusohjeita. AR-teknologiaa työkaluna käyttäen voidaan tarjota reaaliaikaista tukea työntekijöille ongelmatilanteissa, kuten korjausten tekemisessä tai vianmäärityksessä.

- Reititys ja navigointi:

AR-teknologia auttaa merilogistiikan alalla toimivia työntekijöitä navigoimaan paremmin ja helpommin heidän ennalta tuntemattomalla suurella satama-alueella tai laivalla. Esimerkiksi AR-lasien avulla he saavat reaaliaikaista navigointitietoa, kuten optimaaliset reitit, liikennemerkkit ja esteet. Tämä parantaa työntekijöiden tehokkuutta ja auttaa välttämään mahdollisia onnettomuuksia.

- Huolto ja korjaus:

AR-teknologia luo aivan uuden toimintamallin ja mahdollisuuden tukea huolto- ja korjaustoimintoja merilogistiikassa. Tekniset asiantuntijat voivat käyttää AR-teknologiaa omaavia laitteita, kuten älylaseja, nähdäkseen reaaliaikaista tietoa laitteiden tilasta ja mahdollisista ongelmista. AR-lasien avulla pystytään välittämään ja vastaanottamaan huolto-ohjeita ja vaiheittaisia korjausohjeita, mikä auttaa nopeuttamaan vianmääritystä, vähentämään seisokkiaikoja ja parantamaan yleistä laitteiden käytettävyyttä.

- Työn tehokkuus, mielekkyys ja vetovoimatekijät kasvavat samassa suhteessa:

AR-teknologiaa yhtenä työkaluna operatiivisissa toimissaan käyttäen yritys voi parantaa työntekijöiden suorituskykyä, vähentää virheitä ja parantaa yleistä tehokkuutta logistiikkaprosesseissa, samassa suhteessa vahvistaen myös työn mielekkyyttä sekä lisäten yrityksen vetovoimaa rekrytoinnin saralla.

AR-teknologia luo uusia mahdollisuuksia merilogistiikan prosessien toimivuuteen ja kattavuuteen. Esimerkkitapauksena täysin hypoteettisesti voisi olla tilanne, jossa laiva tarvitsee huoltoa Kauko-Aasiassa, mutta huollon osaaja ja ammattilainen on Suomessa. Tällöin paikan päällä oleva huoltohenkilö voi laittaa lasit päähän, otetaan etäyhteys Suomeen ja kameraa sekä äänentoistoa hyödyntäen suomalainen asiantuntija pystyy opastamaan paikallista huoltohenkilöä. Merkittäviksi kustannussäästöiksi muodostuu ainakin, kun suomalaista osaajaa ei tarvitse lennättää paikan päälle tekemään työtä, vaan pystyy antamaan tukea ja neuvoja

myös etänä reaaliaikaisesti. Älypuhelinta käyttämällä sama onnistuisi myös, mutta puhelin sitoo aina vähintään yhden käden puhelimen pitämiseen ja käyttämiseen. Tällöin aktiivinen työskentely hankaloituu tai vaatii toisen työntekijän tueksi. Sama pätee myös VR-teknologiaan (Virtual Reality), joka sulkee käyttäjänsä virtuaaliseen maailmaan. Tällöin liikkuminen ei ole enää turvallista, kun lasista ei näe läpi. AR-teknologian ja Hololensien suurin hyöty onkin, kun lasien läpi näkee samalla, kun laseja käyttää.

Käydyissä haastatteluissa ja tilaisuuksien keskusteluissa nousi merilogistiikan toimijakentältä vahva kiinnostus niin 3D-mallintamisen kuin AR-teknologian ja simulaatioiden käytön hyödyntämiseen merilogistiikan prosessien suunnittelussa ja operoinnissa. Uusien teknologioiden avulla huolto- ja korjaustoimet saadaan toimitettua reaaliaikaisemmin sitä vaativaan kohteeseen sijainnista riippumatta ja turvallisuutta pystytään testaamaan ja takaamaan aivan eri tavalla kuin aiemmin ennen käyttöönottoa. Merilogistiikan tutkimuskeskuksella on tärkeä tehtävä toimia tämän kaltaisen tutkimustiedon, osaamisen ja kehittämisen välittäjänä satakuntalaisille merilogistiikan toimijatahoille, jotta tutkimustieto saadaan hyödynnettyä aktiivisesti käytännössä. Tuottaen näin kilpailuetua ja prosessien optimointia. Yhdessä tekemällä ja kehittämällä pystytään uusista teknologioista saamaan kaikki hyöty irti Satakunnan merilogistiikan kentälle.

