



Puolustusvoimat

Puolustustutkimuksen **VUOSIKIRJA 2024**



PUOLUSTUSTUTKIMUKSEN VUOSIKIRJA 2024

PÄÄTOIMITTAJA Jouni Koivisto
TOIMITTAJA Johanna Suominen



PUOLUSTUSVOIMAT
RIIHIMÄKI 2024

TOIMITUSKUNTA:

Jouni Koivisto
Jukka Saarela
Juhani Hämäläinen
Sami Järvinen
Timo Kaurila
Sirpa Korpela
Katri Laatikainen
Johanna Suominen
Janne Tähtinen
Kirsi Valkeapää

TAITTO, KANSI JA KUVANKÄSITTELY:

Johanna Suominen

KANNEN KUVAT:

Unsplash/Joshua Melo
Unsplash/Pawan Kawan

ISBN 978-951-25-3432-6 (painettu)
ISBN 978-951-25-3433-3 (verkkójulkaisu)
ISSN 2489-7329 (painettu)
ISSN 2490-1601 (verkkójulkaisu)

Puolustusvoimat

PunaMusta
Tampere 2024

Puolustusvoimien tutkimusjohtajan esipuhe

Venäjän aloittaman hyökkäyssodan päätyminen ei ole näköpiirissä. Konfliktit kiristyvät ja jännitteet kasvavat myös muualla. Tällä hetkellä maanpuolustuksen merkitys ja legitimitetti ovat kiistattomia. Naton jäsenenä Suomi kantaa vastuunsa esimerkillisesti – toisin kuin monella muulla Euroopan maalla, Suomella on vahvan maanpuolustuksen ylläpitämisessä katkeamaton perinne. Suomi antaa liittokunnalle vahvan pohjoisen tukipilarin.

Sotilaallisten suorituskykyjemme tietopohja ja osaamispe-
rusta luodaan tutkimuksella.

Kansainvälisen yhteistyön merkitys puolustuksessa ja tutkimus- ja kehittämistoiminnassa kasvaa jatkuvasti. Nato-jäsenyys avaa uusia mahdollisuuksia jo entisestään aktiiviselle yhteistyöllemme. EU-yhteistyössä korostuu Euroopan puolustusrahasto EDF, josta saatava lisäinen T&K-rahoitus on jo nykyisellään jopa viidenneksen PV:n tutkimusrahoituksesta. EDF-rahoituksen ennakoidaan lähivuosina kaksinkertaistuvan.

Suomalaiset olosuhteet edellyttävät vahvaa arktista osaamista. Pohjolan sotataitoa kehitetään tutkimukseen perustuen niin kotimaisin voimin kuin kansainvälisessä polaariyhteistyössä.

Puolustusvoimien viimeisimmästä suuren luokan uudistuksesta on kulunut kymmenen vuotta. Puolustustutkimus organisoitiin uudelleen 2014 yhdistämällä Pääesikunnan materiaaliosaston koordinoima teknologiatutkimus suunnitteluosaston ohjaamaan muuhun tutkimukseen ja perustamalla Puolustusvoimien teknillisen tutkimuslaitoksen rungolle teknologian lisäksi myös muut tutkimusalat kattava Puolustusvoimien tutkimuslaitos. Puolustushaaroille jäänyt tutkimus organisoitiin Maa-, Meri- ja Ilmavoimissa kussakin hieman eri tavoin. Yhteistä niille oli keskittyminen puolustushaaran taktistekniseen kokeilu- ja kehittämistoimintaan tieteellisesti vaativamman tutkimuksen jäädessä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen harteille ja akateemisen tutkimuksen ja opetuksen pysyessä Maanpuolustuskorkeakoulun vastuulla.

