

# LaivaDigiLab

Laivojen rakentamisen  
ennakkotestaamisen  
digitaalinen laboratorio



## LAIVADIGILAB

Laivojen rakentamisen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio

---

### LOPPURAPORTTI

Jarno Laine, Hanna Kajander, Petteri Hyvärinen, Heikki Koivisto, Sami Alatörmä

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

PORI 2023

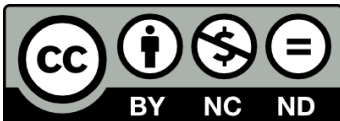
Hanke: LaivaDigiLab – Laivojen rakentamisen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio

Kirjoittajat: Jarno Laine, Hanna Kajander, Petteri Hyvärinen, Heikki Koivisto, Sami Alatörmä

Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK) | Satakunta University of Applied Sciences

Sarja B, Raportit 13/2023

ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-391-8



**CC BY-NC-ND** Satakunnan ammattikorkeakoulu ja kirjoittajat. Teosta saa käyttää ja jakaa vapaasti, mutta teosta ei saa muuttaa tai muokata. Kaupallinen käyttötarkoitus kielletty.

Julkaisija:

Satakunnan ammattikorkeakoulu PL 1001, 28101 PORI

[www.samk.fi](http://www.samk.fi)

Graafinen suunnittelu ja taitto: Hanna Kajander

Kansisivun graafi: Canva

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

## SISÄLLYSLUETTELO

1 Tiivistelmä.....	2
2 Johdanto .....	4
3 Hankkeen toteutus.....	6
<b>3.1 Laivanrakennuksen prosessien nykytilanne ja muiden alojen ennakkotestauskäytännöt (TP2) .....</b>	<b>6</b>
3.1.1 Aluksilla olevat sähköiset järjestelmät.....	8
3.1.2 Sähköisten järjestelmien välinen kommunikaatio .....	10
3.1.3 SWOT-analyysin ja haastattelujen yhteenveto .....	13
3.1.4 Vaiheen TP2 yhteenveto ja pohdinta.....	15
<b>3.2 LaivaDigiLabin digitaalisen ennakkotestauksen pilotointi (TP3).....</b>	<b>17</b>
3.2.1 TEEMA 1: Dokumenttienhallintaan liittyvät haasteet.....	18
3.2.2 TEEMA 2: Automaatiojärjestelmien kommunikoinnin määrittelyyn liittyvät haasteet .....	19
3.2.3 TEEMA 3: Aluksen käsittely simulaattoriympäristössä .....	24
3.2.4 TEEMA 4: Verkostomaisen laivanrakennuksen haasteet käyttöönotossa.....	27
3.2.5 Vaiheen TP3 yhteenveto ja pohdinta.....	29
<b>3.3 Laivanrakentamisen digitaalisen ennakkotestaamisen osaajaverkosto ja ennakkotestauksen digilaboratorio (TP4).....</b>	<b>30</b>
4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	34
5 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet .....	36
LÄHTEET.....	38
LIITE 1	Hackathon 1 koonti
LIITE 2	Hackathon 2 koonti
LIITE 3	Automaatiojärjestelmän ekosysteemimallinnus
LIITE 4	Toimittajaverkoston ekosysteemimallinnus
LIITE 5	Ennakkotestaamisen konsepti
LIITE 6	Tiedonsiirtotapojen spesifikaatiot ja valinta

## 1 Tiivistelmä

LaivaDigiLab - laivojen rakentamisen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio -hanke oli Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) ja Satakunnan ammattikorkeakoulun (SAMK) rahoittama hanke, jonka tavoitteet perustuivat vuonna 2019 tehtyyn tarveanalyysiin. Hankkeeseen asetettiin tematiikan mukaisesti seuraavat konkreettiset päätavoitteet [1]:

- 1) *Kartoittaa nykytilanne järjestelmien digitaalisuuden haasteista ja mahdollisuuksista ennakkotestaamiseen sekä perehtyä muiden alojen ennakkotestauskäytäntöihin.* Kartoituksen mukaan järjestelmien määrä on lisääntynyt merkittävästi ja on todennäköistä, että määrä kasvaa entisestään. Tämä lisää haastavien integraatioiden ja rajapintojen määrää, jonka vuoksi aikaikkunaa käyttöönotolle tulisi lisätä.
- 2) *Määritellä ennakkotestauksen teemat ja tekniset kohteet, joissa erityisenä kohteena turvallisuus- ja energiajärjestelmät; kehittää ennakkotestausta ja pilotoida sitä käytännönläheisesti valittuja pilottikohteita hyödyntäen; ja vertailla laivanrakennusprosessia vs. simuloitu.* Hankkeen teemoiksi määriteltiin 1) dokumentaatioon liittyvät haasteet, 2) automaatiojärjestelmien kommunikoinnin määrittelyyn liittyvät haasteet, 3) aluksen käsittely simulaattoriympäristössä sekä 4) verkostomaisen laivanrakennuksen haasteet käyttöönotossa. Näistä ennakkotestauksen kehittämiseksi parhaiten soveltuivat teemat kolme ja neljä.
- 3) *Luoda ja kehittää satakuntalaiseen laivanrakentamisen osaajaverkoston ja lisätä satakuntalaisen meriklusterin digitaalisuusosaamista.* Toimiva, luotettava ja ”tiiminä” toimiva osaajaverkosto on merkittävässä roolissa, kun puhutaan kustannustehokkaasta laivanrakentamisen tulevaisuudesta. Hankkeessa tuotetut ekosysteemimallinnusten esimerkit auttavat hahmottamaan kokonaisuutta ja monimutkaisen verkoston kytköksiä. Kerätty tieto ja osaaminen on koko verkoston käytettävissä myös hankkeen jälkeen.
- 4) *Luoda edellytykset pysyväälle ennakkotestauksen laboratoriolle.* Hanke ei tuottanut konkreettista fyysistä digitaalista laboratoriota, vaan keräsi aineistoa ja tietoa tarvittavista edellytyksistä. Merkittävin tekijä riippumattomalle digitaalisten järjestelmien ennakkotestaamisen laboratoriolle on koodaamisosaaminen. Hankkeessa luotiin hahmotelma

toiminnallisesta konseptista, jossa näkyvät laivanrakennusprojektin eri vaiheet ja niihin kytkeytyvät hyvät havainnot ja keskeiset käytännöt.

Hankkeen vision mukaisesti LaivaDigiLabissa konseptoitu riippumaton ennakkotestauksen digitaalinen laboratorio ja visio siitä hyödyttää erityisesti satakuntalaista laivanrakennusta ja SAMKiin linkittyvää meriklusteria vahvistaen teeman mukaista digitaalisuusosaamista verkostossa. Käyttämällä todellisia laivanrakennusprojekteja pilottikohteina (Wasalinen Aurora Botnia ja TallinkSiljan MyStar) hankkeessa kehitettiin turvallisuutta ja energiatehokkuutta lisääviä toimintamalleja sekä konsepti eri toimijoiden käyttöön.

LaivaDigiLab on yhdistänyt satakuntalaista osaamista yrityksissä erityisesti turvallisuuden ja energiatehokkuuden teemoissa. Hanke tuki ja edisti Satakunnan kasvua ja maakuntaohjelman toimintalinjan 2 mukaista puhdasta elinvoimaa -teemaa sekä toimintalinjan 3 mukaista turvallisuus-teemaa.

## 2 Johdanto

Laivanrakennus Suomessa on korkean teknologian teollisuutta. Alan kannattavuus nyt ja tulevaisuudessa on suoraan verrannollisen siihen, miten hyvin projektinhallinnan kolme merkittävintä onnistumisen mittaria toteutuvat: aikataulu, toimituslaajuus ja budjetti. Verkostomaisessa, monen toimijan projektissa edellä mainittu yhtälö toteutuu parhaiten, kun kaikki toimijat ymmärtävät ja huomioivat oman työnsä vaikutukset suhteessa toiseen.

Lisääntyvä digitaalisuus on sekin laivanrakentamisessa enenevässä määrin merkityksellisessä asemassa. Se tuo monia etuja, mutta myös haasteita. Jo yhden, täysin uuden järjestelmän kehittäminen on haasteellista, joten useampien uusien järjestelmien kehittäminen ja yhteensovittaminen toimivaksi kokonaisuudeksi on moninkertaisesti haastavampaa. Yhteensovittamisen ongelmat laivanrakennuksessa tulevat usein esiin vasta käyttöönottovaiheessa. Vaikka otetaan huomioon, ettei kaikkia järjestelmiä ole mahdollista testata ennakkoon, testauksen painottuminen laivanrakennusprosessin loppupäähän on kuitenkin kustannustehoton ratkaisu verrattuna siihen, että jo alussa panostettaisiin sellaisiin seikkoihin, jotka sujuvoittavat usein aikataulullisesti kriittistä vaihetta.

LaivaDigiLab-hanke haki ratkaisuja tähän dilemmaan. Se on yhdistänyt satakuntalaista tekijäkenttää ja lisännyt osaamista yrityksissä ja meriklusterissa digitaalisten järjestelmien yhteensovittamisen haasteiden selvittämiseksi. Hankkeessa kartoitettiin ratkaisuja ja edellytyksiä luoda ympäristö riippumattomalle ennakkotestaukselle, jolla voitaisiin ennakoivasti tehdä oikeita ratkaisuja ja valintoja – sekä välttää vääriä – laivanrakennusprosessin sujuvoittamiseksi.

Hankkeen merkittävimpänä tuloksena voidaan pitää toimintakonseptia digitaalisten järjestelmien ennakkotestaamiseksi. Se käsittää 1) mallinnuksen laivanrakentamisesta ja siinä huomiota vaativista asioista ja 2) konkreettisten esimerkkien kautta mallinnukset yhden järjestelmän ekosysteemistä ja sitä vastaavasta toimittajaverkostosta. Tällaisen pohjatyön avulla on pienemmänkin toimittajan mahdollista hahmottaa kokonaisuus, mikä edesauttaa tiedonkulkua, joka on hankkeen selvityksen mukaan yksi kriittisimmistä tekijöistä. Muut esille nousseet tärkeät ennakkotestaamisen tukipilarit liittyvät tarkastustoimintaan ja valvontaan, suunnitteluun ja dokumenttienhallintaan.

Toimintakonseptin kehittäminen vaati paljon taustoittamista, aineiston keruuta, määrittelyä, pilotointia ja yhteistyötä alan toimijoiden kanssa, eikä vähiten siitä syystä, että suomalainen laivanrakennus ei ole massatuotantoa. Jokainen Satakunnassakin rakennettava laiva on uniikki yksilö, jossa hyödynnetään alan edistyksellisintä käytettävissä olevaa teknologiaa. Lisääntyvä digitalisaatio mahdollistaa aiempaa energiatehokkaamman ja turvallisemman laivan operoinnin, mutta järjestelmien yhteensopimattomuusongelmat korreloivat suoraan ja vahvasti kustannusten kasvun ja kannattavuuden kanssa.

On huomioitavaa, että hankkeessa ei tuotettu fyysistä digitaalista laboratoriota (vaan toiminnallinen konsepti sille) eikä esimerkiksi digitaalista kaksosta, jolla tässä yhteydessä viitataan järjestelmän/järjestelmien virtuaaliseen kopioon, jota voitaisiin hyödyntää simuloinnissa ja saatuja tuloksia päätöksenteon apuna. Sen sijaan hanke tuotti osaajaverkoston ja toimintakonseptin sekä nosti konseptin kautta esille konkreettisia toimenpide-ehdotuksia, havaintoja ja hyviä käytäntöjä laivanrakennusprojektin hallintaan digitaalisten järjestelmien osalta ja ennakkotestauksen kehittämiseksi.

Hanke toteutettiin 1.9.2020–31.8.2023 välisenä aikana. Tähän ajanjaksoon sijoittui pandemia, joka vaikutti hidastavasti hankkeen etenemiseen. Tässä raportissa ja seuraavissa luvuissa kuvataan hankkeen toteutus ja toimenpiteet, sekä kerätyn aineiston perusteella tehdyt analyysit ja jatkotoimenpidesuosituksat. Hanketta rahoittivat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) ja Satakunnan ammattikorkeakoulu.

### 3 Hankkeen toteutus

Hanke toteutettiin työpaketeissa (TP), joita oli yhteensä viisi kappaletta. Työpakettit jakaantuivat projektin hallintoon (TP1), varsinaisen työn toteutuspaketteihin (TP2–TP4) sekä viestintään (TP5). Toteutuksessa hyödynnettiin aitoja laivanrakennusprojekteja pilotteina. Pilottikohteiden (WasaLinen Aurora Botnia ja Tallink Siljan MyStar) avulla kerättiin tietoa ja saavutettiin tuloksia, jotka muodostavat alan toimijoille pohjan toimintojen kehittämiseksi ja edellytykset pysyvän riippumattoman digitaalisen ennakkotestauslaboratorion luomiselle.

Tässä raportissa ja seuraavissa kappaleissa keskitytään työpakettien TP2–TP4 toteutukseen.

#### 3.1 Laivanrakennuksen prosessien nykytilanne ja muiden alojen ennakkotestauskäytännöt (TP2)

TP2:ssa kartoitettiin laivanrakennusprosessin digitaalisten järjestelmien laajuutta ja käyttöönottovaiheen nykytilannetta, joka ajoittui vuoteen 2020. Erityisessä tarkkailussa oli raumalaisen telakan, Rauma Marine Constructions (RMC:n) aikaisemmin valmistama alus, M/S Hammerhus. Lisäksi TP2:n aikana kartoitettiin eri meriklusterin toimijoiden kokemuksia ja näkemyksiä laivojen järjestelmien digitaalisuuden ja yhteensopivuuden haasteista yksilöhaastatteluilla sekä aineistoihin perehtymällä.

Näiden haastattelujen ja aineistojen avulla kartoitettiin laivanrakennuksen nykytilanne järjestelmien yhteensovittamisen haasteista ja toisaalta digitaalisuuden tuomista mahdollisuuksista digitaalisten järjestelmien ennakkotestaamiseen. Haastattelujen jäsentämisessä hyödynnettiin SWOT-työskentelyä, jonka mukaisesti määriteltiin nykytilanteessa vallitsevat käsitykset laivanrakennuksesta, sisältäen vahvuudet, heikkoudet, haasteet ja mahdollisuudet.

Kokonaisuudessaan TP2:n toteutuksen aikana kontaktoitiin laajasti laivanrakennuksen sidosryhmiä ja perehdyttiin muiden alojen ennakkotestauskäytäntöihin (kuten Teollisuuden Voiman Olkiluoto 3 -projekti). Näiden toimenpiteiden avulla tunnistettiin parhaita käytäntöjä digitaaliseen ennakkotestaamiseen pilotointiin. Lisäksi kerättiin tietoa, mitä sähköisiä järjestelmiä aluksilla yleensä



on, mitä tietoa ne tuottavat ja miten tietoja jaetaan laitteiden välillä. Yhtenä referenssikohteena käytettiin jo aikaisemmin mainittua alusta, M/S Hammerhusia.

### **Kerätyn aineiston pohjalta merenkulku ja laivanrakennus ovat monella tapaa keskellä murrosta.**

Konservatiivisesta ja perinteitä kunnioittavasta metalliteollisuuden toimialasta on vuosien varrella kasvanut Suomessa innovaatioita tuottava ja tarvitseva korkean teknologian ala. Alaa ovat muokanneet voimakkaasti digitalisaatio sekä lainsäädännön vaatimat toimenpiteet kohti hiilineutraaliutta. Nopeassa tahdissa alalle on tullut hybridialuksia, joissa moottoritekniikan rinnalle ovat tulleet suuret ja monimutkaiset akkujärjestelmät ja jatkuvasti laajenevat automaatiojärjestelmät.

Maailman merillä on olemassa monenlaisia laivoja, mm. matkustaja- ja rahtialuksia, joiden tekniset vaatimustasot vaihtelevat merkittävästi. Yksinkertaisten massatuotantoalusten ja modernien erikoisalusten välillä on lähes yhtä merkittävä ero kuin jäätelökioskin ja supermarketin välillä: samat perustarpeet toiminnalle tulee olla kummassakin tarjolla, mutta toteutustapa on täysin erilainen ja eri laajuinen. Yleisesti ottaen laivat ovat kuin merellä liikkuvia ”suljettuja kaupungeja”, joiden tulee sisältää kaikki tarvittavat tekniset järjestelmät aluksen liikuttamiseen, paikallaan pitoon ja lastin sekä henkilöstön tarpeisiin.