## Yhteenveto

MeriLoki hankkeessa Merilogistiikan tutkimuskeskuksen toimintaa vahvistettiin meriosaamisen, logistiikan ja huoltovarmuuden teemoissa. Hankkeen aikana tehtiin vahvasti työtä tutkimuskeskuksen kehittämisessä kansallisesti johtavaksi keskittymäksi merenkulun saralla. Maakunnallista (sekä kansallista) yhteistyötä vahvistettiin logistiikkaketjun eri tahojen kesken digitalisaation ja vihreän kasvun teemoissa. Huoltovarmuus nousi myös teemana vahvaksi johtuen kriiseistä, joita yhteiskuntamme kohtasi. Maakunnan osaajakokonaisuudesta viestittiin kansallisesti ja kansainvälisesti ja tunnettavuus lisääntyi. Maakunnallisten logistiikkaketjujen kuljetusketjujen optimointia innovoitiin käynnistämällä kolme tuotantokäyttöön johtavaa, vihreää kasvua tukevaa digitalisaatiokokonaisuutta. Kokonaisuudet olivat etäluotsaus ja älyväylät, uusien meriteknologisten ratkaisujen digitaalisen testausympäristö ja merilogistiikan prosessien optimointi. Simulaatioiden käyttöä lisättiin ja parannettiin logistiikkaketjujen prosessien optimoinnissa ja validoinnissa.

Simulaatioympäristön ja niiden kehityksen mahdollisuuksia on käyty laaja-alaisesti läpi maakunnallisen yrityskentän kanssa. Satakunnan ammattikorkeakoululla Raumalla järjestettiin useampi tilaisuus, jossa hankkeen kohdeyritykset pääsivät testaamaan simulaattoreita sekä kansi että konepuolella ja tuomaan yritysten ääntä kuuluviin simulaattorin tulevaisuuden kehitystarpeissa. Hankkeen kohtaamisissa tunnistettiin tarve sekä meriteknologisten ratkaisujen suunnittelun ja käytännön toteutumisen yhdistämiseksi. Laitteiden käyttämisen simulointi simulaattorissa jo ennakolta projektin suunnitteluvaiheen aikana toisi suunnitteluun arvokasta lisätietoa, kun suunnittelun soveltamista käytäntöön olisi mahdollista ennakolta testata. Myös tulevan käyttäjän roolin näkeminen jo suunnitteluvaiheessa havaittiin hankkeessa tärkeäksi osa-alueeksi. Toisena kohteena on simulaattorien käyttäminen uusien laivaväylien, teollisuusalueiden tai satamien suunnittelussa ja rakentamisessa. Merenkulkusimulaattoreiden yhdistäminen maalogistiikkaa jäljitteleviin simulaattoreihin toisten korkeakoulujen kanssa online-pohjaisesti voisi tuoda arvokasta suunnittelu ja ennakkotietoa uusien logistiikkaratkaisujen toimivuudesta. Laivanrakennussuunnittelussa ja osien yhteensopivuudessa sekä alusten elinkaarimallituksessa nähtiin mahdollisuuksia yhdisteltäessä 3D-teknologiaa, AR-teknologiaa sekä erilaisia simulaattorien mallinnuksia. Konehuonesimulaattorin ja navigointisimulaattorien yhdistäminen muun ohessa uusien polttoainelaatujen käytännön tutkimustyössä ovat aihioita, jotka vaativat lisää empiiristä tutkimustietoa kenttäolosuhteista.