Vuoden 2014 uudistus on osoittautunut pääosiltaan varsin onnistuneeksi. Kyky tarkastella tutkimustarpeita kokonais-

valtaisesti sekä mahdollisuus koota tutkimuksen toteuttamiseen parhaat sotataidon, tekniikan ja ihmisen asiantuntijat ja tutkijat lisää tutkimuksen vaikuttavuutta, ja vakuuttavuuttakin. On kuitenkin todettava, että siinä, missä muualla puolustusvoimauudistuksen tavoitteena oli rakenteita supistamalla vapauttaa resursseja toimintaan, supistettiin sekä tutkimustoiminnan rakenteita että toimintaa. Vähemmällä saa aikaan vähemmän, joten Puolustusvoimien tutkimus- ja kehittämistoiminnan osalta joudutaan erityisen tarkasti harkitsemaan mitä tehdään ja mitä jätetään tekemättä. Kaikella tutkimuksella pitää olla sodan ajan merkitystä.

Kymmenessä vuodessa moni asia on muuttunut. Venäjä toki soti naapureitaan vastaan jo tuolloin, mutta täysimittaiseen sotaan Euroopassa ei monikaan uskonut. Vaikka merkit olivat selkeästi näkyvissä ja jotkut tutkijat asiasta kirjoittivatkin, ei Euroopassa uskottu mitä nähtiin ja kuultiin. Tai jos uskottiin, ei ymmärretty. Ei uskallettu ymmärtää. Strategisen ennakoinnin perusedellytys on kuitenkin tutkimuksella tuotettu näkemys tulevaisuudesta, jossa tarkastellaan todennäköisiä, mutta myös vaihtoehtoisia, mahdollisia kehityskulkuja. Strateginen tietopohjattutkimus on Puolustusvoimien oman tutkimustoiminnan tärkeimpiä ja suurimpia tutkimuskokonaisuuksia. Se on myös potentiaalisesti kaikkein vaikuttavinta, jos sillä onnistutaan tuottamaan strategiseen päätöksentekoon uusia näkemyksiä ja uskottavaa tietopohjaa.

Puolustustutkimuksen uudistuksessa havaittiin jo kymmenen vuotta sitten kolme haastetta. Sotamateriaaliin liittyvä kokonaisuus halkaistiin kahtia, kun Pääesikunnan materiaaliosasto lakkautettiin ja sen tehtävät siirrettiin Pääesikunnan suunnittelu- ja logistiikkaosastoille. Ihmiseen liittyviä tutkimustehtäviä ei keskitetty samaan tapaan kuin sodankäyntiin ja sotateknologiaan liittyvien vastuiden kohdalla tehtiin. Puolustushaaroissa toteutettava tutkimus puolestaan asemoitiin ja organisoitiin hieman eri tavalla kussakin.

Sotamateriaalin osalta kymmenen vuotta sitten katkennutta punaista lankaa ollaan nyt kutomassa eheäksi Pääesikunnan käynnistämässä Puolustusvoimien teknologianhallinnan selvitystyössä. Samaan aikaan Työ- ja elinkeinoministeriön johdolla ollaan laatimassa Suomelle teknologiastrategiaa, johon puolustuslottomuuden lisääminen antaa myös puolustustutkimukselle strategista ohjausta ja tukea. Puolustushaarojen tutkimustoiminnan erilainen organisointi ei ole

osoittautunut ongelmaksi, vaan tukee kunkin puolustushaaran erityispiirteitä sekä teknologioiden että sodankäynnin osalta.

Ihmiseen liittyvien tutkimusalojen moninaisuuden ja ilman keskitettyä koordinaatiota toimivan työnjaon kanssa on opittu elämään, eikä asiasta ole ainakaan vielä muodostunut suurta ongelmaa. Sodan laajeneminen kognitiiviseen tilaan ja synteettisen biologian radikaali kehittyminen voivat kuitenkin muuttaa tilannetta ja pakottaa pohtimaan, pitäisikö ihmistäkin tarkastella vastaavanlaisena kokonaisuutena kuin vaikkapa teknologioita.

