

# Sotalaivatekniikan tutkimus

**Tässä artikkelissa tarkastellaan sotalaivatekniikan tutkimusta vuosien 2008–2016 aikana Laivue 2020 -hankkeen näkökulmasta. Tarkasteltavat tutkimukset ovat olleet lähtökohtana vuonna 2017 käynnistyneelle Laivue 2020 (LV2020) -laivan perussuunnittelulle.**

Sotalaivatekniikan tutkimus siirtyi Merivoimien esikunnasta Merivoimien tutkimuslaitokselle vuonna 2008, ja samalla tutkimuslaitoksen tutkimus- ja kehittämisosastolle perustettiin laivatekniikan tutkimusala. Tutkimusalan päätehtäväksi tuli tulevaisuuden taistelualushankkeen, joka myöhemmin nimettiin Laivue 2020 -hankkeeksi, laivatekninen tutkimus. Tämän tutkimuksen voidaan katsoa jatkuneen aina vuoden 2016 loppuun saakka, jolloin laivan esisuunnitteluvaihe päättyi. Puolustusvoimauudistuksen myötä laivatekniikan tutkimus siirtyi vuonna 2014 Merisotakouluun perustettuun tutkimuskeskukseen laiva-alan tutkimussektorille. Samalla materiaaliprojektiin liittyvä kehitystyö siirtyi Merivoimista Puolustusvoimien logistiikkalaitokselle. Vuoden 2019 alussa toimeenpannun Merisotakoulun organisaatiouudistuksen myötä laivatekniikan tutkimus jatkuu uuden Meritaistelukeskuksen laivatekniikan tutkimussektorilla.

## Laivateknisten taustatietojen tutkimus

Tulevaisuuden taistelualuksen laivateknisten taustatietojen tutkimus käynnistettiin vuonna 2008. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa keskikokoisten pintataistelualusten ominaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja. Samalla pyrittiin havainnoimaan, miten kansainvälisissä laivakonsepteissa oli huomioitu Suomen Merivoimien tehtäviin ja toimintaympäristöön liittyviä tekijöitä, kuten merimiinoitus, jäissäkulkukyky ja matalat kulkuväylät.

Vuonna 2009 valmistuneessa tutkimuksessa saatiin perustietoja 25 fregatin, korvetin ja vartiolaivan laivatekniikasta, operoinnista sekä pääasejärjestelmistä. Näiden tietojen perusteella voitiin myös havaita, että kansainvälisissä sotalaivakonsepteissa ei ollut huomioitu Merivoimiemme erityispiirteitä, joten valmiin konseptin soveltaminen vaikutti jo tässä vaiheessa epävarmalla.

Koska valmista konseptia ei ollut, teetettiin vuosien 2009–2014 aikana konseptisuunnitelmia, joiden avulla pyrittiin arvioimaan vaatimusten vaikutusta laivaan. Tutkimustulokset tukivat oletusta vaatimusten ja taistelujärjestelmän sekä henkilöstön vaikutuksesta laivaan ja sen kokoon. Samalla myös todettiin, että vaadittujen monimuotoisten toiminnallisuuden huomioiminen edellyttää vaatimusten lisäksi tiivistä vuorovaikutusta suunnittelijoiden, asiakkaan teknisen henkilöstön sekä käyttäjien välillä.

Laivateknisten taustatietojen tutkimuksen eräs johtopäätös oli, että koneistovaihtoehtojen yksityiskohtaisemmalle tutkimukselle oli tarvetta. Vuosina 2014–2015 laaditussa koneistotutkimuksessa tarkasteltiin keskikokoisiin pintataistelualuksiin sopivia kuljetuskoneistoja. Tarkastelu koostui koneistovaihtoehtojen esittelystä ja vertailuista sekä yhteenvedoista olemassa olevien aluksien koneistoista ja tutkimuksen aikana havaituista koneistojen ominaisuuksista.

## Runkomuototutkimus

Taistelualusten jäissäkulkukyky ei ole ollut yleismaailmallisesti merivoimille merkittävä kysymys, ja taistelualukset onkin yleensä suunniteltu sekä rungoltaan että potkureiltaan avovesiolosuhteisiin. Esimerkiksi laivateknisten taustatietojen tutkimuksen aluksista ainoastaan kahdella oli ylipäätään maininta jääolosuhteista. Suomen Merivoimien kannalta



Kuva 1. Runkomuodon testausta mallilla jäämallikoeltaassa. Kuva on otettu aluksen alapuolelta. (Kuva: Jarmo Harras)

jäissäkulkukyky on kuitenkin oleellinen tekijä ympärivuotisen toimintakyvyn varmistamiseksi ainakin vielä lähivuosikymmeninä, vaikka ilmastonmuutos voi pidemmällä aikavälillä vaikuttaa tähänkin asiaan. Toisaalta kansainvälisesti ilmastonmuutos on jo vaikuttanut siten, että taistelualusten jäissäkulkukyky on noussut esille arktisen alueen kiinnostavuuden kasvun myötä.