Laivoihin asennetaan niiden rakennusvaiheessa suuri määrä järjestelmiä, joiden yhteensopivuutta ei aina voida testata ennen varsinaista asentamista alukseen. Tämä tarkoittaa, että järjestelmän käyttöönoton aikana suoritetaan lopullinen testaus sekä määrittelyjen ja asettelujen kirjaaminen järjestelmiin. Pahimmillaan inhimillinen erehdys, kiire ja yhteensopivuuden haasteet voivat johtaa turvallisuusriskeihin matkustajille, miehistölle tai ympäristölle. Esimerkiksi laivan koneistoon liittyvien turvajärjestelmien virheellinen toiminta voi johtaa propulsiyon pysähtymiseen ja karilleajoon.

Suomessa laivanrakennus on keskittynyt tuottamaan moderneja erikoisaluksia, joissa on uudenlaisia teknisiä innovaatioita sekä laajoja automaatiojärjestelmiä. Tällä hetkellä Suomessa vallitseva, verkostomainen toimintatapa laivanrakennusteollisuudessa mahdollistaa joustavan toiminnan ja eri yritysten erikoistumisen omaan erikoisosaamiseensa. Toimintamallissa on kuitenkin haasteensa

erityisesti tiedonkulkuun liittyen, jos yksittäiset järjestelmätoimittajat eivät ole tietoisia kokonaisuudesta ja järjestelmien linkittymisestä toisiinsa. Integraation laajuus ja ymmärrys laitteistojen riippuvuussuhteista toisiinsa korostuvat erityisesti toisten järjestelmätoimittajien tekemien muutostöiden kohdalla.

### 3.1.1 Aluksilla olevat sähköiset järjestelmät

Rakennettavissa laivoissa on kymmeniä tai jopa satoja digitaalisia järjestelmiä, jos pääjärjestelmiin liittyvät yksittäiset alajärjestelmät huomioidaan. Karkeasti jaoteltuna aluksen järjestelmät voidaan jakaa muutamaiin pääalueisiin toiminnan kohteiden mukaisesti:

1. Navigointijärjestelmä
2. Konevalvontajärjestelmä
3. Propulsiojärjestelmän ohjaus- ja valvonta
4. Ilmanvaihtojärjestelmä
5. Sähkönjakelujärjestelmä
6. IT-järjestelmä
7. Valaistusjärjestelmä
8. Lastauksen suunnittelu ja hallintajärjestelmä
9. Turvajärjestelmät

Jokainen näistä järjestelmistä voi pitää sisällään kymmeniä alajärjestelmiä. Pääjärjestelmät voivat toisaalta olla myös integroituina suurempiin, yhteisiin kokonaisuuksiin. Järjestelmien määrät ja kokonaislaajuudet määräytyvät pitkälti telakan toimintatavasta ja mahdollisuudesta hallita toteutuksen laatua, aikataulua ja hintaa. Toimituskokonaisuudet voivat olla joko suuria, kokonaisia järjestelmiä (esim. navigointijärjestelmä) sisältäviä kokonaisuuksia, tai pienempiä yksittäisiä järjestelmän osia sisältäviä toimituksia (palo-ovet ja niiden ohjaus). Mitä pienempiin kokonaisuuksiin järjestelmätoimitukset jaetaan, sitä suurempi työ tilaajalla on hallita kokonaisuutta ja yritysten ja laitteiden välisiä rajapintoja.

Esimerkkinä isomman kokonaisuuden pilkkomisesta pienempiin kokonaisuuksiin voidaan käyttää M/S Hammerhus -aluksista ja sen navigointijärjestelmää. M/S Hammerhus -aluksen navigointijärjestelmä koostuu useista erillisistä alajärjestelmistä ja laitteista, joiden toiminta vaikuttaa toinen toisiinsa:

- Merenkulkututkat RADAR (3 kpl)
- Hyrräkompassit GYRO (2 kpl)
- Nopeusloki, pohjasta mittaava LOG (1 kpl)
- Paikannusjärjestelmä DGPS (3 kpl)
- Nopeusloki, satelliittipohjainen SATLOG (1kpl)
- Ohjaamon valvonta-/hälytysjärjestelmä BNWAS
- Automaattinen tunnistusjärjestelmä AIS (1 kpl)
- Sääasema WIND (1 kpl)
- Kaikuluotain ECHO (1 kpl)
- Sähköinen merikarttajärjestelmä ECDIS (2 kpl)
- Toimintojen tallennusjärjestelmä VDR (1 kpl)
- Automaattinen ohjausjärjestelmä AUTOPILOT
- Äänihavaintojärjestelmä SRS (1 kpl)
- Navigointivalojen ohjausjärjestelmä NAV.LIGHT (1 kpl)
- Radioasema, GMDSS

Edellä listatut järjestelmät yhdessä muodostavat siis navigointijärjestelmän. Navigointijärjestelmästä on myös erillisiä yhteyksiä muihin järjestelmiin, mm. konevalvontajärjestelmään ja propulsio- ja ohjausjärjestelmään. Toisaalta navigointijärjestelmän sähkönsyöttöä taas hallitaan sähköjakelujärjestelmän kautta.

Toisena käytännönläheisenä esimerkkinä voidaan esittää samaisen aluksen konevalvontajärjestelmän liityntää muihin laitteisiin ja järjestelmiin. I/O-pisteiden eli laitteiden välillä vaihdettavien tietojen määrä aluksessa on 2 177 kpl. Ennen jokainen I/O-piste oli kaapeloitu omalla kaapelillaan järjestelmien välille, mutta nykyisin käytössä olevassa väyläteknologiassa yhdessä ja

samassa datakaapelissa saattaa kulkea satoja erillisiä tietoja samanaikaisesti. Tämä vähentää rakennuskustannuksia merkittävästi ja helpottaa datan käsittelyä.

### 3.1.2 Sähköisten järjestelmien välinen kommunikaatio

Laivojen automaatiojärjestelmien keskiössä on koneenvalvontajärjestelmä eli IAS (Integrated Automation System). Yksittäiset järjestelmät ohjaavat lisäksi omia alajärjestelmiään, mutta IAS toimii ”järjestelmien valvojana”. [2]

Kommunikaatiotapoja ja standardeja on useita ja valittujen toteutustapojen määrittely on tärkeä osa sähkö- ja laitesuunnittelua. Haastatteluista ja dokumentaatioon tutustuttaessa nousi esiin yksi hankkeen merkittävimmistä havainnoista: **tarve luoda järjestelmällinen prosessi kommunikaatiotapojen määrittelyyn ja dokumentointiin projektin eri vaiheissa. Järjestelmätietokanta voisi olisi tässä hyödyllinen työkalu.**

Laivojen integroidut automaatiojärjestelmät ovat monimutkaisia järjestelmiä, jotka yhdistävät erilaisia laivan toimintoja ja järjestelmiä suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Tiedonsiirto ja yhteyksien määrittely ovat olennainen osa näitä järjestelmiä, sillä ne mahdollistavat eri laitteiden ja järjestelmien välisten tietojen ja komentojen tehokkaan välittämisen.

Tiedonsiirtotavat laivojen integroiduissa automaatiojärjestelmissä voivat sisältää esimerkiksi seuraavia tekniikoita:

- Ethernet-verkot: Laivoilla käytetään yhä enemmän Ethernet-verkkoja tietojen siirtämiseen eri järjestelmien välillä. Tämä mahdollistaa nopean ja luotettavan tiedonsiirron esimerkiksi navigointi-, kone- ja valvontajärjestelmien välillä.
- CAN-bus (Controller Area Network): CAN-bus on yleisesti käytetty tiedonsiirtotekniikka ajoneuvojen ja laitteiden välillä. Se soveltuu hyvin laivojen automaatiojärjestelmiin, sillä se mahdollistaa monenlaisen datan siirron eri laitteiden välillä.

- Modbus: Modbus on sarjaliikenneprotokolla, jota käytetään laajasti teollisuuden automaatiojärjestelmissä. Se mahdollistaa tiedon lähettämisen ja vastaanottamisen eri laitteiden välillä, kuten antureiden ja ohjainten välillä.
- NMEA 2000: NMEA 2000 on standardi merenkulun elektroniikkalaitteiden tietoliikenteelle. Se mahdollistaa eri laitteiden, kuten GPS-vastaanottimien, kaikuluotainten ja autopilottien, liittämisen yhteen verkkoon.
- Langattomat yhteydet: Langattomat teknologiat, kuten Wi-Fi ja Bluetooth, voivat myös olla osa laivojen automaatiojärjestelmiä. Ne voivat mahdollistaa langattoman ohjauksen ja seurannan eri laitteiden välillä.

Yhteyksien suunnittelu laivojen integroiduissa automaatiojärjestelmissä edellyttää tarkkaa määrittelyä. Ennen yhteyksien määrittelyä on suunniteltava järjestelmäarkkitehtuuri, jossa kuvataan, mitkä järjestelmät tarvitsevat yhteyden toisiinsa ja millaiset tiedot niiden välillä kulkevat. Samassa yhteydessä tulisi suunnitella, mitkä tiedot siirtyvät eri järjestelmien välillä ja missä muodossa. Eri liitännöille valitaan sopiva tiedonsiirtoprotokolla ja fyysinen liitäntä, joka mahdollistaa tietojen siirron. Tämä voi olla esimerkiksi Ethernet-kaapeli, CAN-bus-johto tai langaton yhteys. Järjestelmien käyttöliittymät, kuten näytöt ja ohjauspaneelit, on suunniteltava niin, että ne mahdollistavat helpon ja tehokkaan operoinnin. Käyttöliittymiin kohdistuu myös joitain standardoituja toimintamalleja.

Edellä mainittujen tekniikoiden ja käytäntöjen avulla laivojen integroidut automaatiojärjestelmät voivat toimia saumattomasti yhdessä, mikä parantaa laivan toiminnallisuutta, turvallisuutta ja tehokkuutta. Koska laivojen automaatiojärjestelmät voivat sisältää arkaluontoista tietoa ja ne voivat olla haavoittuvia ulkopuolisille hyökkäyksille, tietoturva on tärkeä näkökohta yhteyksien määrittelyssä. On siis myös varmistettava, että tiedonsiirto on salattu ja suojattu. Kyberturvallisuuteen liittyvät seikat ylipäättään korostuvat digitaalisuuden lisääntyessä.

Hyvä kyberturvallisuus auttaa suojelemaan laivoja ja niiden toimintaa erilaisilta tietoturvauhilta ja mahdollisilta hyökkäyksiltä. Yleistavoitteena on tukea turvallista ja varmaa merenkulkua, joka on

resilientti kyberriskien suhteen [3]. Tässä muutamia keskeisiä näkökohtia kyberturvallisuudesta laivanrakennuksessa:

- **Verkot, järjestelmät ja tietoturvakäytännöt:** Nykyaikaiset laivat ovat täynnä erilaisia tietojärjestelmiä ja verkkoja, kuten navigointijärjestelmiä, moottorien hallintaa, viestintäjärjestelmiä ja paljon muuta turvallisuuden kannalta kriittisiä järjestelmiä, joiden oltava suojattuja mahdollisilta tietoturvauhilta. Tietoturvakäytännöt on määriteltävä ja koulutettava henkilöstölle.
- **Riskinarviointi:** Laivanrakennuksen yhteydessä on tärkeää tehdä riskinarviointia, jossa tunnistetaan mahdolliset tietoturvauhat ja haavoittuvuudet. Tämä auttaa suunnittelemaan tehokkaita suojaustoimenpiteitä.
- **Fyysinen turvallisuus:** Fyysinen pääsy laivoihin ja niiden järjestelmiin on myös tärkeä osa kyberturvallisuutta. Vain valtuutettujen henkilöiden tulisi päästä käsiksi laivan tietojärjestelmiin.
- **Turvalliset protokollat:** Kommunikaatio laivojen ja muiden järjestelmien välillä on suojattava turvallisilla protokollilla, jotta ulkopuoliset eivät voi häiritä tai manipuloida viestintää. Laivojen tietojärjestelmiin tulee asentaa mekanismeja, jotka mahdollistavat epätavallisten toimintojen ja mahdollisten hyökkäysten havaitsemisen. Tämä auttaa nopeassa reagoinnissa ja torjunnassa.
- **Kriittisten järjestelmien eristäminen:** Kriittiset järjestelmät, kuten navigointi ja hätätilanteisiin liittyvät järjestelmät, tulisi eristää muista verkkoista ja järjestelmistä. Tämä auttaa estämään mahdolliset hyökkäykset vaikuttamasta näihin kriittisiin toimintoihin.
- **Henkilöstön koulutus:** Kaikki laivan henkilökunta, mukaan lukien kapteenit, miehistö ja tekniset asiantuntijat, tulisi kouluttaa kyberuhkista ja oikeista toimintatavoista tietoturva uhkaavissa tilanteissa.

- **Jatkuvuussuunnittelu:** On tärkeää suunnitella etukäteen, miten toimitaan mahdollisen tietoturvaloukkauksen tai -hyökkäyksen tapahtuessa. Tällainen suunnittelu auttaa minimoimaan vahingot ja palauttamaan laivan toiminnan mahdollisimman nopeasti.

Yhteenvedona voidaan todeta, että laivanrakennuksessa ja -käytössä on tärkeää ottaa huomioon kyberturvallisuus monilla eri tasoilla ja myös IMO<sup>1</sup> on ottanut kantaa sen merkitykseen. Hyvä kyberturvallisuus auttaa suojelemaan laivoja ja niiden toimintaa tulevilta tietoturva uhilta ja mahdollisilta hyökkäyksiltä, jotka voivat johtaa mittaviin vahinkoihin ja mainehaittoihin. Hankkeen havaintojen mukaan integraatio- ja kyberturvallisuudesta vastaavat henkilöt olisi hyvä olla mukana jo perussuunnitteluvaiheessa mukana. [2]

### 3.1.3 SWOT-analyysin ja haastattelujen yhteenvedo

Laivanrakennuksen nykytilannetta kartoitettiin haastatteluin, jotka toteutettiin sähköpostilla ja/tai puolistrukturoidulla haastatteluilla. Koronan vuoksi haastattelut tehtiin pääosin etäyhteydellä. SWOT-analyysiin haastatteluissa oli mukana yhteensä 12 yritystä ja heidän edustajansa.

Tulosten mukaan keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat automaatiotasoon tekniikan kehittyessä, voidaan hahmottaa seuraavien arvioiden avulla:

- Datan määrä tulee lisääntymään ja datan prosessointi muuttuu helpommaksi.
- Järjestelmien optimointi helpottuu. Toisaalta suuressa tietomäärässä vaarana on oleellisen tiedon hukkuminen massaun.
- Perinteistenkin laitteiden ja laitteistojen ohjelmoitavuus tulee lisääntymään.
- Laitteet ja laitteistot muuttuvat suljetummaksi/läpinäkymättömämmiksi ja laitteesta saatavan dokumentaation laadun ja määrän merkitys kasvaa elinkaaren hallinnassa.
- Laitevalmistajan tuen merkitys elinkaarelle kasvaa.
- Laitteiden/laitteistojen elinkaari lyhenee ja modernisointien tarve kasvaa.

Varsinaisen SWOT-analyysin tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 1).

---

<sup>1</sup> IMO eli *International Maritime Organization* (Kansainvälinen merenkulkujärjestö).