Synteettisen biologian lisäksi kymmenessä vuodessa on menty huimasti eteenpäin useilla teknologian alueilla. Erityisesti koneautonomia, robotiikka ja koneen kognitio sensoreineen ja tekoälyineen ovat kehittyneet huimasti. Näitä ei kuitenkaan 2014 huomioitu rakennettaessa puolustus-tutkimuksen organisaatiota ja kohdennettaessa resursseja eri tutkimusaloille. Ihmisen ja koneen muodostamat joukot ovat kaikissa tulevaisuusarvioissa disruption keskipiste. Siksi koneautonomia, ihmisen ja koneen vuorovaikutus ja ihmis-konejoukkojen operatiivinen ja taktinen käyttö ovat myös puolustus-tutkimuksen strategisia painopisteitä. Omien havaintojeni mukaan sekä Suomessa että maailmalla sotataidollinen ymmärrys, näkemys ja visiointi laahaa pahasti jäljessä teknologista kehitystä erityisesti ihmis-konejoukkojen kohdalla. Tutkimuksen tulisi siksi tuottaa käsitystä ja näkemystä koneautonomian erilaisista soveltamismahdollisuuksista kaikissa operatiivisissa toimintaympäristöissä. Puolustusvoimien tutkimusseminaarissa 2023 esitetty Science Fictionin hyödyntäminen tutkimustulosten popularisointiin ja implikaatioiden pohdintaan voisi olla kokeilemisen arvoista.

EU:n puolustus- ja turvallisuusulottuvuus sai uutta merkitystä Venäjän hyökättyä naapurimaahansa Ukrainaan. EU:n puolustusrahasto EDF jättää Euroopan puolustusviraston EDA:n tutkimustoiminnan varjoonsa. Rahasto on tarkoitettu eurooppalaisen puolustusteollisuuden osaamisen huoltovarmuuden ylläpitämiseen, eurooppalaisten innovaatioiden kehittämiseen sekä EU:n suvereniteetin varmistamiseen valikoiduilla kärkiteknologia-alueilla. Suomen mahdollisuuksia hyödyntää rahastoa heikentävät selkeän tahtotilan puutteen lisäksi henkilöstövoimavarojen ja siemenrahoituksen puuttuminen. Puolustusvoimien ja Puolustusministeriön roolit ja työnjako kaipaavat tarkastelua, jotta ei synnytetä railoa Suomen rahoittaman sekä Naton ja EU:n rahastoista rahoitettavan tutkimuksen välille. Puolustusministeriön 2023 käynnistämän teknologia-, tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan selvityksen toivotaan tuovan tähän ratkaisun.

Suomen liittyttyä Natoon myös Puolustusvoimat heräsi Nato-Suomen aamuun. Suomi on profiloitunut Natossa aktiivisena tutkimusyhteistyötahona. Erytisosaaamisalueitamme ovat arktisen toimintaympäristön, vaikean maaston ja haastavien sääolojen lisäksi laajamittainen sodankäynti maalla, saaristoisella merellä ja ilmassa sekä sähkömagneettisessa spektrissä. Suomen kokonaisvaltainen puolustusratkaisu ja laaja-alainen tutkimusosaaminen saivat osakseen paljon kehuja syksyllä 2023 Espoossa järjestetyssä Naton tutkimusjohtokunnan kokouksessa. Tutkimusalalla oli kunnia järjestää ensimmäinen Naton korkean tason tapahtuma Suomessa. Kokousvieraille jäi esitysten ja puheiden lisäksi mieleen suomalaisten yritysten kovatasoiset tuotteet, tutustuminen miinalaivaan, Hornet-hävittäjän lentonäytös sekä tietysti suomalainen sauna. Erityistä huomiota herätti tiedekilpailun palkintoina jakamani suomalaiset helapääpuukot. Rohkea valinta, jollaista ei Natossa ollut nähty.