Valmista jäissäkulkevaa nopeahkoa pintataistelualuskonseptia ei siis ollut. Tämän vuoksi päätettiin selvittää, kuinka jäissäkulkukykyvaatimus ja pintataistelualuksen suurehko nopeusvaatimus voidaan yhdistää ja miten se vaikuttaa laivan avovesiominaisuuksiin. Runkomuodon merikelpoisuuden tarkastelu laskennallisin menetelmin oli osa avovesiominaisuuksien arviointia. Vuosina 2013–2014 toteutetun suunnitteluun ja laskentaan perustuvan runkomuototutkimuksen perusteella todettiin, että taistelualuksen runkomuoto voidaan suunnitella jäissäkulkuun sopivaksi ilman, että sen avovesiominaisuudet heikkenisivät merkittävästi. Nämä teoreettiset tulokset varmistettiin vuonna 2015 avovesimallikokeilla sekä vuonna 2016 jäämallikokeilla (kuva 1). Tutkimuksessa kehitettyä runkomuodon perusratkaisua on käytetty LV2020-suunnittelun lähtökohtana. Myöskään potkurista ei ollut valmista ratkaisua, joten sen kehittäminen aloitettiin vuonna 2015 runkomuototutkimuksen aluksen perusteella.

### Potkurin kehittämistä Arctic Hydro -projektissa

Potkurin kehittäminen on tehty osana Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen merijärjestelmäosaston johtamaa Arctic Hydro -projektia. Laiva-alan tutkimussektori on tukenut projektia ohjaamalla kehitystyötä. Tavoitteena on ollut yhdistää taistelualuksen suuri nopeus ja tehontarve, alhainen ääniheräte sekä kyky operoida jäissä. Kehitystyöstä muodostui laaja suunnittelu, mallikokeita sekä täysmittakaavakokeita sisältävä kokonaisuus. Suunnitteluun on osallistunut kansainvälisesti tunnettuja potkurivalmistajia, mutta erityisesti jäissäkulkukyvyn kotimainen suunnittelunohjaus sekä todellisissa jääolosuhteissa testaus ovat olleet keskeisessä asemassa.

Arctic Hydro -potkurikehitys käynnistettiin potkuritestauksen erikoistuneiden mallikoelaitosten potkurisuunnittelulla. Nämä potkurit testattiin mallikokeilla niin sanotussa kavitaatiotunnelissa, jossa voidaan havainnoida erityisesti potkurin meluun mutta myös eroosiokulumiseen liittyvää paineen alenemisestä johtuvaa haitallista kavitaatioilmiötä. Ensimmäiset täyden mittakaavan potkurin avovesi- ja jääkokeet tehtiin asentamalla monitoimialus Louheen testipotkuri talvella 2016. Tämänäyttypisten kokeiden valmisteluun ja purkamiseen liittyy merkittävä työpanos, sillä alus joudutaan telakoimaan potkurin vaihtamiseksi. Kokeilla pystytään todentamaan laskennallisesti ja mallikokeilla saatuja tuloksia.

Kansainväliset potkurivalmistajat tulivat mukaan projektiin vuonna 2016, jolloin heille annettiin lähtötietoina

1. vaiheen tuloksia, joissa oli huomioitu esimerkiksi Louhi-kokeiden perusteella tarkennettuja mitoitusarvoja. Myös potkurivalmistajien suunnittelemat potkurit testattiin kavitaatiotunnelissa, ja näiden kokeiden perusteella osa valmistajista teki myös omaehtoisia kokeita. Testipotkurin täyden mittakaavan jääkokeita jatkettiin talvella 2017 monitoimialus Louhella vaihtoehtoisessa operointitilanteessa perustuen ensimmäisten jääkokeiden havaintoihin. Jääkokeita on jatkettu vielä talvella 2018 hyödyntäen Hämeenmaa-luokan miinalaivaa ja sen omia potkureita. Potkuri ja sen kehittäminen jatkuu edelleen LV2020-projektin rinnalla merkittävänä laivateknisenä kehityskohteena.

### Taistelunkestävyytutkimus ja kansainvälinen yhteistyö

Keskeinen sotalaivan ominaisuus on sen taistelunkestävyys. Erityisenä mielenkiinnon kohteena on laivan kyky kestää vedenalaisia räjähdyksiä, ja tätä yleisesti kutsutaan shokinkestävyydeksi. Tämä aihealue yleensä pidetään eri valtioiden merivoimissa omana tietona, eikä siihen liittyvää osaamista jaeta kovin helposti. Shokkimitoitus, niin laivan rungon, laitteiden kuin henkilöstönkin osalta, perustuu yleensä laskentamalleihin. Yksittäisiä laitteita voidaan testata myös käytännössä, mutta itse laivan testaaminen suurehkoilla shokkikuormilla on harvinaisempaa.

Merivoimissa toteutettiin edellä kuvattua taustaa vasten merkittävä koesarja käytöstä poistetuilla Helsinki-luokan ohjusveneillä vuosina 2009–2011 kansainvälisenä yhteistyönä Yhdysvaltojen ja Saksan kanssa. Vaikka shokkikokeet olivatkin pääosassa, tehtiin kokeiden yhteydessä myös esimerkiksi ilmaräjähdykkeitä ja aluksen sisällä tapahtuvan räjähdysten kokeita. Kansainvälisesti toteutettujen kokeiden lisäksi koeohjelmaan kuului myös eräiden Merivoimien asejärjestelmien vaikutusten arviointia kansallisina kokeina sekä erilaisten todellisten vuototilanteiden hallittua testausta (kuva 2).