# Lähteet

- Digitaalisen tiedonjaon lisääminen logistiikka-alalla – kysely. 2021. Powerpoint-diat. Saatavissa: [https://www.huolintaliitto.fi/media/uutiskuvat/digitalisaation-edistamisen-kysely-29032021\\_ll\\_palta\\_shll.pdf](https://www.huolintaliitto.fi/media/uutiskuvat/digitalisaation-edistamisen-kysely-29032021_ll_palta_shll.pdf)
- Finlex. Luotsauslaki (2003). Voimassa oleva luotsauslaki. [Verkkomateriaali]. [Viitattu 02.03.2023]. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030940>
- Finnpilot (2022) Luotsauskäytännöt Suomessa. [Verkkomateriaali]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: <https://finnpilot.fi/luotsaus/luotsauslaki/>
- Helin, A. (2018). Aluskierrätys Suomessa. Aluskierrätyksen mahdollisuudet Suomessa ja lähialueilla. [AMK-opinnäytetyö, Yrkehögsskolan Novia] Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201901201426>
- Hintsov T., Lahtinen H., Sivonen R. (2021). Älykäs digitaalinen logistiikka: Tausta-aineistoa. [Raportti]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/wp-content/uploads/2020/09/alykas-digitaalinen-logistiikka.pdf>
- Kasvun mahdollisuus – Satakunnan tavoitteet ja toimenpiteet koronapandemiasta toipumiseen ja uuteen kasvuun. Loppuraportti 14.12.2020. Satakuntaliitto. Viitattu 15.6.2021. <https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2020/11/Satakunnan-kasvun-mahdollisuus-loppuraportti-MH-21.12.2020.pdf>
- Konttivuokraus. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.06.2023]. Saatavissa: <https://www.konttivuokraus.fi/konttivinkki-blogi/17-9-2018-merikontit-rahdissa-soc-coc-vgm-ja-muut-termit/>
- Korhonen, A., Lapp, T., Mutikainen, M., Iikkanen, P., Koski, K., Ravantti, H. & Haapala, S. (2017). Pori-Parkano-Haapamäki-radon uudelleen käyttöönoton toteuttavuusselvitys perustuen kaasuveturien käyttöön tavaraliikenteessä. Ramboll Oy. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2019-AK-276159.pdf>
- Kuosmanen, K. (2018). Kiinteäläpäisen laivapotkurin tuotantoprosessi. [AMK-opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu] Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018112718405>
- Laakso S., Loikkanen, H. (2016). Tiivistävä kaupunkikehitys: Tuottavuuden ja hyvinvoinnin kasvun perusta. Tehokkaan tuotannon Tutkimussäätiö. ISBN: 978-952-67583-6-7.
- Maanmittauslaitos, 2020. [Verkkomateriaali]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/organisaatio/lehdet-ja-julkaisut/positio/kohti-suomen-digitaalista-kaksosta>
- Metsähallitus, 2020. Puunkorjuu ja kuljetukset. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.9.2022]. Saatavissa: <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/puukauppa-ja-toimitukset/puunkorjuu-ja-kuljetukset/>
- Mäntynen, J., Rantala, J., Huhta, R. & Isola, R. (2020). Kohti laadukasta tieverkkoa. WSP Finland Oy. [https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1727/kohti\\_laadukasta\\_tieverkkoa\\_min.pdf](https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1727/kohti_laadukasta_tieverkkoa_min.pdf)
- NEWSPOOL. (2021) Digitaalinen kaksonen valvoo satamatoimintoja. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.06.2023]. Saatavissa: <https://newspool.fi/artikkelit/digitaalinen-kaksonen-valvoo-satamatoimintoja>
- Port of Kaskinen (2021). Sataman modernisointi vauhdittaa kasvua. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.06.2023]. Saatavissa: <https://kaskistsatama.fi/tag/digitaalinen-kaksonen/>
- Port of Rauma, 2022. Liikennetilastot [Verkkosivu]. [Viitattu 15.2.2023]. Saatavissa: <https://portofrauma.com/wp-content/uploads/2023/01/Liikennetilasto-1.1.-31.12.2022.pdf>
- Puolamäki, E. Ruusunen, P. 2009. Strategiset investoinnit. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Rantala, J., Huhta, R., Mäntynen, J & Pajarre, M. (2022). Valtatie 8 – Älyväylä. Esiselvitys elinkeinoelämän tarpeista ja väylän älykkyyden mahdollisuuksista 2021/2022. WSP Finland Oy. [Viitattu 14.8.2022]. Saatavissa: [https://www.pohjoispohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2022/01/Valtatie\\_8\\_Alyvayla\\_raportti\\_2022.pdf](https://www.pohjoispohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2022/01/Valtatie_8_Alyvayla_raportti_2022.pdf)

Rolls Royce (2016). Autonomous ships. The next step. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>

Salonen, J. (2022): Katse horisonttiin - osaamisen merkitys meriklusterissa. Seminaariohjelma Rauman Meriverkostopäivällä 2022.

Spotworx (2023). [Verkkosivu]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: <https://spotworx.com/product/automated-container-tracking/>

Suomen ympäristökeskus (2020). Itämeri.fi. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.03.2023]. Saatavissa: [https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto\\_ja\\_sen\\_muutos/Ainutlaatuinen\\_Itameri/Itameren\\_jaat](https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Ainutlaatuinen_Itameri/Itameren_jaat)

Tilastokeskus (15.2.2023). Ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain kuukausittain 2016M01-2022M12 (Suomen virallinen tilasto). Saatavissa: [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_uvliik/statfin\\_uvliik\\_pxt\\_12is.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_uvliik/statfin_uvliik_pxt_12is.px/)

Traficom (2023). Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.06.2023]. Saatavissa: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuljetusmuotojen-roolit-tavaraliikenteessa>

Tulli (2021). Romun ja jätteen ulkomaankauppa. Romun ja jätteen tuonti ja vienti v.2010–2020. Tullin kauppatilastot. Saatavissa: <https://tulli.fi/documents/2912305/3436465/Romun+ja+j%C3%A4tteen+ulkomaankauppa.pdf/250542ec-bf75-2977-b87a-54bae8a885d6/Romun+ja+j%C3%A4tteen+ulkomaankauppa.pdf?t=1619084493594>

Väylävirasto (2017). Rauman meriväylästä tehtiin älykäs ja entistä turvallisempi. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.06.2023] <https://vayla.fi/-/rauman-merivaylasta-tehtiin-alykas-ja-entista-turvallisempi>

Väylävirasto (2022a). Valtion väyläverkon investointiohjelma vuosille 2022–2029. Väyläviraston julkaisuja 73/2021. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/183633/vj\\_2021-73\\_978-952-317-924-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/183633/vj_2021-73_978-952-317-924-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Väylävirasto (2022b). Pori–Mäntyluoto–Tahkoluoto–radan sähköistys. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.8.2022]. Saatavissa: <https://vayla.fi/pori-mantyluoto>