Uusia Naton johtokuntatason kokouksia Suomessa tuskin järjestetään lähiaikoina. Kuormitus ja resurssitarpeet huomioiden tavoitteena on järjestää yksi Panel Business Meeting tai muu vastaava kokouskokonaisuus vuodessa, ei enempää eikä vähempää. 2024 Suomen vastuulla on Naton Resilience Challenge:n järjestäminen. Haaste koostuu useista tapahtumista, joissa tarkastellaan resilienssin määritelmää ja osatekijöitä, tietopohjaa sekä sitä, mitä tutkimuksella pitäisi selvittää ja kehittää. Näitä asioita viedään Naton 2025-2026 alkaviin tutkimuksiin.

Nato-yhteensopivuudesta ollaan jo joiltain osin siirtymässä kokonaan yhdenmukaisiin tai yhteisiin järjestelmiin. Naton tutkimusorganisaationkin roolia laajennettaneen ja terävöitetäneen jatkossa, ja poikkeusolojen toimintavalmiuksia kehitetään. Nato-Suomen puolustus-tutkimuksen integroiminen liittokunnan laajempaan viitekehykseen on lähijajan strateginen tehtävä.

Ainakin tällä hetkellä näyttää siltä, että kansallinen prosessimme ja toimintatapamme säilyvät. Naton tutkimuksen kehitysprojekti ”STO 2030” voi kuitenkin tuoda myös kansallisia kehitystarpeita tullessaan. Jo nyt on nähtävissä tarve arvioida ja määrittää edustautumista, osallistumista, päätöksentekoa ja tietovirtoja Puolustusministeriön ja Pääesikunnan kesken liittyen Naton tutkimus-, materiaali- ja muutosorganisaatioihin (STO, CNAD ja ACT).

Naton ja EU:n lisäksi kolmas keskeinen puolustus-tutkimuksen foorumi on arktisen viitekehyksen tarjoava ICE-PPR (International Cooperative Engagement Program for Polar Research). Se antaa Suomelle mahdollisuuden kehittää toimintaympäristöömme soveltuvia ratkaisuja sekä keskeisten

liittolaismaidemme kykyä operoida pohjoisilla alueilla. Siitä voi olla korvaamatonta hyötyä pahan päivän osuessa kohdalle. Suomi on 2024 ICE-PPR-yhteisön puheenjohtajamaa, joten pääsemme näyttämään monipuolista arktista osaamistamme muille Pohjoismaille, Yhdysvalloille, Kanadalle ja Uudelle-Seelannille maaliskuussa 2024 Lapissa järjestettävän kokousviikon aikana.

Teknologia-, tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaan kohdistuu merkittäviä odotuksia. Monta rautaa on tulossa sekä kansallisessa ajiossa että kansainvälisillä kentillä.

On varmaa, että kiireen keskellä joudutaan tehtäviä priorisoimaan nykyistäkin kriittisemmällä otteella. Tällöin on muistettava, että Puolustusvoimat on olemassa sotaa ja sen ehkäisemistä varten. Siksi kaikella tekemisellämme on oltava merkitystä sodan aikana. Jokaisen meistä on hyvä töistä lähtiessä katsoa peiliin ja pohtia mitä merkitystä tänään tekemälläni on sodan aikana. Samoin Puolustustutkimuksen vuosikirjan artikkeleita lukiessa on hyvä pohtia, missä kaikilla saavutetuilla tutkimustuloksilla voidaan hyödyntää.

Toivotan antoisia lukuhetkiä!



Kirjoittaja:

Insinöörieversti Jyri Kosola toimii Puolustusvoimien tutkimusjohtajana.

Päätoimittajalta

Järjestyksessään kymmenennen Puolustustutkimuksen vuosikirjan teemana on kansainvälinen puolustustutkimus. Kirjassa on monipuolisesti esimerkkejä monenvälisen tutkimusyhteistyön foorumeilla toteutetusta tutkimustoiminnasta. Monenvälisen yhteistyön lisäksi tutkimusta tehdään myös kahdenvälisesti.

Tutkimustoiminnassa Nato on ollut jo pitkään ennen liittoutumista tärkein yhteistyöfoorumi. Tästä kirjasta löytyy Nato-tutkimusyhteistyön toteutuksesta esimerkkejä kolmesta eri organisaatiosta: tiede- ja teknologiaorganisaatio STO (Science and Technology Organization), osaamiskeskus COE (Centre of Excellence) ja kansallisten puolustusmateriaalijohtajien konferenssi CNAD (Conference of National Armaments Directors).