Koesarjan avulla saatiin konkreettisten vaurio- ja asevaiikutushavaintojen lisäksi mittava määrä tietoa ja osaamista mitoitusarvoista, mittaamisesta ja analysoinnista sekä validointiaineistoa simulointien ja mitoitusohjeiden kehittämiseen. Edellä mainittujen tulosten saamiseen vaikutti merkittävästi kokeiden toteutus kansainvälisenä yhteistyönä. Saatuja oppeja on hyödynnetty LV2020:n taistelunkestävyyden vaatimusten laadinnassa siten, että pelkkien vaatimusten lisäksi on voitu antaa myös mitoitusohjeita. Näiden mitoitusohjeiden avulla on voitu helpottaa eri komponenttitoimittajien suunnittelutyötä ja ennen kaikkea pienentää toimittajien riskiä, millä voidaan katsoa olevan myös taloudellista merkitystä.



Kuva 2. Helsinki-luokan käytöstä poistetulla ohjusveneellä tehdyt vuotokokeet. Kuvat ovat valvontakameroiden näytöistä. (Kuva: Jarmo Harras)

## Yhteistyö kotimaisen teollisuuden kanssa ja esisuunnittelu

Kansainvälisen yhteistyön ohella myös kotimaisen teollisuuden sotalaivaosaamista on pyritty kehittämään. Merivoimien tutkimuslaitos ohjasi suomalaisen teollisuuden osittain TEKES-rahoitteista Smulan-nimistä yritysryhmähanketta, jonka tavoitteena oli sotalaivojen rakentamiskyvyn ylläpito ja kehitys Suomessa. Vuosina 2011–2014 toimeenpantuun hankkeeseen osallistui toistakymmentä kotimaista yritystä, ja tämän lisäksi siihen liittyi erillinen VTT:n tutkimus-hanke. Smulan-hanke koostui lähes 20 työpaketista, jotka liittyivät muun muassa laivan koneistoihin ja propulsioon, herätteisiin, shokinkestonon sekä aluksen suunnitteluohjeistukseen.

Smulan-hankkeen perusteella kehitystyötä jatkettiin vuonna 2016 Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen merijärjestelmäsoston johtamassa LV2020-esisuunnitteluprojektissa. Projektiin osallistui kotimaisten toimijoiden lisäksi myös ulkomaalainen sotalaivan konseptivaiheen suunnitteluun erikoistunut yritys. Esisuunnittelu oli jo varsin pitkälle menevää kehitystyötä, jonka tavoitteena oli laatia perusteet LV2020-laivan tekniselle erittelylle. Projekti sisälsi osittain puhdasta suunnittelutyötä muun muassa laivan yleisjärjestelystä mutta myös tutkimuksellisia osuuksia esimerkiksi aluksen yksityiskohtaisten vaatimusten määrittämiseksi. Esisuunnittelussa yhdistyi aiemmissa projekteissa tehty tutkimus ja kehitystyö, ja siinä otettiin huomioon myös varsinaisen laivatekniikan tutkimuksen ulkopuolella tehty tutkimus,

kuten tutkapaikkipinta-alaan liittyvä laskenta ja optimointi. Esisuunnitteluprojektin voidaankin katsoa päättäneen varsinaisen Laivue 2020 -tutkimusvaiheen.

## Tavoitteena kustannustehokas suorituskyky

Sotalaiva poikkeaa useasta muusta puolustusmateriaalista enemmän tai vähemmän uniikkina ratkaisuna, joka suunnitellaan vastaamaan asiakkaan tarpeita. Mitä enemmän sotalaivan hankinta perustuu pelkkiin asiakkaan vaatimuksiin, sitä suuremman riskin sekä tilaaja että toimittaja joutuvat ottamaan ratkaisujen toimivuudesta. Tämä taas näkyy tyyppillisesti hankintahinnassa. LV2020-hanketta edeltäneellä tutkimustyöllä on pyritty löytämään jo etukäteen sellaisia hyväksyttäviä teknisiä ratkaisuja, jotka täyttävät suorituskykyvaatimukset ja jotka samalla pienentävät toimittajan riskiä. LV2020:n tapauksessa tällä on ollut kansainvälisiin laivaprojekteihin verrattuna keskimääräistä enemmän merkitystä Merivoimiamme tehtäviin ja toimintaympäristöön liittyvien erityispiirteiden vuoksi. Yhteenvedon voidaankin todeta hieman yksinkertaistetusti, että tutkimuksen ja kehityksen avulla on tavoiteltu kustannustehokasta suorituskykyä.

### Kirjoittaja:

Insinöörikommentaja Jarmo Harras toimii sektorinjohtajana Merisotakoulun Meritaistelukeskuksessa laivatekniikan tutkimussektorilla.