Taulukko 1. SWOT-analyysi

<p><b>Nykytilanteessa ilmenevät vahvuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Toimijat ovat sitoutuneita ja toimivat vastuullisesti.</li> <li>▪ Yhteinen tahtotila nopeaan ja tehokkaaseen toimintaan.</li> <li>▪ Toimijat pääosin tuntevat toisensa ja järjestelmänsä jo muista projekteista.</li> <li>▪ Laitetoimittajilla kehittyneitä simulaatiomenetelmiä, etenkin omille järjestelmilleen.</li> <li>▪ Laitetoimittajat ovat tottuneet luomaan uusia innovaatioita</li> <li>▪ Dataliikenne tapahtuu pääosin standardiratkaisuilla, jotka helpottavat tiedon käsittelyä ja hallintaa.</li> </ul>	<p><b>Tulevaisuudessa nähtävissä olevat uhat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integraatioiden määrä eri järjestelmien välillä lisääntyy ja järjestelmät monimutkaistuvat. Suunnittelu, käyttöönotto ja vianhaku hankaloituvat. Kokonaisuuden monimutkaistuminen johtaa entistäkin pidempiin ja hankalampiin käyttöönottoihin.</li> <li>▪ Laitteistot muuttuvat läpinäkymättömämmiksi ja edellyttävät jatkuvasti enemmän laitevalmistajien antamaa tukea/apua.</li> <li>▪ Ohjelmisto/parametrintivirheen mahdollisuudet ja niiden todentaminen, ennakkotestaus/havainnointi/korjaus. Muutosten hallinta ja dokumentaatio.</li> <li>▪ Kriittisen tiedonsiirron varmistaminen ja testaus vikatilanteessa</li> <li>▪ Virheellisellä integraatiolla ja huonolla riskienhallinnalla voidaan vaarantaa aluksen meriturvallisuus.</li> <li>▪ Dokumentaatiopuutteiden vuoksi aluksen elinkaarikustannukset nousevat huollon ja kunnossapidon hankaloituessa.</li> <li>▪ Henkilökunnan osaamisen kehittäminen vastaamaan kiihtyvään tahtiin muuttuvia sähkö/automaatiojärjestelmien teknisiä vaatimuksia. Tiukalla työtahdilla haastava yhteensovittaa.</li> <li>▪ Kyberturvallisuusosaaminen ja sen tuomat haasteet.</li> </ul>
<p><b>Nykytilanteessa ilmenevät heikkoudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Käyttöönottovaiheen pituus liian lyhyt työmäärään nähden. Käyttöönototyöt keskittyvät alukselle. Voi aiheuttaa ylimääräisiä kuluja sekä viivästyksiä toimitukseen. Sähkö ja automaatio pääsevät yleensä töihin vasta käyttöönoton loppuvaiheessa.</li> <li>▪ Laivalla tehtävä työ kalliimpaa ja riskialttiimpaa kuin toimistotyö, esim. COVID19.</li> <li>▪ Dokumentaatio ja määrittelyt eivät aina anna selkeää kokonaiskuvaa järjestelmistä ja niiden tarvitsemasta integraatioista.</li> <li>▪ Laittevalmistajien simulaatiot eivät aina täysin identtisiä lopullisen toteutuksen kanssa. Simulaatio ei näin ollen generoi täysin samaa tilannetta kuin aluksella.</li> <li>▪ Eri laitetoimittajien saaminen samaan aikaan paikalle integraatiotestauksia varten haastavaa. Ennakkotestaus ja muutoksien hallinta hankaloituvat.</li> </ul>	<p><b>Tulevaisuudessa nähtävissä olevat mahdollisuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Väyläpohjaisen integraation kautta voidaan saada nopeampi ja laajempi tiedonsiirto toteutettua edullisemmin. Energiatehokkuuden paraneminen.</li> <li>▪ Dataa keräämällä uusien menetelmien vaikutusten todentaminen helpottuu</li> <li>▪ Laadukas ja ajantasainen dokumentaatio nopeuttaa toimintaa ja parantaa laatua. Yksityiskohtainen suunnittelu/määrittely vähentää väärinymmärryksiä. Selkeät määrittelyt kommunikaatiotavoille ja parametreille sekä liikennöinnin standardisointi helpottaa ja nopeuttaa käyttöönottoa.</li> <li>▪ Väyläliikenteen simulointia/ennakkotestausta voidaan käyttää yleisemmin ennen käyttöönottoa. Tämä edellyttää laitetoimittajien välistä yhteistyötä ennen toimitusta. Pre-FAT-testaus voi tuoda osapuolet saman pöydän ääreen. Tekninen ja sosiaalinen ulottuvuus.</li> <li>▪ Pre-FAT etäkäytön avulla? Tietoturva, vastaavuus.</li> <li>▪ Ulkoisen analyysin tuottama lisäarvo (esim. ÄLYVÄYLÄ)</li> </ul>



SWOT-analyysin yhteydessä ja ulkopuolisten tahojen haastatteluissa nousi esiin myös muita aiheeseen liittyviä asioita. **Keskeisenä havaintona nousi esiin, että suunnittelun ja dokumentaation laatu korostuivat kriittisenä osatekijänä integroiduissa järjestelmissä.** Suunnitteludokumentaation tulisi olla ajantasaista ja kaikkien osallisten käytössä.

### 3.1.4 Vaiheen TP2 yhteenveto ja pohdinta

Työpaketti 2:ssa oli tavoitteena kartoittaa laivanrakennusprosessin nykytilanne ja kartoittaa muiden alojen ennakkotestauskäytäntöjä. Kartoituksen mukaan suunnittelun ja dokumentaation laatu korostuvat kriittisenä tekijänä integroiduissa järjestelmissä. Suunnitteludokumentaation tulisi olla ajantasaista ja kaikkien osallisten käytössä. Tämän mahdollistamiseksi erityisesti alukseen kohdistuvien myöhempien muutosten helpottamiseksi, tulisi kaikilta laitetoimittajilta edellyttää sähkökuvat ja muu oleellinen dokumentaatio muokattavassa muodossa. Tämä mahdollistaa dokumentaation päivittämisen ja näin mahdollistaa myös dokumentaation ajantasaisuuden myöhemmässä elinkaaren vaiheessa, mikäli muutoksia joudutaan tekemään. Joissain tilanteissa voidaan myös aluksen valmistumisen jälkeen havaita poikkeamia dokumentaation ja todellisten järjestelmien välillä, ja näidenkin korjaaminen ja hallinta edellyttää hyvää, muokattavissa olevaa dokumentaatiota.

Rauman telakan käyttämää toimintatapaa, digitaalisten järjestelmien ennakkotestausta, on mahdollista käyttää myös laajemmin eri toimijoiden välillä. Tällä hetkellä on kuitenkin ollut havaittavissa, että kaikilta osin laitevalmistajilla ei ole mahdollisuutta/riittävää kannustinta koota omaa järjestelmäänsä ennen lopullista toimitusta ennakkotestien mahdollistamiseksi. Mielenkiinnon lisäämiseksi tilausvaiheessa saattaisi olla hyvä määritellä ns. Pre-FAT<sup>2</sup> omaksi maksupostiportaaksi.

---

<sup>2</sup> Pre-FAT eli pre-factory acceptance Test. FAT on tehtaalla tehty tarkistus ennen asenus ja Pre-FAT on laitetoimittajien/järjestelmien välinen rajapintojen testaus, joka on usein noin 2 kk ennen asennusta. Rajapinnalla (interface) viitataan järjestelmien väliseen kommunikaatorajapintaan.

On myös tärkeää pohtia lisää toimintatapoja, joilla helpottaa suunnittelu- ja rakennusprosesseja. Digitaalisten järjestelmien kohdalla tämä voi tarkoittaa esimerkiksi standardoitujen rajapintaratkaisujen hyödyntämistä suunnittelun tukena. Laivanrakennuksessa on jo aikaisemmin käytetty menestyksekkäästi ns. työtapastandardeja, joilla määritellään hyviä toimintatapoja sekä rakenneratkaisuja. Uusi työtapastandardi, laitteistorajapinnat, voisi muodostaa selkeämmän pohjan integroitujen kokonaisuuksien suunnittelulle.

Dokumentaation laatuun ja määrään tulisi myös kiinnittää huomiota digitaalisia järjestelmiä toimitettaessa. Parametrit, backup-ohjelmat ja järjestelmäkaaviot/konfiguraatiot tulisi olla selkeästi löydettävissä dokumentaatiosta vikatilanteessa/muutoksia tehtäessä koko aluksen elinkaaren ajan.

Aluksen meriturvallisuuden kannalta huomioitavana tekijänä nousi esiin mitatun tai prosessista tuotetun datan oikeellisuuden varmentaminen ja mahdollisesti virheellisen datan vaikutukset aluksen toimintoihin. Käytännönläheisenä esimerkkinä voisi toimia tilanne, jossa laivalla oleva järjestelmä kykenee itse jatkamaan prosessin toimintaa anturivian sattuessa. Tämä samainen anturidata siirtyy myös väylätietona toiseen järjestelmään, joka taas vaikuttaa kolmanteen järjestelmään. Suunnittelussa on huomioitava, että kyseisessä vikatilanteessa toimitettu data ei olekaan oikeaa, vaan laskennallisesti tuotettua. On näin ollen tarpeen huomioida suunnittelussa, tuleeko alajärjestelmien olla myös tietoisia ja tuleeko niiden ilmoittaa käyttäjälle, että kaikki käytössä oleva data ei olekaan oikeaa anturitietoa.

Laivalla järjestelmien sähköisten ja fyysisten rajapintojen kautta tapahtuva vuorovaikutus järjestelmien välillä voi olla hyvinkin moninaista ja monimutkaista. **Vaikutusten arvioimiseksi ja kokonaiskuvan saamiseksi ja kokonaisuuden hallintaa helpottamaan olisi hyvä pohtia uuden tehtäväkuvan luomista laivasuunnitteluun, integraatioon liittyvien parametrien ja integroidun kokonaisuuden hallintaan.**

### 3.2 LaivaDigiLabin digitaalisen ennakkotestauksen pilotointi (TP3)

Hankkeen kahden pilottilaivan (Wasalinen Aurora Botnia ja Tallink Siljan MyStar) rakentamista tarkasteltiin sen eri vaiheiden avulla: suunnittelu, rakennusvaihe, käyttöönotto ja muutostyöt/modifioinnit. Hankkeen yhteydessä järjestettyjen Hackathonien aikana saatiin lisätietoa pilottikohteiden rakentamisen ja operoinnin aikana kerätyistä havainnoista ja niiden vaikutuksista nykyisten alusten käyttöön ja uusien alusten suunnitteluun ja ennakkotestaamiseen.

Työpaketissa 3 tavoitteena oli pilotoida digitaalista ennakkotestaamista ja määrittellä LaivaDigiLabin ennakkotestauksen teemat ja tekniset kohteet. TP2:n tuloksien perusteella tunnistettiin keskeisimmät integraation haasteet ja rajapinnat, jotka oli analysoitu olevan erityisen riskialttiita yhteensopimattomuuksille. Hankesuunnitelmaa tehtäessä oli esimerkiksi tiedossa, että Wasaline Aurora Botnia on ensimmäinen matkustaja-alus maailmassa, johon toteutetaan LNG/biokaasu/diesel/akut-teknologiaa.

Työpakettissa keskityttiin aikaisemmassa vaiheessa esiin nousseeseen neljään kokonaisuuteen, joiden sisältöä on kuvattu kappaleissa 2.2.1–2.2.4:

1. Dokumenttien hallintaan liittyvät haasteet.
2. Automaatiojärjestelmien kommunikoinnin määrittelyyn liittyvät haasteet.
3. Aluksen käsittely simulaattoriympäristössä.
4. Verkostomaisen laivanrakennuksen haasteet käyttöönotossa.

Näistä neljästä teemasta valittiin varsinaiseen ennakkotestaukseen ja simulaatioympäristöön parhaiten soveltuvat teemat: 3) aluksen käsittely simulaattoriympäristössä ja 4) verkostomaisen laivanrakennuksen haasteet käyttöönotossa. Teemojen valintaperusteissa huomioitiin suurimmat riskit ja soveltuvuus simulaatioympäristöön.

### 3.2.1 TEEMA 1: Dokumenttienhallintaan liittyvät haasteet

Automaatiotason noustessa uusiin aluksiin integroidaan huomattavasti enemmän automaatiolaitteita, sensoreita ja ohjelmoitavia järjestelmiä. Näiden laitteiden ja sensoreiden asentaminen, ylläpito ja korjaus edellyttävät jatkuvasti enemmän tietoa ja osaamista. Sähkö- ja automaatioasennustyön ja suunnittelun laadun hallinta korostuvat tällaisten aluksien rakennusvaiheessa. Järjestelmien muutosnopeuden kiihtyminen edellyttää suunnittelulta tarkkaavaisuutta, jotta tehdyt muutokset tulee huomioitua järjestelmän suunnittelussa. Hyvä suunnittelu tarkoittaa usein myös laajaa dokumentaatiota, joka tukee asennus- ja käyttöönotto-työn nopeaa ja tehokasta onnistumista. Huonon asennuslaadun ja asennusvalvonnan seurauksena toteutetut huolimattomat tai jopa virheelliset asennukset voivat aiheuttaa viivästyksiä, lisäkustannuksia ja monenlaisia vaikeasti paikallistettavia toimintahäiriöitä. Näiden staattisten tai ajoittaisten toimintahäiriöiden paikallistaminen on usein vaikeaa ja aikaa vievää. Monimutkaisten järjestelmien käyttöönotto ja vianhaku sekä myöhemmässä vaiheessa tapahtuva ylläpito helpottuvat huomattavasti, kun käytössä on riittävä ja ajantasainen, paikkansapitävä dokumentaatio.

#### **Dokumentaation hallintaan liittyviä havaintoja ja kehitysehdotuksia:**

- Laitetoimittajien toimittamat kuvat/dokumentit eivät aina ole muokattavassa muodossa, mikä hankaloittaa muutoksien tekemistä ja dokumentaation ylläpitoa.
- Dokumentaation integroiduissa kokonaisuuksissa olisi hyvä sisältää kokonaiskuvan osoittava integraatiokaavio/datan virtauskaavio. Lisäksi loppudokumentaation tulisi sisältää laitteiden väliseen kommunikaatioon liittyvät tiedot, parametrilistaukset ja ohjelmistojen backup-tiedostot.
- Laitetoimittajat eivät näe toistensa dokumentaatiota, vaikka niiden toiminta liittyisi toisiinsa. Tällaisessa tapauksessa on erittäin tärkeää, että molemmat osapuolet ymmärtävät toistensa järjestelmään liittyvät toiminnallisuudet, joihin oman järjestelmän tieto osallistuu. Muutokset, jotka vaikuttavat molempiin osapuoliin tulee saattaa pikaisesti kummankin osapuolen tietoon. Rajapintana tässä toimii yleensä telakka.

- Tiedonkulkua verkostomaisessa toimintamallissa tulisi sujuvoittaa. Ajantasaiset suunnitelmat ja mahdolliset muutokset tulisi olla reaaliaikaisesti toimijoiden käytettävissä.
- Mikäli rakennusvaiheessa havaitaan virheitä suunnitelmissa tai toimintatavoissa, tulisi ne järjestelmällisesti tunnistaa ja dokumentoida siten, että virheitä ei toisteta ja tieto korjaavista toimenpiteistä saavuttaa kaikki asianosaiset.
- Loppudokumentaatio (sähkökuvat, parametrit ja asetukset, ohjelmistojen backup-tiedostot, ohjelmiston muutos/päivitysloki).
- Integraatioon liittyvien parametrien ja muuttujien hallintaa voisi olla mahdollista tehostaa ja helpottaa sähköisillä tiedonhallintajärjestelmillä.

### 3.2.2 TEEMA 2: Automaatiojärjestelmien kommunikoinnin määrittelyyn liittyvät haasteet

Perinteisessä toimintamallissa järjestelmien välinen kommunikaatio on perustunut yksittäisiin fyysisiin signaaleihin, analogisiin tai digitaalisiin, joita on siirretty omilla johtimillaan järjestelmien välillä. Uusissa järjestelmissä tämä laitteistojen välinen tiedonsiirto tapahtuu pääosin väylätekniikkaan perustuvana kommunikaationa. Väyläpohjaisen kommunikaation etuna on pienempi tarve kaapeloinnille ja kytkennöille. Tämä tarkoittaa laitetoimittajalle ja käyttöönottajalle kuitenkin enemmän ohjelmointityötä. Väyläpohjainen kommunikoinnin käyttö antaa huomattavia etuja kaapeloinnissa, tiedonsiirtonopeuksissa ja siirrettävän tiedon määrässä. Tästä syystä perinteiset menetelmät ovatkin pitkälti syrjäytyneet käytöstä. Väyläkommunikaatiolla siis voidaan saada aikaan kustannussäästöjä ja välttää tiettyjä ongelmia, mutta se voi tuoda mukanaan uusia ongelmia, kaapeloinnissa, parametroinnissa ja sähköisissä häiriöissä.

Perinteisten signaalien kanssa ongelmien ratkominen ja suunnittelu on teknisesti yksinkertaisempaa ja läpinäkyvämpää kuin väyläpohjaisten järjestelmien kanssa.

Erilaisia väyläratkaisujakin voidaan rakentaa ja testata jo ennen lopullista asennusta, mutta väyläliikenteen toimivuus ei vielä kerro toimiiko koko järjestelmä, vaikka väylän kautta tieto siirtyykin. Vasta lopullinen fyysisesti rakennettu järjestelmä kertoo lopullisen toiminnan.