Euroopan unionin tutkimusyhteistyöfoorumeista löytyy puolestaan kaksi esimerkkiä: Euroopan puolustusvirasto EDA (European Defence Agency) ja Euroopan puolustus-teollisuuden kehittämisohjelma EDIDP (European Defence Industrial Development Programme). Esimerkit löytyvät myöskin Yhdistyneen Kuningaskunnan johtamasta kymmenen jäsenmaan kehysvaltiokonsepti JEF:n (Joint Expeditionary Force) sekä pohjoismaisesta puolustusyhteistyö NORDEFCON (Nordic Defence Cooperation) piirissä toteutetusta tutkimustoiminnasta. Yhteistyötä voidaan toteuttaa myös tarkoitusta varten muodostetuissa verkostoissa, joista yhtenä esimerkkinä on monikansallinen yliopistoyhteistyö.

Kaikkea tutkimusta ei ole tarkoituksenmukaista toteuttaa kansainvälisenä yhteistyönä. Syynä tähän voi olla esimerkiksi tietoturva, tai yksinkertaisesti vaadittava vahva kansallinen näkökulma. Näistä jälkimmäisestä on esitetty kirjassa yksi esimerkki, missä on tutkittu suomalaisen yhteiskuntaan pitkällä aikavälillä keskeisesti vaikuttavia muutostekijöitä. Suomen puolustusjärjestelmä ja sen käyttö- ja toimintaperiaatteet ovat ainutlaatuiset maailmassa ja tyypillisesti näihin teemoihin pureutuva tutkimus tehdäänkin siksi kansallisesti.

Puolustusvoimien tutkimustoiminnassa hyödynnetään kansainvälisen yhteistyön mahdollisuuksia laajasti. Nykyisillä taloudellisilla ja henkilöstöresursseilla ei tutkimusyhteistyön volyyminä voida juurikaan kasvattaa panos-tuotos-suhteen kärsimättä. Eräissä tässä kirjassakin esitetyissä tapauksissa on yhteistyössä hyödynnetty kansallisen teollisuus- ja tiedeyhteisön osaamista, mikä parhaimmillaan tukee kansallisen osaamisen kehittämistä ja kilpailukykyä.

Toivotan antoisia lukuhetkiä tämänkertaisen vuosikirjan äärellä!



Kirjoittaja:

Päätoimittaja, insinöörieverstiluutnantti Jouni Koivisto toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkimusjohtajana.

Sisällys

Puolustusvoimien tutkimusjohtajan esipuhe	3
Päätoimittajalta	6
Sisällys	7
Toimintaympäristö- ja puolustusjärjestelmäanalyysi	
Strategisen kulttuurin tutkimus apuna toimintaympäristön tuntemisessa	10
Sekurokratian konseptuaalinen malli valottaa turvallisuuseliittien roolia	12
Laaja-alaisen vaikuttamisen tietopohjaa Nato-tutkimusyhteistyöllä	15
JEF-yhteistyössä kehitetään nopeaa vastetta uhkiin Pohjois-Euroopassa –myös hybridiuhkatilanteissa	19
Yhteiskunnan muutostekijöiden analysointi	22
Tutkimus tuo materiaalia lisäävän valmistuksen osaksi sotilaslogistiikkaa	26
Materiaalia lisäävän valmistuksen monikansallinen työpaja	30
Taistelutilan informaation hallinta ja johtaminen	
Taistelunkesto kohinatutkalla?	36
Taistelijan toimintakyky	
NORDEFECO-yhteistyötä sotilaspsykologian alalla	42
Kylmässä sukeltaminen heikentää sotilassukeltajien sydämen toimintaa	46
Sotilaan toimintakyvyn kehittäminen kansainvälisessä tutkimusyhteistyössä	49
Vaikuttaminen ja suoja	
Miehittämättömän järjestelmän kehitys eurooppalaisena hankkeena	58
Ajatushautomo NATO CCDCOE	62
Vikasietoisuutta vedenalaisiin akustisiin tiedonsiirtoverkkoihin itsestään säätyvällä protokollapinolla	66
Räjähdeturvallisuuden kehittäminen ja standardointi	68



Toimintaympäristö- ja puolustusjärjestelmäanalyysi

Strategisen kulttuurin tutkimus apuna toimintaympäristön tuntemisessa



(Kuva: Puolustusvoimat)

Maailmanpolitiikan käänneet ja viime vuosien kiihtynyt suurvaltakilpailu ovat voimistaneet poliittista keskustelua eurooppalaisesta puolustuksesta ja sen myötä tarpeesta yhtenäistää eurooppalaista strategista kulttuuria. Suomen Akatemian rahoittamassa Maanpuolustuskorkeakoulun, Ulkopoliittisen instituutin ja Tampereen yliopiston *Strategisen kulttuurin murros Euroopassa: syyt, välittäjät ja prosessit (STRAX)* -tutkimushankkeessa luodaan välineitä tämän Puolustusvoimien kannalta tärkeän ilmiön ymmärtämiseksi.

Strateginen kulttuuri tullut osaksi puolustusyhteistyön asialistaa

Suomea voidaan Natoon liittymisen ja Euroopan unionin jäsenyyden myötä pitää tänä päivänä varauksettomasti läntisen turvallisuusyhteisön jäsenenä. Turvallisuusyhteisöön kuulumisen merkitsee kuitenkin muutakin kuin vain valtion muodollista jäsenyyttä eri organisaatioissa – niiden jäsenvaltioilla tulisi olla tiettyjä yhteisiä piirteitä. Syvemmässä mielessä onkin aiheellista pohtia, mikä meitä oikeastaan yhdistää liittolais- ja kumppanimaihimme. Missä määrin

jaamme EU- ja Nato-maiden kanssa yhteisiä arvoja, yhteisiä käsityksiä uhkista tai käsityksiä siitä, millaisissa olosuhteissa sotilaallisen voiman käyttö on perusteltua?

Strategisen kulttuurin tutkimus vastaa juuri tällaisiin kysymyksiin. Se on ytimeltään sotaan, rauhaan ja sotilaalliseen voiman- ja vallankäyttöön sekä näihin teemoihin liittyvien periaatteiden, ideoiden, rakenteiden sekä käytäntöjen tutkimusta. Strategisen kulttuurin kannalta kiinnostavia tutkimusteemoja ovat myös liittolaissuhteet sekä esimerkiksi valtiolliset ambitiot turvallisuus- ja puolustuspolitiikassa. Strategisen kulttuurin tutkimuksella on näin ollen monia yhtymäkohtia esimerkiksi sotatieteisiin.

Kysymys ei ole kuitenkaan vain akateemisesta pohdinnasta, vaan strateginen kulttuuri jalkautuu myös käytännön politiikkaan ja puolustusyhteistyöhön. Maailmanpolitiikan käänneet ja viime vuosien kiihtynyt suurvaltakilpailu ovat voimistaneet poliittista keskustelua eurooppalaisesta puolustuksesta ja sen myötä tarpeesta yhtenäistää eurooppalaista strategista kulttuuria. Käsitteeseen törmätään yhä useammin eurooppalaisessa puolustusyhteistyössä, jossa peräänkuulu-

tetaan muodollisten instituutioiden lisäksi tarvetta luoda ja edistää yhteistä ajattelutapaa. Esimerkiksi sellaiset aloitteet kuin Euroopan interventioaloite, European Security and Defence College (ESDC) tai eurooppalaisten maiden välinen Military Erasmus -opiskelijavaihto-ohjelma pitävät sisällään julkituodun tavoitteen eurooppalaisen strategisen kulttuurin edistämisestä. Myös Suomeen kohdistuu tähän liittyviä odotuksia ja vaatimuksia, ja Puolustusvoimissakin ilmiön tunnistaminen on yhä tärkeämpää.