Automaatiojärjestelmien yhteensovittaminen koostuu sekä fyysisistä että ohjelmallisista yhteyksistä. Molempien toteuttaminen edellyttää järjestelmien välillä sovittuja käytäntöjä ja yhteistä toteutustapaa. Fyysisen liitännän ja ohjelmallisten määrittelyjen luominen ja tiedon jakaminen järjestelmätoimittajien välillä on tärkeää sujuvan ja onnistuneen käyttöönoton kannalta.

Voimme ajatella automaatiojärjestelmien välillä olevan tiedonsiirron koostuvan ja toimivan samalla periaatteella kuin normaalien kirjeiden ja pakettien välitys. Meillä on olemassa useita erilaisia kuljetusyhtiöitä, kuten Posti, PostNord, Matkahuolto, DHL, FEDEX jne.... Näiden yhtiöiden voidaan tässä tapauksessa ajatella kuvaavan tiedonsiirron fyysisiä yhteysväyliä.

Tiedonsiirrossa käytettävää protokollaa voidaan kuvata erilaisilla paketti- tai lähetyssopimuksilla, joita näillä logistiikkayhtiöillä on olemassa. Näillä sopimuksilla voidaan määritellä esimerkiksi lähetettyjen/vastaanotettujen pakettien tarvitsema koko ja nopeus.

Liikennöinnin perusparametreilla määritellään vielä itse pakettien muoto ja niihin liittyvät osoitteet. Jokaiselle lähetykselle tulee olla olemassa lähettäjän ja vastaanottajan tiedot.

Viimeisenä vaiheena kokonaisuuteen liittyvät järjestelmien välillä liikkuvat tiedot, eli muuttujat. Muuttujien voidaan ajatella kuvaavan sopimusta pakettien sisällöstä. Esimerkkinä lähettäjä lähettää vastaanottajalle kengät ja vastaanottaja tarvitsee kengät määrättyä tilaisuutta varten. Mikäli paketissa onkin reppu, tai se onkin lähetetty väärällä kuljetusyhtiöllä ja se päättyy väärään paikkaan, ei prosessi pääse etenemään halutulla tavalla ja kengät eivät ole käytettävissä haluttuna aikana, halutussa paikassa.

Automaatiojärjestelmien fyysisiä liitännätapoja sekä käytettäviä kommunikaatioprotokollia, eli sovittuja käytäntöjä, on kymmeniä erilaisia. Jokaiselle näistä on olemassa omat perusparametrit sekä asetellut. Näiden lisäksi järjestelmien välillä siirrettävä tieto, eli muuttujat tulee aina tapauskohtaisesti määritellä, jotta jokainen tieto ja paketti siirtyy oikeanlaisena oikeaan paikkaan. Teknologian kehitys tuo tullessaan yhä monimutkaisempia

ja kehittyneempiä järjestelmiä ja tällöin myös laitetoimittajien väliset liitynnät voivat monimutkaistua ja väärinymmärrysten todennäköisyyskin voi kasvaa.

Haastattelujen aikana nousi erityisesti esiin järjestelmien väliseen kommunikaatioon liittyvät ongelmat ja niiden määrittelyssä havaitut puutteellisuudet. Näiden puutteiden johdosta käyttöönottovaiheessa voidaan kohdata tilanteita, joissa on havaittu virheitä kaapeloinnin, protokollan, parametrien tai itse muuttujien kanssa. Havaitut virheet voidaan yleensä korjata, mutta muutostyö aiheuttaa usein aikataulujen yhteensovittamista ja korjaustarvetta dokumentaatioon. Tällöin pienikin muutos voi kokonaisuudessa viedä aikaa muutamista minuuteista useisiin viikkoihin. Tämän vuoksi käyttöönottovaiheessa havaitaan ongelmia, jotka olisi ollut mahdollista ratkaista hyvissä ajoin ennen varsinaisen käyttöönottovaiheen alkua. **Yksityiskohtainen suunnittelu, selkeät ohjeet laitetoimittajille sekä riittävän asennusvalvonnan varmistaminen vähentäisivät ylimääräistä työtä sekä ristiriitatilanteiden mahdollisuuksia.** Usein ongelmat ovat myös helppoja ja nopeita ratkaista suunnitteluvaiheessa, toisin kuin käyttöönoton yhteydessä. **Toiminnan kannalta olisikin tärkeää huomioida integraation aiheuttamat määrittelyvaatimuksien muutokset kaikissa laivanrakennuksen vaiheissa, hankintasopimuksesta aina loppudokumentaatioon asti (sähkökuvat, parametrit ja asetukset, ohjelmistojen backup-tiedostot).**

Meriturvallisuuden kannalta laivanrakennusprosessiin liittyvät virhetilanteet tulee minimoida, jotta mahdollisuus piilevään virheeseen jäisi mahdollisimman pieneksi. Mikäli käyttöönottovaiheessa ei kuitenkaan havaita ohjelmistoon tai asennuksiin liittyviä virheitä, voi se pahimmillaan vaarantaa miehistön, matkustajat tai aluksen lastin turvallisuuden. Käyttöönotossa pyritäänkin varmistamaan koko aluksen elinkaaren kestäväälle turvallisuudelle hyväksyttävä lähtötaso.

Laitteiden ja järjestelmien testaamiseksi ennen käyttöönottoa voidaan myös laitteiston simulaatioita suorittaa joko ohjelmallisesti tai fyysisesti. Näistä ensimmäinen eli ohjelmallinen simulaatio käyttää hyväkseen tietotekniikkaa, jossa tietokone laskee erilaisissa

mallinnusskenaarioissa laitteiden ja järjestelmien toimivuutta todellisessa tilanteessa annetuilla parametreilla.

Toinen toimintamalli simuloinnille on rakentaa oikea fyysinen automaatiota hyödyntävä, niin sanottu testipenkki, joka usein pyritään toteuttamaan hieman yksinkertaisten asioita, pienoiskoossa. Tällaisella testipenkillä päästään varmistamaan astetta paremmin laitteiden fyysinen toiminta. **Tällaisia yksittäisten laitteiden ja järjestelmien fyysisiä testipenkkejä on olemassa eri laitevalmistajilla heidän omiin käyttötarkoituksiinsa soveltuen. Ennakkotestaamisen tietyt osa-alueet voisi olla järkevää ratkaista näitä hyödyntämällä.**

Perustavanlaatuinen ongelma simulointien käytössä on kuitenkin siinä, että lopullisen automaation todellinen toimivuus ratkeaa vasta, kun aluksella oleva fyysinen ympäristö on rakennettu (putkistot, sähkökaapelit, venttiilit, yms.). **Tämän vuoksi automaatiojärjestelmien rakenteellinen testaaminen on simulaattoriympäristössä hankalaa ja kallista.** Täydellinen testaaminen kun edellyttäisi laajoja ohjelmistoja sekä järjestelmiä. Siihenhän tulisi sisällyttää lähes kaikki asennettavat laitteet ja laitteistot, jotka myös käytännössä muuttuvat jatkuvasti laivanrakentamisen aikana. Automaation lisääntyessä myös järjestelmien linkaari on lyhentynyt, jolloin simulaattori vaatisi jatkuvaa uudelleenrakennusta ja päivitystä, että se ei sisältäisi vanhentuneita laitteita.

Sarjatuotannossa tai vaativissa erityiskohteissa, kuten ydinvoimaloissa, laajemmat simulaatioympäristöt ovat kuitenkin vakiinnuttaneet paikkansa. Tämä johtunee siitä, että kyseisissä sovelluksissa laitteiden käyttöikä on pitkä ja toimituksen aikaikkuna on paljon pidempi kuin laivanrakennusteollisuudessa.

Koska suomalaiset laivat ovat nykyisin myös eräänlaisia innovaatioalustoja, se aiheuttaa enenevässä määrin muutoksia totuttuihin ratkaisuihin. Uusiin laivoihin pyritään tekemään uutta, parempaa ja hienompaa kuin aikaisemmin, jolloin aiempaan tekniikkaan ja ratkaisuihin ei voida tukeutua samalla tavoin kuin on aiemmin toimittu.



Alla lisäksi joitain tärkeäksi koettuja havaintoja ja kehitysehdotuksia koskien automaatiojärjestelmien tiedonsiirtoa:

- Laitteita tilattaessa ei aina ole määritelty, mitä tiedonsiirtotapoja tullaan käyttämään/tarvitsemaan. Tilataan liikaa tai liian vähän liitännävaihtoehtoa. Molemmat aiheuttavat lisäkuluja tilaajalle.
- Voisiko olla mahdollista rakentaa jonkinlainen universaali testiympäristö nimenomaan automaatiolle. Ideaalitulanteessa laitetoimittajat voisivat liittää omat järjestelmänsä testiympäristöön, joka sisältäisi tarvittavat tiedot, jotta voidaan varmistaa kommunikaatioon liittyvien parametrien oikeellisuus ja tarvittavan datan liikkuminen järjestelmien välillä.
- Laitetoimittajien toimittamat kuvat/dokumentit/lähtötiedot eivät aina ole käytettävissä, kun joudutaan tekemään toisiin järjestelmiin liittyviä ratkaisuja.
- Väylätekniikkaan liittyvät parametrit ja asetukset eivät ole välttämättä tuttuja käyttöönotto henkilöstölle. Tämä hidastaa käyttöönottoprosessia.
- Telakan olisi helpointa toimia väyläpohjaisen tiedonsiirron ja muuttujien hallinnassa välikätenä toimijoiden välillä. Näin voidaan välttää esimerkiksi eturistiriitoja sekä kustannusten nousua.
- Sähköisten häiriöiden vaikutukset järjestelmien väliseen tiedonsiirtoon ovat hankalia paikallistaa. Näihin tulee varautua jo suunnitteluvaiheessa valitsemalla häiriösietoisia ratkaisuja sekä minimoimalla häiriölähteitä.
- Väyläpohjaisten järjestelmien dokumentointiin tulisi kuulua kaikki parametrit ja asetukset, jotta järjestelmien ylläpito elinkaaren muissa vaiheissa helpottuu.

Liite 5:ssä on taulukko, johon on koottu keskeiset tiedot yleisimmistä laivaympäristössä käytettävistä tiedonsiirtoväylistä ja niihin liittyvistä perusasetuksista.

### 3.2.3 TEEMA 3: Aluksen käsittely simulaattoriympäristössä

Simulaattorit ovat merkittävässä roolissa, kun harjoitellaan turvallisuuskriittisten prosessien hallintaa ja opitaan käsittelemään laivaa erilaisissa tilanteissa oikein ja optimaalisesti. Simulaattoreiden ja simulaatiomallien hyödyntämismahdollisuudet ovat kuitenkin laivanrakennusprosessin suhteen laajemmat: simulaattoreita ja simulaattoriympäristöä voidaan hyödyntää ongelmakohtien tunnistamisessa, määrittelyssä ja rajaamisessa.

Ennakkotestaamisen kehittämiseksi LaivaDigiLabissä keskityttiin aluksen käsittelyyn simulaatioympäristössä. Käytännössä tämä tarkoitti pilottikohteena olleen Aurora Botnian ohjailun simulointia ja testiajoja komentosiltasimulaattorilla turvallisuuteen ja energiatehokkuuteen liittyen. Tallink Siljan MyStarilla ei vastaavassa laajuudessa voitu toteuttaa laivanrakentamisessa olleiden viiveiden vuoksi.

Simuloinnit toteutettiin seuraavasti:

- SAMK organisoi laivamallin tilauksen
- Hydrostaattiset mallit saatiin telakalta
- Kolmas osapuoli kehitti laivamallin
- SAMK vastasi simulaattoriajoista eli järjesti laivamallin operoinnin ennakkotestaamisen
- Kentältä saatiin tarkennettua tietoa energiatehokkaammasta operointitavasta.

#### **Simuloinnin tavoite**

Simulaattorin käytön tavoitteena oli, että Aurora Botnian kansipäällystö osaa käyttää azipodeja turvallisesti ja ympäristöystävällisesti. Aluksen ohjailua varten simulaattoriin teetettiin Aurora Botniaa vastaava laivamalli, jonka käyttäytymisen tuli vastata aluksen käyttäytymistä erilaisissa keliolosuhteissa aidoissa tilanteissa. Simulointia varten teetetty laivamalli liittyi erityisesti Aurora Botniaan valitun propulsiojärjestelmän ja azipodpotkureiden operoinnin harjoitteluun ja ennakkotestaamiseen.

Harjoittelun tuli olla määrällisesti ja laadullisesti kattava kokonaisuus, jotta kokemusta ohjaamisesta ja eri tilanteista saatiin riittävästi.

Aurora Botnian laivamallilla suoritettiin simulointiajoja lukuisia kertoja erilaisissa keleissä: tyynellä, myrskyssä, isossa ja pienessä aallokossa, eri tuulensuunnilla, laituriin tullessa ja sieltä lähdeyttäessä, avomerellä, saaristossa, ahtaissa väylissä, jääolosuhteissa jne.

### **Operoinnin kriittiset raja-arvot**

Simulointitesteissä mitattiin operoinnin kannalta kriittisiä raja-arvoja, esimerkiksi millaisissa olosuhteissa on vielä turvallista lähteä laiturista. Myös operointirajat laituriin tullessa oli mielekästä selvittää simulaatioympäristössä, koska rantautuminen tapahtuu välillä rajustikin muuttuneissa keliolosuhteissa sääennusteisiin nähden. Etukäteen saatu kokemus auttoi välttämään turhia riskejä merikokeissa ja niiden jälkeen laivan käyttöönoton alkuvaiheessa.

Testatut ja hyväksi havaitut operointirajat jäivät voimaan Aurora Botnialle käytännön ohjeistuksina, mikä osoittaa simulaattoriympäristön vahvuuden erilaisten riskien ennakkoinnissa ja niiden minimoimisessa riittäväällä tarkkuudella.

### **Aluksen käytön optimointi simulaattoriajojen perusteella**

Aurora Botnian valmistumisen jälkeen laivan ohjauksesta vastaavat henkilöt ovat päässeet vertaamaan simulaatioympäristöstä saatua käyttökokemusta aitoon toimintaympäristöön. Esimerkiksi oikeassa meriympäristössä operoitaessa aluksen propulsiojärjestelmän tehoa optimoitiin vertailemalla ajoa simulaattorissa tapahtuneisiin, valmistajan ohjeiden mukaan suoritettuihin ajoihin.

Laittevalmistajan ohjeistuksen mukaan potkuritehoja tulisi pitää aina vähintään 50 % päällä samalla, kun ohjauksia käännellään. Paljastui kuitenkin, että laitetoimittajan antamat ohjeet azipodien vaatimasta tehoista olivat hyvällä kelillä ylimitoitettuja ja että pienemmälläkin tehomäärällä pärjättiin, mikä on energiataloudellisempaa: hyvällä kelillä

käytettävä pienempi käyttöteho vähentää polttoaineen kulutusta. Tuulisella säällä valmistajan antamat ohjeet pitivät paikkansa.

Tehon optimoinnilla voi olla merkitystä myös tapaan ohjata laivaa azipodeilla. Kun tällainen muuttunut tieto vaaditusta tehon määrästä kulkeutuu takaisin simulaattoriajoja järjestävälle taholle, pystytään seuraavia ajoja suunnittelemaan ja optimoimaan uuden tiedon perusteella.

**Aluksen käsittely simulaattoriympäristössä ja vertailu käytännön ajoon on mahdollistanut käänteisen oppimisen, eli kerätyn tiedon tuomisen takaisin simulaattoriympäristöön.**

### **Ennakkotestaamisen elinkaari – yhteenveto ja pohdintaa**

Ennakkotestaamisen elinkaari voidaan jakaa tässä yhteydessä seuraavasti:

- 1) Tehdään ennakkotestausta komentosiltasimulaattorilla
- 2) Tieto ennakkotestauksesta siirtyy oikealle laivalle
- 3) Oikealla laivalla tehdään jatkotestauksia ja saadaan lisätietoa
- 4) Lisätieto siirtyy simulaattorikouluttajille, ja sitä voidaan hyödyntää jatkossa.

Tällainen ”refleктоiva havainnointi” on hedelmällinen toimintatapa, koska tällä hetkellä komentosiltasimulaattorista ei nähdä kuormitustasoja, eikä energiankulutusta pystytä vielä etukäteen todentamaan. Tarkentuneella tiedolla on vaikutusta myös uusien laivamallien aiempaa realistisempaan ajotuntumaan simulaattorissa, jos niistä saatua tietoa päästään hyödyntämään.