Strategisen kulttuurin tutkimuksella on jo vuosikymmenten mittainen historia. Ala juontaa juurensa kansainvälisen politiikan tutkimuksesta ja erityisesti 1970-luvulta, jolloin amerikkalainen Jack Snyder julkaisi RAND-tutkimuslaitoksessa analyysin siitä, miten Neuvostoliitto suhtautuisi USA:n mahdolliseen ydinaseiskuun. Tarkoituksena oli selvittää julkisten lähteiden perusteella silloisten Kremlin päätöksentekijöiden strategista ajatuksenjuoksua.

Sittemmin näkökulmaa on sovellettu lukuisiin eri ilmiöihin. Tutkimussuuntauksen sisällä on vuosien varrella käyty debattia siitä, voidaanko strateginen kulttuuri nähdä jonakin valtion käyttäytymisestä erillisenä, falsifioitavissa olevana ja positivistisen tieteenfilosofian valossa tarkasteltavana ilmiönä vai onko strategisessa kulttuurissa kyse jostakin perimmäiseltä luonteeltaan ei-rationaalisesta. Nykyään merkittävä tutkimusvirtaus on myös esimerkiksi erilaisten yhteisöjen strategisten kulttuurien tutkimus.

STRAX-tutkimushanke

Maanpuolustuskorkeakoulun Sotataidon laitos on mukana yhdessä Ulkopoliittisen instituutin ja Tampereen yliopiston kanssa Suomen Akatemian rahoittamassa Strategisen kulttuurin murros Euroopassa: syyt, välittäjät ja prosessit (*Transforming strategic cultures in contemporary Europe: Towards an understanding of reasons, intermediaries and processes of change, STRAX*) -tutkimushankkeessa. Hanke on käynnistynyt syyskuussa 2022 ja se jatkuu elokuuhun 2026 saakka.

STRAX-tutkimushankkeessa strategisen kulttuurin katsotaan jäsentyvän niiden ajatuksien, tapojen ja käytäntöjen kautta, joilla toimijat pyrkivät vähentämään turvallisuuspäristössään piilevää epävarmuutta. STRAX-hankkeessa tutkitaan siis turvallisuus- ja puolustuspoliittista muutosta eri maissa. Ajatuksena on, että muutosprosessien tutkiminen auttaa meitä ymmärtämään strategisen kulttuurin vaikutusta turvallisuus- ja puolustuspoliittiseen ajatteluun ja toisaalta tunnistamaan myös toiminnan taustalla vaikuttavien tekijöiden pysyvyyttä.

STRAX:n toinen erityispiirre on sen pyrkimys analysoida sitä, miten eri maiden strategiset kulttuurit vaikuttavat toisiinsa. Hankkeessa keskitytään monikansallisten asian-

tuntijayhteisöjen vaikutuksiin ja tutkitaan miksi, kenen vaikutuksesta ja missä muutosta tapahtuu. Hankkeessa tarkastellaan eri Euroopan maita – erityisesti Suomea, Ruotsia, Saksaa ja Ranskaa – sekä käytännön yhteistyön muotoja, joissa eri kulttuurit kohtaavat. Tällaisia kohtaamispaikkoja voivat olla esimerkiksi kriisinhallintaoperaatiot, strategia-prosessit EU:ssa tai opetussuunnitelmien kehittäminen eri maiden sotilaskoulutuksessa.

Tukee pelotetta, resilienssiä ja kansainvälistä verkottumista

Strateginen kulttuuri on moneen suuntaan avautuva katto-käsite, mutta ”kovan turvallisuuden” näkökulmasta sillä on ilmeisiä soveltamismahdollisuuksia. Strategista kulttuuria tuntemalla voidaan ymmärtää ja paremmin ennakoida niin vastustajan kuin liittolaistenkin toimintaa erilaisissa tilanteissa. Tätä kautta strategisen kulttuurin tutkimus ja tuntemus auttaa osaltaan vahvistamaan pelotetta ja resilienssiä.