Energiatehokkuuden parantumisen lisäksi molempiin suuntiin liikkuvalla tiedolla on myös toisenlainen lupaus laivanrakennuksen ennakkotestaamisen parantamiseksi. Jos jo alustavissa simulaattoriajoissa voitaisiin huomata mahdollinen ristiriita tai poikkeama aluksen käyttäytymisessä aiempaan käsitykseen verrattuna, olisi simulaatiotulosten perusteella vähintään teoreettinen mahdollisuus vaikuttaa laitteiden ja järjestelmien valintaan jopa kesken laivan suunnitteluprosessin, mikäli se olisi sopimusteknisesti tai muutoin perusteltua ja järkevää. Tällä ajattelutavalla laivan teknistä suunnittelua voitaisiin tarkentaa ja päivittää

vielä ennen kuin lopulliset laitevalinnat on lyöty lukkoon tai asennettu laivaan. Tämä tietysti edellyttää, että operointiin liittyvä simulaatio tuottaa nykyistä enemmän tietoa ja että ennakkotestaaminen päästään suorittamaan riittävän ajoissa.

Riittävän ajoissa tapahtuva kahdensuuntainen kommunikointi myös luovutuksen jälkeen helpottaa mahdollisten sisaralusten ja uusien laivaprojektien suunnittelua ja valmistumista ajallaan, jos kerättyä tietoa päästään hyödyntämään.

### 3.2.4 TEEMA 4: Verkostomaisen laivanrakennuksen haasteet käyttöönotossa

Verkostomaisen toiminnan lisääntyminen laivarakennuksessa on muuttanut aikaisemmin totuttua toimintaympäristöä ja toimintamalleja. Verkostomaisessa toiminnassa sekä työtehtävät että osaaminen on mahdollista ulkoistaa telakan ulkopuolelle. Tällaisessa toiminnassa korostuu yrityksen kyky hallita suuria kokonaisuuksia, varmistaa tiedonkulkua sekä toimivaa laadunvalvontaa.

Haastattelujen perusteella verkostomaisessa toiminnassa havaitut haasteet liittyvät luottamukseen, valvontaan, ohjaukseen, alihankintaketjun pituuteen ja tiedonkulkuun. Näistä merkittävimpiä ja muissakin teemoissa korostuvat tiedonkulku ja valvonta.

Tiedonkulun haasteet näkyvät esimerkiksi ajantasaisen tiedon jakamisen ongelmina eri toimijoiden välillä. Erityisesti tulisi pohtia tapoja siihen, miten oikea tieto saavuttaisi oikeat henkilöt oikeaan aikaan. Jos tieto hukkuu matkalla, eikä se kulje eri järjestelmätoimittajien ja/tai asentajien välillä, tai jos yleisesti ottaen tiedettäisiin, mitä tehdään, syntyisi vähemmän virheitä ja laivat valmistuisivat enemmän ajallaan. Tiedonkulun tulisi toimia tehokkaasti koko laivanrakennusprosessin ajan sähköasentajasta suunnitteluun asti. On huomionarvoista, että panostamalla valvontaan voitaisiin edesauttaa ratkaisemaan monia tiedonkulkuun liittyviä ongelmia.

Eriyistä haastetta tiedonkulkuun luo rakennusprojektin pitkä kesto (n. 1–2 vuotta) ja pitkien alihankintaketjujen käyttö. On periaatteessa mahdollista, että alkuperäistä suunnittelijaa ei enää ole tavoitettavissa siinä vaiheessa, kun virhe havaitaan. Tällöin raportointi ja palaute suunnitteluun ei sellaisenaan toteudu, eikä suunnittelija tule tietoiseksi tekemästään virheestä. Näin virhe voi tulla vastaan uudelleen seuraavassa projektissa. Pienemmät virheet korjataan myös suoraan aluevastaavan ja työnjohtajan hyväksynnällä, jolloin merkintä tulee ainoastaan loppukuviin ja tässäkin tapauksessa se ei välttämättä saavuta alkuperäistä suunnittelijaa. Isommissa poikkeamissa, joiden hinta nousee korkeaksi, on olemassa oma prosessinsa (Change Request), jonka laajuus määräytyy havaitun virheen hinnan mukaisesti.

Olisikin hyvä pohtia, miten prosessin aikana havaittujen poikkeamien raportointi toimisi niin, että kaikki asianosaiset saisivat tarpeellisen informaation nopeasti ja kykenisivät myös sen ottamaan huomioon ja tekemään korjaavia toimenpiteitä tulevaisuudessa. Miten muutostieto tallennettaisiin niin, että se voisi olla seuraavalla kerralla helposti löydettävissä jo suunnittelun alkuvaiheessa?

Yksi tapa testata laivojen teknisten järjestelmien keskinäistä yhteensopivuutta ennakkoon on eri järjestelmätoimittajien kesken järjestettävät Pre-FAT-tilaisuudet, joita RMC:llä on hankkeen aikana järjestetty. Näissä Pre-FAT tilaisuuksissa laivaan tulevien laitteiden tai sähköisten järjestelmien keskinäistä toimivuutta voidaan rajoitetusti testata ennakkoon. Testeissä mm. varmistetaan laitteiden tai järjestelmien välinen yhteys ja niiden keskinäinen toimivuus sillä tasolla kuin se on mahdollista toteuttaa.

Pre-FAT ei ole paikkasidonnainen ja näin ollen se voidaan fyysisesti toteuttaa missä vain. Tällaisessa Pre-FAT-tilaisuudessa laitetoimittajat kokoontuvat samaan paikkaan ja käyvät läpi laitteiden välisen kommunikoinnin parametreja sekä testaavat tiedon liikkuvuutta järjestelmien välillä. Järjestelmät eivät kuitenkaan ole vielä kokonaisuuksia, vaan pelkkiä keskeneräisiä osuuksia, moduuleita tai demoympäristöjä.

Palaute näiden Pre-FAT tilaisuuksien järjestämisestä on ollut positiivinen, mikä todistaa, että suunta on oikea, kun yhteistyötä tiivistetään ja positiivisia ennakkotestauksen tuloksia saadaan aikaiseksi. Tämänkaltaisen yhteistyön olemassaololla on ollut merkitystä laivojen sähköisten järjestelmien ennakkotestauksessa, ja sillä on saavutettu taloudellista hyötyä ja lisätty meriturvallisuutta.

### **Verkostomaiseen toimintamalliin liittyviä havaintoja ja kehitysehdotuksia käyttöönotossa:**

- Integraatorajapintojen määrittelyissä ja yhteensovittamisessa on hyvä olla mukana myös telakan edustaja.
- Standardoidut ohjeet ja käytänteet vähentävät ristiriitatilanteita ja selkeyttävät toimintamalleja.
- Olennaisten kommunikaatioasetusten määrittely keskitetysti erillisen suunnitteluohjelmiston tukemana vähentäisi virheitä ja ristiriitatilanteita.
- Verkostomaisessa toimintamallissa voi olla haastavaa saada useiden eri järjestelmien toimittajat/asiantuntijat yhtä aikaa paikalle ratkomaan havaittuja ongelmia. Tämä voi vaikeuttaa puolueettoman ratkaisun löytämistä.
- Väärinkäsityksiä tapahtuu pitkin prosessia mm. kulttuuristen, kielellisten erojen takia. Sama tekninen termistö voidaan myös joissain tapauksissa tulkita useilla eri tavoilla. Olisi hyvä pohtia keinoja, joilla käyttöönottoa voitaisiin aikaistaa niiltä osin kuin se on mahdollista, jolloin mahdolliset korjaavat toimenpiteet saadaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa kiinni.
- Voisiko ennakkotestausprosessin hallinta olla myytävää palvelua puolueettomalta taholta? Eri tasoisia testauskonsepteja voisi olla useita.

#### 3.2.5 Vaiheen TP3 yhteenveto ja pohdinta

Laivan rakentaminen verkostomaisella toimintamallilla tuo paljon mahdollisuuksia, mutta on haastavaa ja edellyttää hyvää tiedonhallintaa, kommunikaatiota ja sitoutuneita yhteistyökumppaneita. Erityisesti sähköisten järjestelmien yhteydessä ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” pitää paikkansa. Integraation lisääntyessä tulee arvioida uudelleen dokumentoinnilta edellytettyä laajuutta. **Integraatiokaavio, kommunikointiin liittyvät**

**parametristat ja tiedonvirtauskaaviot voisivat jatkossa olla olennainen osa automaatiojärjestelmän dokumentaatiota.**

Järjestelmien ja laitteiden testausta on tehtävä rakentamisajan lisäksi koko aluksen elinkaaren ajan. Riittävän dokumentaation avulla voidaan ylläpidossa säästää huomattavasti aikaa ja rahaa. Rakennusvaiheeseen liittyviä käyttöönottestauksia tehdään myös aluksen elinkaaren myöhemmässä vaiheessa, kun järjestelmiä modernisoidaan ja uudistetaan. Laitteistojen elinkaaren kannalta onkin tärkeää valita ns. Future-proof-periaatteen<sup>3</sup> mukaisia järjestelmiä. Tällaisten järjestelmien tuki ja varaosatoimitukset takaavat pitkän käyttöiän ja vähentävät kalliiden modernisointien tarvetta.

Suunnittelun tueksi on mahdollista myös luoda erilaisia järjestelmiä tiedon hallintaan ja käsittelyyn. Tällaisten järjestelmien avulla voidaan hallita ja tehostaa tiedonkulkua ja luoda pohjaa onnistuneelle loppudokumentoinnille. Suunnitteluvaiheessa voidaan lisäksi käyttää apuna erilaisia simulaatioita, lähinnä yksittäisten testien ja ongelmien tutkimiseksi. Näissä on hyvä tukeutua vahvaan ja osaavaan yhteistyökumppaniverkoston.

### **3.3 Laivanrakentamisen digitaalisen ennakkotestaamisen osaajaverkosto ja ennakkotestauksen digilaboratorio (TP4)**

Työpaketti 4:ssä keskityttiin kahteen teemaan: tematiikan mukaisen osaajaverkoston rakentaminen aktiivisesti toimivaksi kokonaisuudeksi sekä ennakkotestauslaboratorion edellytysten määrittely.

#### **Osaajaverkosto**

Hankkeen tavoitteena oli perustaa satakuntalainen ja maakunnan ylittävä laivanrakentamisen ennakkotestaamisen osaajaverkosto ja vahvistaa osaamista satakuntalaisessa laivanrakennuskokonaisuudessa. Tähän päästiin paitsi sitouttamalla hankkeeseen useita yrityksiä myös aktiivisella sidosryhmätyöskentelyllä, joka käsitti mm.:

---

<sup>3</sup> Future-proof-periaatteen mukaan ohjelmisto, tietokone, järjestelmä tms. suunnitellaan siten, että sitä voidaan käyttää myös tulevaisuudessa, vaikka tekniikka muuttuu.



- erilaiset tapahtumat, joissa osallistuttiin hankkeen puolesta,
- havainnoivat vierailut pilottikohteisiin,
- haastattelut ja muu tiedonkeruu ml. online-kysely,
- hanke-esittelyt eri tilaisuuksissa ja tapahtumissa,
- järjestetyt hackathon-tilaisuudet,
- simulaattoriyhteistyö ja
- yhteistyö muiden hankkeiden kanssa.

Tarve osaajaverkostolle ja osaamisen lisäämiselle satakuntalaisessa meriklusterissa oli ilmeinen. Tavoitteena on, että osaajaverkosto jää elämään ja sitä ylläpidetään aktiivisesti SAMKin kaltaisen riippumattoman tahon puolesta. Tämä tukee satakuntalaista elinkeinoelämää kokonaisuudessaan ja vahvistaa maakunnassa olevaa laivanrakentamiseen liittyvää digitaalisuusosaamista. Hankkeessa kerätty tieto ja konsepti jäävät osaajaverkoston käyttöön ja on jalostettavissa edelleen esimerkiksi mahdollisessa jatkohankkeessa.

Hankkeen peruskohderyhmää olivat mm. meri-insinöörit, merikapteenit ja sähkömestarit, mutta osaajaverkostoa täydensivät myös laivanrakennusinsinöörit ja sähköinsinöörit. Osaajaverkostossa on kattava poikkileikkaus monipuolista osaamista ja kansainvälisyys tuo siihen lisäarvoa, kun tavoitteena on sujuvoittaa laivanrakentamisen prosessia käytännössä.

Yhtenä merkittävänä esiin tuotuna havaintona projektissa oli tarve saada nostettua käytännön kokemus pinnalle koko toimitusketjussa asentajista alkaen. Heillä on käytännön läheisintä tietoa ja kokemusta toteuttamisen aikaisista haasteista ja niiden ratkaisuista, jotta voidaan jatkoprojekteissa välttyä samojen virheiden toistamiselta.

Yhteistyö verkostossa on monisäikeistä ja on osoittanut lisäarvonsa myös rekrytointien suhteen: osaajapula ja hyvien tekijöiden löytäminen on haaste myös meriklusterissa ja verkostoa on voitu hyödyntää tässäkin suhteessa. Monisäikeisyyttä kuvaa myös esimerkinomaisesti energiajärjestelmästä koottu ekosysteemimallinnus (liite 3) ja sitä

vastaavan toimittajaverkoston ekosysteemi (liite 4). Jos suunnitteluvaiheessa tuotettaisiin jokaisesta järjestelmästä vastaavat mallit, osaisi verkostossa toimiva yksittäinen tekijä hahmottaa oman tekemisensä suhteessa toisiin, mikä on ensiarvoisen tärkeää mm. muutostenhallinnan ja ongelmien ratkaisujen suhteen.

### **Ennakkotestaamisen digilaboratorio**

TP4:ssä oli tavoitteena myös ennakkotestauslaboratorion perustamisen edellytysten määrittely. Tällä hetkellä Merilogistiikan tutkimuskeskuksessa pystytään simuloimaan mm. turvallisuutta ja energiatehokkuutta, mutta riippumaton online-ennakkotestauslaboratorion perustaminen käytännössä edellyttää mm. erilaisia laiteinvestointeja, yhteyslaitteita, soveltuvuustestauksia sekä koodaamisosaamista esimerkiksi dokumenttien hallintaan vaadittavaa tietokantaohjelman/järjestelmätietokannan toteuttamiseksi. Tälle on olemassa karkean tason suunnitelma, jonka mukainen ratkaisu antaisi konkreettisia keinoja välttää mm. hankalia, yrityssalaisuuksien alaisuuteen liittyviä mahdollisia eturistiriitoja sekä sujuvoittaa laivanrakennusprosessia tärkeimpien järjestelmien suhteen.

Hankkeen yhteydessä määritelty ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio on visio toimintamallista, jonka kautta voisi olla mahdollista kehittää erilaisia testiympäristöjä asiakkaiden tarpeisiin. Tärkeitä asioita sen toiminnassa ovat riippumattomuus, luotettavuus ja asiantuntijuus. Hankkeessa kerätty tieto, hyvät käytänteet ja keskeiset havainnot eri toimijoiden ennakkotestauskäytänneistä ja toimintatavoista voivat osoittaa keinoja löytää ratkaisuja olemassa oleviin ennakkotestaamiseen liittyviin ongelmiin. Parhailla käytännöillä ja eri toimijoilla jo olemassa olevilla simulaatioympäristöillä on mahdollista auttaa verkoston toimijoita ennakkotestaamisen haasteissa.

### **Yhteenveto ja pohdintaa TP4:stä**

Kohdeyrityksiä ja osaamista oli hankkeessa mukana laajalla otoksella. Keskeistä osaajaverkostojen luonnissa oli, että eri alojen osaajat tuodaan yhteen. Tämä edesauttoi erilaisten näkemysten huomioimista: laivanrakentaminen on periaatteessa yhden harteilla (telakalla), joka on kuitenkin ulkoistanut osaprosesseja. Uusi toimintamalli on osoittanut

hyvät puolensa, ja osaajaverkosto on sitoutunutta ja osaavaa, mutta lisärajpinnat toimittajaketjussa tuovat mukanaan uusia haasteita erityisesti tiedonkulkuun liittyen. Jotta kustannustehokas ja kannattava toiminta on mahdollista, se edellyttää, että haasteellisia ratkaisuja ei haeta vanhoilla menetelmillä vaan että ratkaisujen hakua ruokitaan ”laatikon ulkopuolisella” ajattelulla. Tähän tuo merkittävää lisäarvoa osaajaverkoston tuominen yhteen riippumattoman osapuolen puolesta. Visuaaliseen muotoon saatettua tietoa mm. parhaista käytänteistä sekä ekosysteemimallinnukset järjestelmää vastaavasta toimittajaverkostosta edesauttavat tiedonkulun pullonkaulojen havaitsemisessa.

Ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio on oikeastaan visio toimintamallista. Sen avulla on mahdollista kehittää erilaisia testiympäristöjä asiakkaiden tarpeisiin sekä saattaa näkyväksi laivanrakentamisen eri vaiheissa havaittuja hyviä käytäntöjä ja havaintoja. Tärkeitä asioita testiympäristön toiminnassa ovat riippumattomuus, luotettavuus ja asiantuntijuus.

Hankkeen aikana kerättiin tietoa ja käytänteitä eri toimijoiden ennakkotestauskäytänteistä ja toimintatavoista. Näistä voidaan löytää ratkaisuja olemassa oleviin, ennakkotestausta koskeviin ongelmiin: esimerkiksi simuloimalla yksittäisiä ongelmatilanteita laitetoimittajien simulointiympäristöissä voitaisiin yhteistyön avulla paremmin hahmottaa kyseessä oleva ongelma sekä löytää uusia ratkaisuja.

Ennakkotestausta tukisivat myös erilaiset tekniset ratkaisut ja sovellukset, joilla saadaan reaaliaikaisesti jaettua ajantasaista tietoa kaikille toimijoille.

## 4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

LaivaDigiLABissa tehtiin mittavaa kartoitusta, jotta saatiin ymmärrys lähtötilanteesta ja käyttöönottoon liittyvistä ongelmista. Näiden perusteella voitiin selvittää, miten voidaan kehittää riippumatonta, turvallisuutta lisäävää testausalustaa laivojen digitaalisille järjestelmille.

Satakuntalainen laivanrakennus edustaa nykYTEknologian kärkeä, ja lisääntyvä digitaalisten järjestelmien määrä haastaa kustannustehokkaan laivanrakentamisen: järjestelmien määrän kasvu on johtanut integraatioiden määrän kasvuun ja käyttöönottovaiheen pituus suhteessa lisääntyneeseen työmäärään on liian lyhyt. Näistä seikoista johtuen laitteista saatavan dokumentaation laadun ja määrän merkitys kasvaa, mikä korostaa suunnitteluvaiheen tärkeyttä ja toimittajien välisen tiedonkulun sujuvoittamista. Hankkeessa kerätyn aineiston ja tiedon perusteella dokumentoinnin ja dokumenttienhallinnan voidaan katsoa yhdeksi kriittisimmäksi tekijäksi, kun puhutaan monimutkaisista, laajoista automaatiojärjestelmistä ja niiden välisestä integraatiosta.

Järjestelmien yhteensopivuutta ennakoivasti tukevat ratkaisut ovat avainasemassa ja vaikuttavat positiivisesti turvallisuuteen, energiatehokkuuteen, laatuun, aikatauluun ja kustannuksiin. Tuomalla yhteen eri toimijoita on mahdollista ennakoivasti ratkaista ongelmia toimitukseen liittyviä ongelmia ennen käyttöönottovaihetta ja asennusta lopulliseen laivaympäristöön.

Kerätyn aineiston ja haastattelujen mukaan digitaalinen kaksonen on liian kallis, koska rakennettavat laivat ovat prototyyppisiä ja uniikkeja yksilöitä. Digitaalisen kaksosen käyttö voisi olla mahdollista siinä vaiheessa, kun uusi laivamalli saadaan ”standardiksi” ja tuotantoa monistettua. Hankkeessa havaittiin, että laitekohtaisia simulointiympäristöjä on olemassa, ja niiden hyödyntäminen yksittäisten ongelmatilanteiden simulointiin on toteuttamiskelpoinen ajatus ongelmien hahmottamiseksi ja uusien ratkaisujen löytämiseksi.

Ennakkotestausta tukisivat myös erilaiset tekniset ratkaisut, sovellukset ja applikaatiot, joilla saadaan reaaliaikaisesti jaettua ajantasaista tietoa – parametrejä, sähkökuvia, asetuksia jne. – kaikille niille verkostossa toimijoille, joiden työhön ko. tieto vaikuttaa.

Se, miten automaatiojärjestelmät kommunikoivat, on pitkälti standardoitu, mutta kommunikointitapoja ja standardeja on kuitenkin useita ja yhteistä tapaa ei ole käytössä. Riittävän hyvä ja tarkka suunnittelu, joka määrittelee kommunikaatiotavat, olisi tarpeen lyödä lukkoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näin vältetään hankalilta ja työläiltä muutostöiltä, mikä helpottaa käyttöönottovaihetta. Suunnittelun selkeyttämiseksi olisi mahdollisuuksien mukaan hyvä käyttää työtapastandardeja, jotka määrittelevät valmiiksi, millaisia kommunikaatiotapoja voidaan käyttää. Vakioidut käytännöt auttaisivat myös prosessin hallintaa kokonaisuudessaan.

Aineistoanalyysin mukaan Pre-FAT-tilaisuudet, jotka koskevat laivojen turvallisuuteen tai ohjattavuuteen liittyvien automaatiojärjestelmien esitestausta ja pääjärjestelmien välistä tiedonsiirtoa, ovat erittäin hyvä käytäntö ja nopeuttaa käyttöönottovaihetta.

LaivaDigiLabin hankkeen keskeiset havainnot ja hyvät käytännöt on koottu videoon, joka on katsottavissa osoitteessa <https://youtu.be/1W7IFv3tZmU?si=PbXOiWRPqRWw4rTd>.

## 5 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Hankkeessa haettiin tuloksia neljään eri kokonaisuuteen. Kartoittamalla lähtötilanne järjestelmien digitaalisuuden haasteista, mahdollisuuksista ennakkotestaamiseen ja perehtymällä ennakkotestauskäytäntöihin monialaisesti pystyttiin määrittelemään LaivaDigiLabin ennakkotestauksen neljä teemaa ja tekniset kohteet. Erityisenä painoalueena olivat turvallisuus- ja energiajärjestelmät. Tehty työ antoi käsityksen keinoista kehittää ennakkotestausta ja pilotoida sitä käytännönläheisesti valittuja pilottikohteita hyödyntäen.

Kartoituksen perusteella automaatiojärjestelmien määrä on lisääntynyt merkittävästi ja on todennäköistä, että määrä kasvaa entisestään. Esimerkiksi kasvavat ympäristövaatimukset voivat lisätä automaation määrää ympäristöystävällisempiä laivoja rakennettaessa. Tämä lisää haastavien integraatioiden ja rajapintojen määrää entisestään. Kaikki edellä mainittu vie enemmän aikaa kuin aiemmin ja vastaavasti tarvitaan enemmän aikaa monimutkaisten automaatiojärjestelmien käyttöönottovaiheellekin.

Hankkeen tuloksissa korostuivat dokumentointi ja dokumenttienhallinta, tiedonkulku niin fyysisesti kuin hyvä yhteistyö toimittajaverkostossa. LaivaDigiLabin myötä satakuntalaisen laivanrakentamisen tukena on riippumattoman tahon puolesta koottu osaajaverkosto, joka koostuu alan osaajista laajalla skaalalla. Sen lisäarvo on satakuntalaisessa meriklusterin digitaalisuusosaamisessa, jota on mahdollista laajentaa yli maakunnan rajojen.

Pääjärjestelmistä luodut ekosysteemimallinnukset sekä sitä vastavan toimitusverkoston ekosysteemi auttavat hahmottamaan kokonaisuutta ja monimutkaisen verkoston kytköksiä. Kerätty tieto ja osaaminen on koko verkoston käytettävissä hankkeen jälkeenkin.

LaivaDigiLab-hankkeen tavoitteena ei ollut tuottaa konkreettista fyysistä digitaalista laboratoriota, vaan kerätä aineistoa ja tietoa tarvittavista edellytyksistä. Merkittävin tekijä riippumattomalle digitaalisten järjestelmien ennakkotestaamisen laboratoriolle on erilaisten laiteinvestointien lisäksi koodaamisaosaaminen. Hankkeessa luotiin hahmotelma

toiminnallisesta konseptista, jossa näkyvät laivanrakennusprojektin eri vaiheet ja niihin kytkeytyvät hyvät havainnot ja keskeiset käytännöt.

### Jatkotoimenpiteet

LaivaDigiLab vastasi todelliseen, yrityskentältä tulleeseen tarpeeseen. Tarve ennakkotestauksen kehittämiselle edelleen, teoriaa konkreettisempaan muotoon on olemassa:

- Hankkeessa kerättyä tietoa ja ymmärrystä kompleksisesta kokonaisuudesta olisi mahdollista jatkojalostaa mm. tuottamalla eritasoisia ennakkotestauskonsepteja prosessin hallintaan.
- Dokumentaation hallinnan tueksi voisi kehittää tietokantaa, joka olisi tilaajan ja toimittajien välisen ajantasaisen yhteistyön kulmakivi.
- Digitaalisen järjestelmän kehittäminen tärkeimpien järjestelmien yhteensopivuuden ennakkotestaamiseksi ennen laivaan asentamista. Tämä voisi nopeuttaa käyttöönottoa.
- Simulaattoriympäristöä voidaan hyödyntää simulaatiomallin kehittämisessä kuten WasaLinen Aurora Botnian azipodien vikaantumistilanteiden harjoittelussa. Vastaavaa simulaatiomallia voidaan konseptoida ja hyödyntää joko laajemmissa kokonaisuuksissa – tai kapeammassa. Se voi tarkoittaa esimerkiksi energiatehokkuuden testaamista ja koulutuksen kehittämistä osaamisen lisäämiseksi ja ylläpitämiseksi.

Monet edellä mainituista edellyttävät investointeja ja osaavaa ICT-resurssia. Lisäarvoa ennakkotestaukseen ja hyvän suunnittelun tueksi on mahdollista saada ylläpitämällä jo koottua osaajaverkoston. LaivaDigiLabin jatkotoimenpiteenä voisikin harkita vapaaehtoisen osaajaverkoston hyödyntämistä riippumattomana seurantaryhmänä. Seurantaryhmän funktio olisi toimia hankkeen epävirallisena ohjausryhmänä, joka kokoontuu säännöllisesti käsittelemään esimerkiksi tärkeimpien järjestelmien kehityksen etenemistä, toimittajaketjussa ilmeneviä haasteita ja suosittelee korjaavia toimenpiteitä. Vastaava idea on esitetty ÄlyMeri-hankkeen tuloksissa. Osaajaverkostotapaamisia olisi helppo järjestää esimerkiksi vuosittaisen Meriverkostopäivien yhteydessä.

## LÄHTEET

[1] Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2020. *LaivaDigiLab – laivojen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio*. SAMK arkisto.

[2] International Maritime Organization. 2019. *Maritime cyber risk*. [online]. Saatavilla: <https://www.imo.org/en/OurWork/Security/Pages/Cyber-security.aspx>. Haettu 13.7.2023.

[3] Leino, Ville. 2022. *Tiedonsiirtotavat ja yhteyksien määrittely laivojen integroiduissa automaatiojärjestelmissä*. [online]. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/handle/10024/779746>.

[4] Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2023. *Ulla Tapanisen ÄlyMeri-raportti riskienhallinnan mallista ja logistiikkaketjun toimivuudesta*. ss. 1–2. SAMK arkisto.

[5] Schnitger Corporation. 2021 *Meet today's challenges*. [online]. Saatavilla: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/analyst-report-marine-industry-in-2030-improve-ship-efficiency>. Haettu 22.9.2022.



17.8.2022

## LAIVADIGILAB 1. HACKATHON

Laivojen rakentamisen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio

### **Aika & paikka**

17.8. online, klo 12.30–15.30

Tallenne: <https://youtu.be/dRi-8PZU4RM>

## MUISTIINPANOT/KOONTI

**Hackathon-haaste:** Laivanrakennuksen ennakkotestaamisen nykytilanne ja haasteet

### **YHTEENVETO:**

Merkittävimmät haasteet sähköisten järjestelmien käyttöönotossa laivanrakennuksessa jakautuvat kolmen pääotsikon alle. Alla nämä kolme tärkeää tekijää järjestettynä lopputulokseen vaikuttavuuden mukaisesti. Huomioitavaa on myös se, että tehostetulla valvonnalla voidaan puuttua myös moneen tiedonkulkuun liittyvään ongelmaan/haasteeseen.

- 1. Tiedonkulku**
- 2. Valvonta**
- 3. Suunnittelu + toteutus**

**Tarkempi kuvaus ja tilaisuuteen liittyvät pohdinnat koottu tähän dokumenttiin.**

17.8.2022

## 1. Tiedonkulku

### Kommunikointi järjestelmien välillä. Monia protokollia.

- Määrittely, millä liikennöidään ja mitkä järjestelmät tarvitsevat tietoa (interface-päivät tärkeitä). Protokollat ja Prefatt olisivat hyvä olla määriteltynä jo tilauksen yhteydessä, jotta toimittaja sitoutuu aikatauluun.
- Protokolla-määrittelyt tärkeitä käyttöönoton sujuvuuden kannalta, tämä myös erittäin tärkeää sähkösuunnittelun onnistumisen kannalta.

### Käyttäjä-toimittajan näkökulmien sovittaminen: miten käyttäjä/tilaaja haluaa, että järjestelmä toimii.

- Tilaaja ei osaa tarpeeksi tarkkaan määritellä, mitä tilaa.
- Toimittajalle toimitettava kattavat erittelyt ja määrittelyt.
- Tilaajan tutustuttava toimittajan toiminnan kuvauksiin ajatuksella, jotta väärinymmärryksien välttämiseksi.
- Selkeä vastuunjako järjestelmien välillä usein epäselvä.
- Tilaajan ja toimittajan tuotava korostetusti esille ”kriittiset” ominaisuudet/rajoitteet.

### Tiedonkulku/tavoitettavuus

- Helpottanut nyt, mutta on hankalaa edelleen, jos tulee laivalla ongelma, joka koskettaa useampaa alihankkijaa, yhteisen ajan löytäminen haasteellinen.
- Tilaajalla kattavat ohjeet eri toiminnoille ja toimintatavoille, nämä eivät aina kulje toteuttavalle taholle, esim. alihankintaketjuissa (laatukäsikirja, työtapastandardit, laivakohtaiset ohjeet, jne...).
- Haastavaa erityisesti pidemmissä alihankintaketjuissa. Tilaaja ei aina saa tietoa koko ketjusta ja ketkä siihen osallistuvat, näin ollen valvonta on hankalaa (esim. suunnittelussa). Voisiko ketjun pituutta rajoittaa?
- Tilaajan omien aluevastaavien puute/työmäärä vaikeuttaa tiedonkulkua telakan ja toimijoiden välillä.

17.8.2022

## 2. Valvonta

### Resurssi

- Telakan oman henkilöstön osalta valvontaresurssia on niukasti. Tämä johtuu osittain rekrytointiin liittyvistä haasteista, osaajapula.
- Töiden valvonta ja organisointi sekä muutosten hallinta vaikeutuu.
- Oman henkilöstön toimiessa valvojana on sitoutuminen ja vastuuntunto lopputuloksen laadusta suurempi kuin alihankintatyössä.
- Nykyisin aluepäälliköiden työaika menee pääosin palavereihin, ei itse työn valvontaan.

### Tiedonkulku/tavoitettavuus

- Tilaajan omien aluevastaavien puute/työmäärä vaikeuttaa tiedonkulkua telakan ja toimijoiden välillä.
- Toimittajilla ei usein ole kokonaisuudessa/kytköksistä muihin järjestelmiin ja niiden toiminnallisuudesta. Aluevastaavan rooli korostuu.

### Käyttäjän/toimittajan näkökulmien yhteensovittaminen: miten käyttäjä/tilaaja haluaa, että järjestelmä toimii.

- Valvonnan tärkeys korostuu, jotta kumpikin osapuoli varmistuu laitteiston vastaavan spesifikaatioita.

### Asennusvalvonta

- Asennustyön laatu vaihtelee ja esim. häiriösuojaukset eivät aina toteudu halutulla tavalla.
- Suunnittelussa käydään läpi kaapeloinnit ja miten häiriösuojaukset tehdään. *Suurin virhe syntyy asennusvaiheessa.* Tähän voidaan puuttua valvonnalla.
- Valvonnan laatu ratkaisee. Piirustusten lukutaito/asentajien ammattitaito?

17.8.2022

### 3. Suunnittelu + toteutus

#### Tiedonkulku toimijoiden välillä

- Hyvä suunnittelu edellyttää tehokasta tiedonkulkua toimittajan/tilaajan ja loppukäyttäjän välillä.
- Kokonaistoimittajien käyttö vähentää telakan työmäärää (vrt. konehuone/ohjaamo)

#### Suunnittelun sisältö ja laajuus

- Tarkempia määrittämiä suojuksille tms. (suunnittelu ja asentaja).
- Tarkat määrittelyt laitteiden väliselle kommunikaatiolle, protokollat, parametrit, kaapelit, jne...
- Häiriösuojauksen ja laitteiden välisten toiminnallisten liitosten/ riippuvuuksien tarkempi määrittely.

#### Häiriösuojaus

- Uudet järjestelmät ovat häiriöherkempiä, häiriösuojauksen tekeminen ja suunnittelu vaatii osaamista. Määrittelyt, laitevalinnat, filttärinti, asennustavat, jne...
- EMC instruction ohje on olemassa, onko tieto/taito asentajatasolla? (VALVONTA)
- Ohjaamopuolella kaikki kaapelit häiriösuojattuja, tulisiko laajentaa joihinkin muihin järjestelmiin samaa käytäntöä? Riskikartoitus?

#### Käyttöönotto

- Koestusaikataulujen selkeys on tärkeää käyttöönoton sujuvuuden kannalta.

17.8.2022

## 4. Muuta esiin noussutta

### PREFAT/interface-koestukset

- Testaus helpottaa laivalla tapahtuvaa määrittely-/testaustyötä.
- Koodareilla ei käsitystä kokonaisuudessa/kytköksistä/ennakoitavuus.
- Prefatt laajuus ja toimittajien määrä. Pienemmät osakokonaisuudet johtavat siihen, että järjestelmien/toimittajien määrä kasvaa

### Käyttäjänäkökulman huomioiminen

- Hyvä kokemus/palaute, kun Aurora Botnian päälliköt simussa → Voisiko interface-päiviä olla myös simulaattorissa?
- Henkilökunta kaipaisi "operation manual" tyyppistä dokumentaatiota koko laivasta. Vrt. risteilijätoimitukset.
- Huolto/kunnossapito-ohjelman toteutus. Onko käyttäjällä riittävät tiedot ja taidot?
- Loppudokumentaation toimitusaikataulu ja toimitussisällön laajuus (integraatitiedot).

### Tavoitettavuus/korona

- Helpottanut nyt, mutta on hankalaa edelleen, jos tulee laivalla ongelma, joka koskettaa useampaa alihankkijaa, yhteisen ajan löytäminen haasteellinen.

### Kaapelit & häiriösuojaukset – osaaminen/ammattitaito – valvonta

- Koulutusjärjestelmä ei välttämättä vastaa osaamistarpeeseen.

## LAIVADIGILAB 2. HACKATHON

Laivojen rakentamisen ennakkotestaamisen digitaalinen laboratorio

### Aika & paikka

23.3.2023 Merimäki, klo 8–12

## MUISTIINPANOT/KOONTI

### **YHTEENVETO:**

Hackathonissa jatkettiin siitä, mihin ensimmäisen hackathonin ja sen jälkeen tehdyn analyysin ja tiedonkeruun pohjalta jäätin. Keskustelua ennakkotestaamisen haasteiden ratkaisemiseksi ja hyvien käytäntöjen kartoittamiseksi käytiin kahdeksan laivanrakentamisen eri prosessin vaiheita koskevien teemojen ja vaiheiden pohjalta:

1. Tavoitetila
2. Hankinta
3. Suunnittelu
4. Detalji-suunnittelu
5. Asennus
6. Käyttöönotto
7. Valvonta
8. Tiedonkulku

Tilaisuudessa tehdyt kirjaukset ja keskusteluista poimitut kommentit on koottu tähän dokumenttiin.

23.3.2023

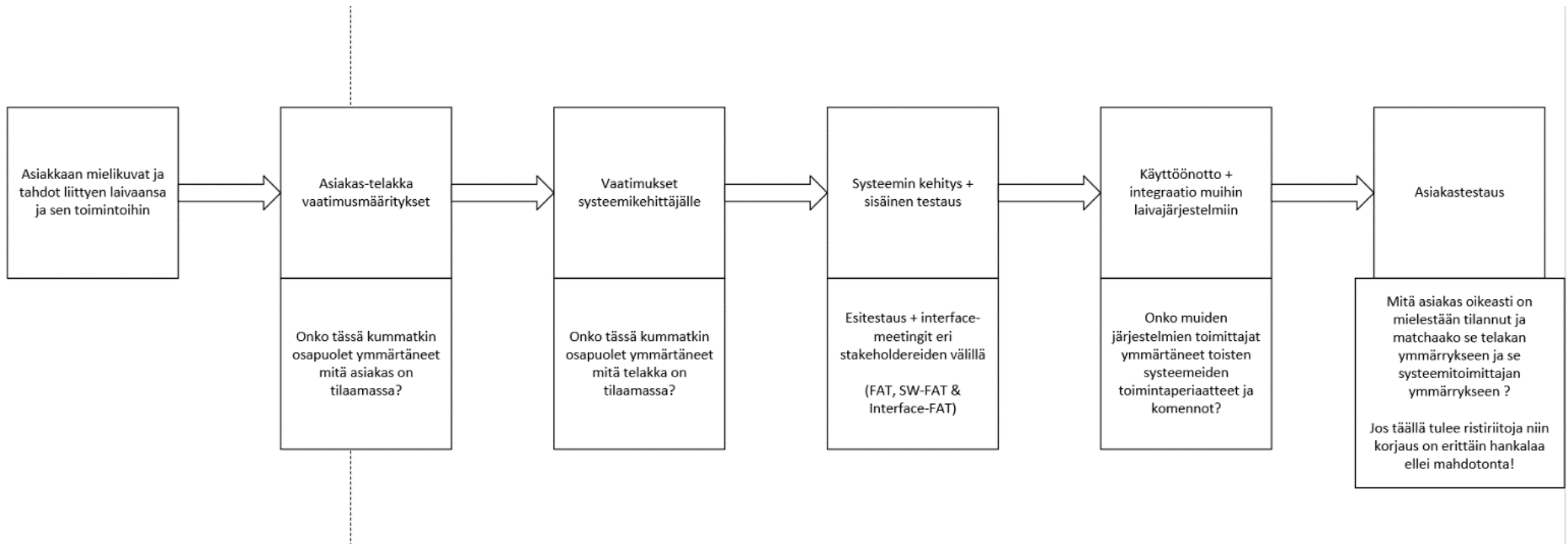
## 1. Tavoitetila

### Kirjatut tavoitteet:

- Kerralla valmis
- Aikataulussa
- Tuotetaan sitä, mitä on tilattu
- Takuuaika/elinkaari
- Opitaan aiemmista projekteista; ei toisteta samoja virheitä myöhemmin

### Kommentteja järjestelmätoimittajan tuottamaan kaavioon (kuva 1):

- Kaikki tieto ei näy kaikille, esim. asiakkaan vaatimusmäärittäjiä ei näy kaikille osapuolille, (telakka määrittelee?)
- Vaatimukset systeemikehittäjälle → siihen pitää pystyä luottamaan ja siihen ei pitäisi vaatia enää mitään ylimääräistä.
- Testaus pitää ulottaa suunnittelusta kaapelin vetoon asti.
- Ongelmien suhteen LNG ja akut pitäisi kieltää, mutta vähintäänkin ymmärrys niistä pitäisi vain saada vietyä kaikille tasoille.



Kuva 1. Laivanrakentaminen ja järjestelmän kehittäminen. Lähde: Alho/Danfoss



23.3.2023

## 2. Hankinta (järjestelmät laivakaupassa)

### Kirjatut:

- Käyttäjät mukaan prosessin alkuun laitevalintaan ja määrittelyyn (resurssi?)
- Varustamon organisoiduttava aikaisemmin

### Kommentteja:

- Koska 4 x 8 MW moottorit ovat suurin piirtein samankokoisia, pystyttiin niillä alkutiedoilla suunnittelu aloittamaan. Kuitenkin 3 kk:n jälkeen moottorivalmistajan muutos aiheuttikin paljon hankaluuksia, koska moni muukin asia muuttui sen takia.
- Kun järjestelmien osto alkaa, tilaajalla ei aina riittävästi tietoa. Esim. vuonna 2018 telakka tarjonnut LNG-laivaa varustamolle, mutta varustamo halusi raskasöljykäyttöisen. Telakka luopui tarjoamasta LNG-laivoja, mutta kolmen vuoden päästä varustamo tilasi niitä kaksi kappaletta.

## 3. Suunnittelu

### Kirjatut:

- Vastuut selkeiksi toimittajien välille ”systemin toiminta”
- Interface-määrittelyt ”rajapinnat”, sähköiset/mekaaniset
- Kun havaitaan kriittinen asia, huomion kirjaus suunnitelmaan
- Muutokset kirjataan

### Kommentteja:

- Eri systeemien toiminnot ja yhteensopivuus varmistettava, jotta voidaan tehdä hankintoja.
- Apuna määrittelyssä mindmapit, pallukat (IAS, PMS etc.), tieto mitä tulee ”purkkiin”.

## 4. Detalji-suunnittelu

### Kirjatut:

- Kuvien hyväksyntäketju -> telakka/toimittajat
- Ketjun toimintatavat -> tarkastettu oikeasti?

### Kommentteja:

- Myös vääriä kuvia lähtee, jolloin virhe voi paljastua vasta myöhemmin.

23.3.2023

## 5. Asennus

### Kirjatut:

- Työohjeet
- Asennustarkastukset -> checklist
- Työohjeet tulee käydä läpi. Valvonta?
- Asentajalla riittävä data suunnitelmissa
- Infoa havainnoista valvojalle/TJ -> palaute/poikkeamaprosessi

### Kommentteja:

- Onko asennusohjeet ajantasaiset ja tarvitaanko asennustöille checklist?
- Hyvä käytäntö: ”yks lukee, toinen tekee”

## 6. Käyttöönotto

### Kirjatut:

#### Alihankinta

- Luotettavat toimijat
- Moraali

#### Muut

- Virheiden määrästä ei dataa
  - o kytkentäepäselvyys (suunnittelu/tiedonkulku)
  - o väärä kaapeli/paikka
- ➔ Tiedonkulku

### Kommentteja:

- Käyttöönottoa on mm. Yhdysvalloissa toteutettu niin, että komentosillan antenniasennus on päästy ennakkoon testaamaan maissa/laiturissa ennen paikoilleen nostoa.

23.3.2023

## 7. Valvonta

### Kirjatut:

- Tärkeää joka vaiheessa (suunnittelu, asennus/käyttöönotto)
- Usein valvonnan hoitaa tekijä itse, onko oikein?
- Osaaminen
- Kulttuurierojen huomioiminen
- Moraali/Laatu
- Suurin hyötyjä telakka

### Kommentteja:

- Valvonta on äärimmäisen tärkeä. Ensimmäisessä hackathonissa valvonnasta käyty erittäin hieno keskustelu.
- Valvonnan tulisi huomioida kulttuurierot eli sen, että kaikki eivät kyseenalaista kuvia, vaikka ne olisivatkin väärin.
- Suunnittelutoimistoissakin on eroja, joissa toiset keskittyvät tekemään omistajilleen voittoa, toiset suunnittelua asentajille, jne.
- Joku pdf on aina myöhässä (revisiopilven sisällä "hold")
- Jos valvonnan myötä työ on laadukasta ja oikein tehty, siitä hyöttyy ensisijaisesti telakka. Telakan pitäisi maksaa siitä ja resursoida niin että se hoituu.
- Varustamokin varmaan hyöttyy mutta telakka varmaan ensisijaisesti.
- Varustamo hyöttyy siinä, että saa laivan ajoissa. Se saa sitä mistä on valmis maksamaan?
- Kritisoiitiin ajatusta, että työtä ei tehtäisi uudestaan. "Valheella on pitkät jäljet".
- Globaaleilla markkinoilla, jossa joudutaan kilpailemaan myös ns. halpatyövoimaa vastaan, olisi työ tehtävä hyvin, muuten hommia ei enää saa.
- Virheiden välttämiseksi asennusvaiheessa löytyi myös kokemusta valvonnasta, jossa tehtävälisterä/checklistejä on olemassa kaksi identtistä kappaletta. Tällaisessa mallissa tehty työ tarkistetaan myös kilpailijan toimesta, jolloin se on löytämisen jälkeen pakko korjata ja viedä myös asentajatasolle, muuten laiva ei lähde liikkeelle.
- Yhden mielipiteen mukaan eri kaverit ei tarkista samaa juttua samalla tavoin, mutta tästä oltiin myös toista mieltä. Syntyikin erilaista näkemystä listasta, miten niihin voi jäädä virhemahdollisuus.

23.3.2023

## 8. Tiedonkulku

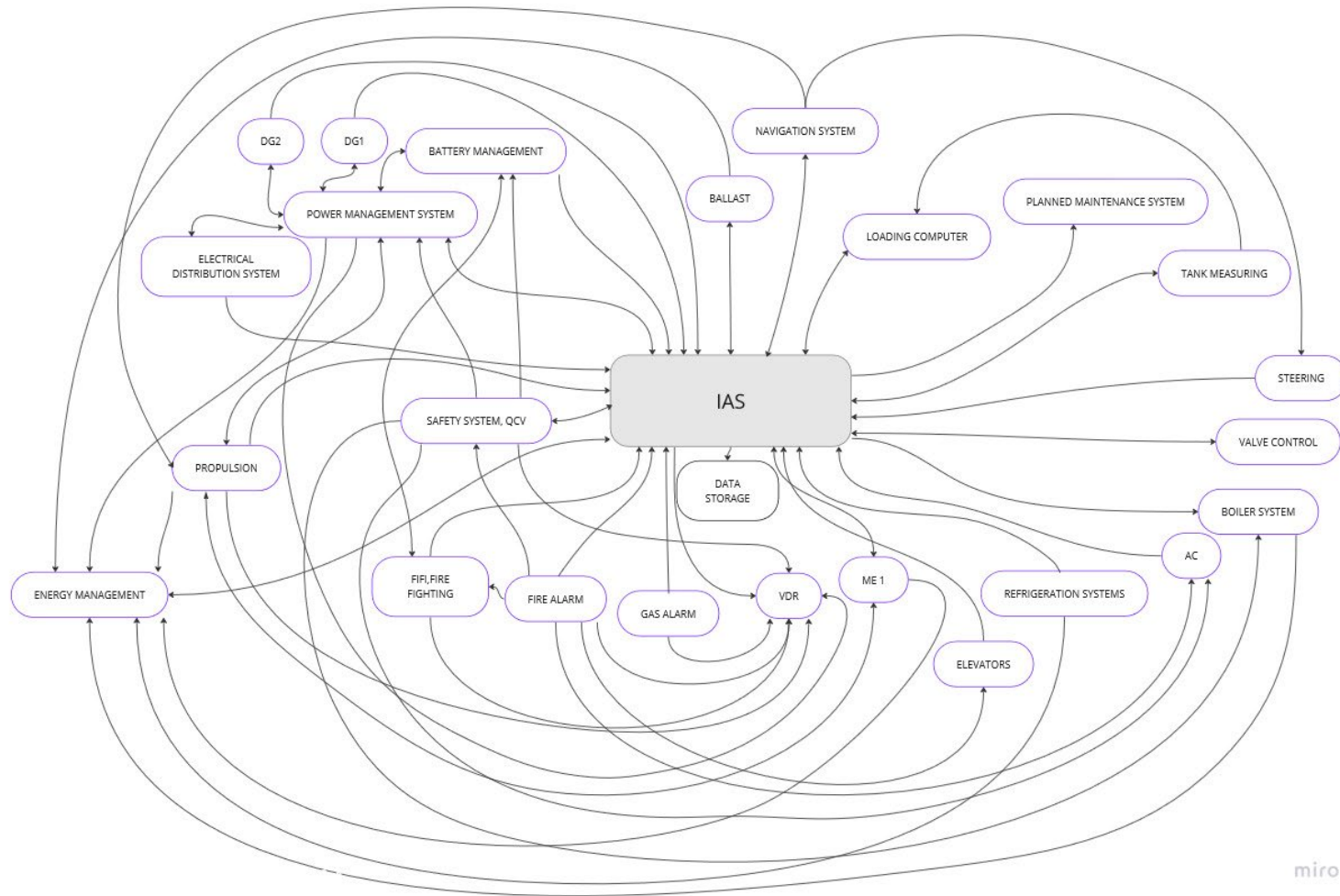
### Kirjatut:

- Interface-FAT
- Interface-meetingit
- Määrittelyt paperilla
- Muutokset käydään läpi suoraan toimittajien välillä. Telakka cc:nä.
- Päätökset aina kirjallisia -> muistio/sähköposti
- Interface-hyväksynnät -> telakka/toimittajat

### Kommentteja:

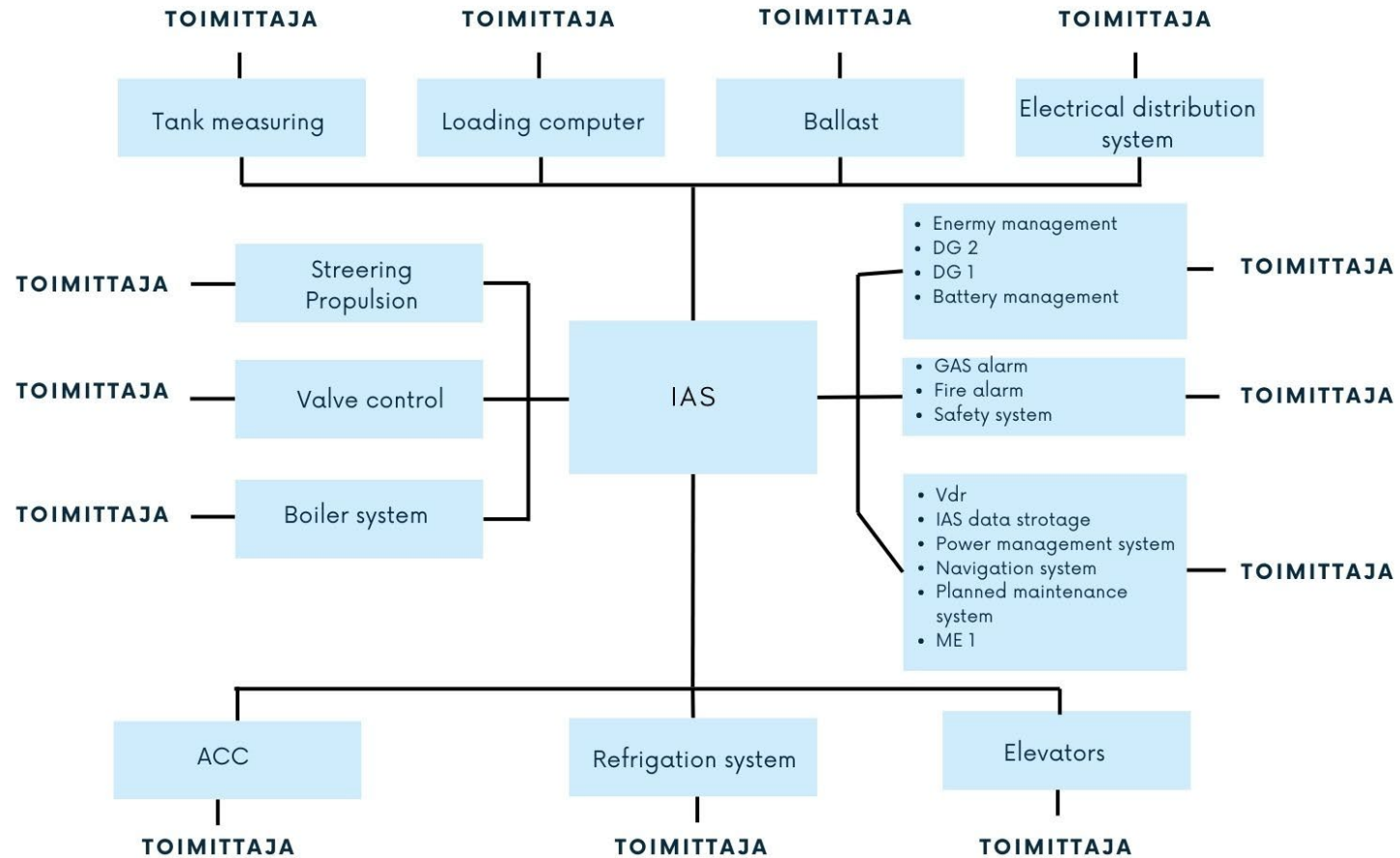
- Jos osapuolet eivät kerro mitä toisten pitäisi tietää, ovat ne kohta entisiä toimittajia.
- Se on ongelma, jos osapuolet sijaitsevat eri puolilta maailmaa.
- 1 kpl interface-fatteja riittävä määrä yhdeksässä tapauksessa kymmenestä.
- Ainakin kommunikaatioon liittyviä interface-meetingejä pitäisi olla enemmän, esim. kerran viikossa tai vaikka joka toinen viikko.
- Softa pitää olla käyttökelpoinen aikaisessa vaiheessa.
- Näkemys 1: Kaikesta pitää olla sähköposti. Jos sähköpostia ei ole olemassa, ei päätöstä ole tehty. Teamsissa voidaan tehdä semi-face-to-face-päätös, mutta päätös täytyy löytyä sen jälkeen sähköpostista. On järjestelykysymys, miten homma siitä etenee.
- Näkemys 2: 100 % eri mieltä sähköpostista, hänen mielestään muistio riittää ja on hyvä, koska seuraavassa meetingissä palataan edelliseen muistioon.

LIITE 3 Automaatiojärjestelmän ekosysteemimallinnus



miro

LIITE 4 Toimittajaverkoston ekosysteemimallinnus



# LAIVOJEN SÄHKÖISTEN JÄRJESTELMIEN ENNAKKOTESTAUKSEN TOIMINTAKONSEPTI – HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ JA KESKEISIÄ HAVAINTOJA

## Projektinhallinta

- **Aikataulun purku viikko- ja päivätasolle ja sen selkeä mittarointi:** etenemistä on helpompi seurata, kun esim. asentajakin hahmottaa, kuinka monta metriä putkea pitää päivässä hitsata.
- **Teknisten ja organisatoristen rajapintojen tunnistaminen:** Vaikutusten arviointi mekaanisten ja sähköisten rajapintojen kautta. Ekosysteemikartta rajapinnoista auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia.
- **Edeltävien projektien "vipulista" ja niiden korjaavat toimenpiteet:** Poikkeamien käsittelyn ja palautteenantomekanismin toteutus niin, että mm. aikaisemmat virheet on helppo löytää järjestelmästä. Telakalla päävastuu tiedonkeruusta, hallinnasta ja tiedottamisesta.

- **Poikkeamien käsittely ja rajojen määrittely & tiedonkulun mekanismit:** Metatietorakenteen tulee olla sellainen, jotta oikeat tahot löytävät tiedon helposti.
- **Takuuaika/elinkaari hallittavissa:** Dokumentaation oltava ajantasainen, faktoihin perustuva, saatavilla oleva ja riittävän kattava (huom. parametrit, varmuuskopiot, integraatiokuvaukset)
- **Riittävät resurssit** tiedonkulkuun, valvontaan ja suunnitteluun.

## Tietokanta

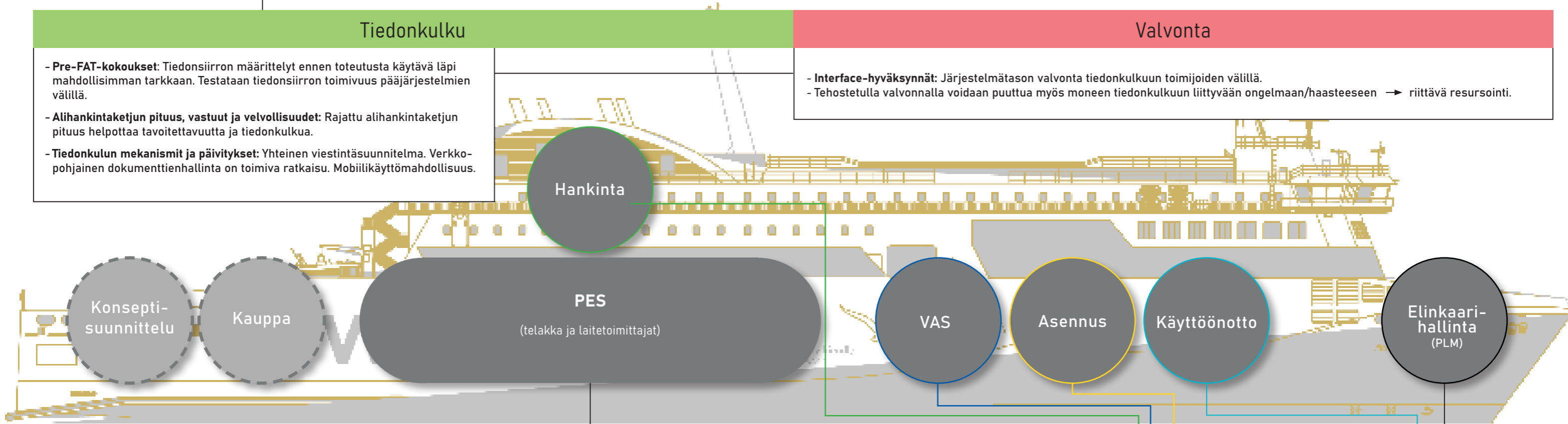
- **Telakka määrittelee, mitkä laitteet kommunikoivat keskenään.** Määrittely tapahtuu perussuunnitelun (PES) aikana.
- **Kuvien hyväksyntäketju:** Kaikilla asianosaisilla tulisi olla pääsy yhteiseen tietokantaan, jonka ajantasaisuudesta telakka huolehtii niin, että muutokset kirjataan virallisiin kuviin senkin jälkeen, kun niitä havaitaan asennuksen yhteydessä.

## Tiedonkulku

- **Pre-FAT-kokoukset:** Tiedonsiirron määrittelyt ennen toteutusta käytävä läpi mahdollisimman tarkkaan. Testataan tiedonsiirron toimivuus pääjärjestelmien välillä.
- **Alihankintaketjun pituus, vastuut ja velvollisuudet:** Rajattu alihankintaketjun pituus helpottaa tavoitettavuutta ja tiedonkulkua.
- **Tiedonkulun mekanismit ja päivitykset:** Yhteinen viestintäsuunnitelma. Verkko-pohjainen dokumenttienhallinta on toimiva ratkaisu. Mobiilikäyttömahdollisuus.

## Valvonta

- **Interface-hyväksynät:** Järjestelmätason valvonta tiedonkulkuun toimijoiden välillä.
- Tehostetulla valvonnalla voidaan puuttua myös moneen tiedonkulkuun liittyvään ongelmaan/haasteeseen → riittävä resursointi.



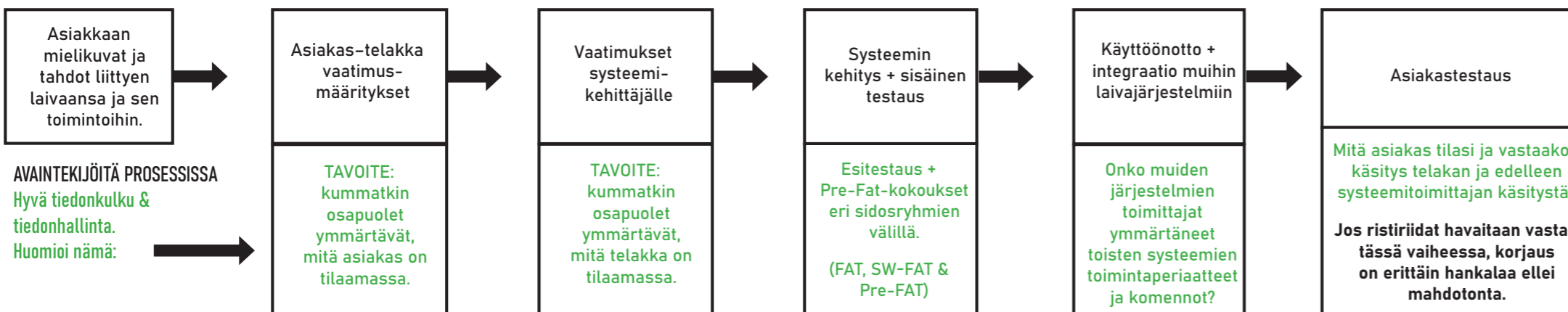
- Perussuunnitteluun varattavasti riittävästi aikaa, jotta välttyään kiireeltä sekä viiveeltä.
- Loppukäyttäjät mahdollisimman aikaisin mukaan prosessiin. Määrittelyssä pyrittävä tunnistamaan positiivisten asioiden lisäksi valintojen aiheuttamat rajoitteet mahdollisesti tuleviin muutoksiin.
- Systemien listaus / tarkka systeemi-mindmap.
- Systemien toimintojen listaus ja määrittely.

- Sähköiset/mekaaniset rajapinnat ja kaaviot näistä.
- Pyrittävä toimintatapojen, käyttöliittymän ja rakenteellisten ratkaisujen standardisointiin.
- Datamäärittelyt muuttujatasolle ja kättelyt. Datan vaihto ajallisesti, erikoistilanteet (väylä katkeaa, virrat katkeaa, yhteys katkeaa, miten indikoidaan, voidaanko ohittaa käyttö vikatilassa?), miten toivutaan normaaliin toimintaan, kättelyn laatu, jne.

- Käyttöönottoa varhastetaan alkamaan pienistä osakokonaisuuksista kohti suurempia järjestelmiä.
- Integraatio- ja kyberturvallisuusvastaava mukaan jo PES-vaiheessa.
- Interface-ekosysteemikokoukset PES ja VAS.

- **Työohjeet:** Työtapaohjeet toteuttavalla tasolla käytössä ja ulkomaalaisin tiimissä oltava vähintään yksi henkilö, joka pystyy tulkkamaan ja kääntämään työohjeet asentajille.
- **Asennusohjeet ja tarkastusmekanismit:** Asennusohjeiden kirjallinen checklist. Esim. yksi asentaja tarkastaa toisen asennuksen.

- Kyberturvallisuus
- Päivitykset
- Versiohistoria
- Modernisointi/retrofit
- Huolto/kunnossapito
- Varaosat



Toimitusketjun toimintatavat: Rajattu alihankintaketjun pituus edesauttaa parempaa tiedonkulkua.

- Käyttöönotto vaiheittain  
- Pre-FAT  
- FAT

- Käyttäjän intressit laitevalinnoissa ja -määrittelyissä.
- Varustamon organisoiduttava aikaisemmin.
- Määriteltävä kyberturvallisuuteen liittyvät parametrit.

**Väylien Spesifikaatiot**

<u>Väylä</u>	<u>Sanoman max. koko</u>	<u>Nopeus bps*</u>	<u>Tiedonsiirto protokolla</u>	<u>Tyyppi</u>	<u>Max yksikköä ilman toistimia</u>
Modbus RTU	256 bytes	9600-19200bps	RS485	Master/Slave	32
Modbus TCP/IP	259 bytes	Riippuu Ethernetnopeudesta	CAT 6-7	Master/Slave	256
CAN	47-111 bits	20kbps-1Mbps	J-1939	Talker/Listener	63
NMEA 0183	82 bits	4800-38400bps	RS422	Talker/Listener	8
Profibus	246 Bytes	9.6kbps-12Mbps	RS485	Master/Slave	32

\*Nopeus vaihtelee väylän pituuden mukaan.

**Väylien Spesifikaatiot**

<u>Väylä</u>	<u>Käyttöjännite</u>	<u>Pituus ilman toistimia*</u>	<u>Päätevastus</u>	<u>Multi-Master</u>	<u>Laitetietokanta/-kirjasto</u>
Modbus RTU	12V	1200m (RS485)	120Ω	Ei	-
Modbus TCP/IP	12V	100m (CAT 7)	-	Ei	-
CAN	5V	1000m	120Ω	Kyllä	DBC
NMEA 0183	6V-25V	1200m (RS422)	120Ω	Ei	-
Profibus	12V	1200m (RS485)	220Ω	Kyllä	GSD

\*Väylän pituus vaikuttaa sen nopeuteen.

**Väylien Konfiguraatietiedot**

<u>Modbus RTU</u>	<u>Modbus TCP/IP</u>	<u>CAN</u>	<u>NMEA 0183</u>	<u>Profibus</u>	<u>Analogiaviestit</u>
Baudinopeus Formaatti Renkien osoitteet	IP osoite Oletusyhdykäytävä Aliverkon maski Portti (def. 502)	Baudinopeus Portit Porttien ohjaimet DBC-tiedosto (esim. J1939)	Baudinopeus Portit Viestikielen yhtenäisyys	Baudinopeus GSD-tiedosto M/S osoitteet DP-versio Syklinopeus	I/O pisteet Viestintätyyppi (mA/U)