STRAX verkottaa Maanpuolustuskorkeakoulua toisiin yliopistoihin Suomessa sekä alan kansainvälisiin huippututkijoihin. Hanke poikii myös opinnäytetöitä eri korkeakouluissa, samoin kuin aineksia Maanpuolustuskorkeakoulussa annettavaan sotatieteelliseen opetukseen. Strateginen kulttuuri on nouseva tutkimusteema myös Natossa.

Yksi STRAX:n konkreettinen ilmenemismuoto tulee olemaan Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisusarjassa julkaistava kansainvälinen upseerikoulutukseen tarkoitettu käsikirja strategisesta kulttuurista. Se on tarkoitettu hyödynnettäväksi eri Euroopan maiden sotilasoppilaitoksissa. Tämä Suomessa laadittu käsikirja auttaisi eri maiden upseereita hahmottamaan, mistä käsitteessä on oikeastaan kyse, miten strategisen kulttuurin maailmassa navigoidaan sekä miten sotilaselämä ja strateginen kulttuuri kohtaavat erilaisissa konkreettisissa tilanteissa – toisin sanoen, kuinka strategisen kulttuurin tuntemus voi auttaa upseerin työssä.

Tutkimushanke on siis omiaan vahvistamaan Maanpuolustuskorkeakoulun ja siten Suomen kansainvälistä brändiä strategisen kulttuurin asiantuntijana. STRAX lupaa kuitenkin myös enemmän: onnistuessaan hanke auttaa ymmärtämään, mistä strateginen kulttuuri voi koostua ja millaista sen muutos on. Se on omiaan kehittämään myös käytännön ymmärrystä tämän hetken Euroopan toimijoista ja poliittisista prosesseista, samoin kuin tuottamaan tietoa päätöksentekijöille ja vahvistamaan pedagogista kehitystä strategiaan liittyvässä koulutuksessa.

Kirjoittaja:

Yhteiskuntatieteiden tohtori, dosentti Tommi Koivula toimii strategian professorina Maanpuolustuskorkeakoulussa.

Sekurokration konseptuaalinen malli valottaa turvallisuuseliittien roolia

Tämä artikkeli keskittyy sotilas- ja turvallisuuseliittien rooliin ja antaa lukijalle työkaluja analysoida autoritaaristen valtioiden ulko- ja turvallisuuspoliittiseen päätöksentekoon liittyviä erityispiirteitä. Artikkelissa esitellään sekurokration konseptuaalinen malli, jonka avulla turvallisuuseliittien roolia sekä keskinäisiä voimasuhteita voidaan tutkia.

Maapallon kahdeksasta miljardista ihmisestä arviolta kaksi miljardia elää länsimaissa sääntöpohjaista kansainvälistä järjestelmää noudattavissa ja demokraattisia arvoja kunnioitavissa valtiorakenteissa. Pääosa maailman ihmisistä – noin kuusi miljardia – elää puolestaan valtioissa, joissa demokratiaa itsessään ei nähdä tavoittelemisen arvoisena. Useimmat näistä valtioista, esimerkkinä BRICS-maat, noudattavat autoritaarista tai semiautoritaarista hallintomallia ja muun muassa Yhdistyneiden Kansakuntien jäsenenä ajavat YK:n alaisten toimielinten reformia, erityisesti turvaneuvoston, jonka ne katsovat pohjautuvan jo vanhentuneeseen II maailmansodan aikaiseen voittajavaltioiden luomaan voimatasapainoon.

Maa- ja maailmanjärjestys on siis korostetusti pluralistinen, ja länsimaisten demokratiamallin rinnalla on käytössä muitakin ”oikeita” hallintomalleja, joita pitää ymmärtää, vaikka niitä ei hyväksyisikään. Autoritaariset hallinnot pohjautuvat yleensä luokkayhteiskuntaan, missä eliitit hallitsevat. Valtaeliittien intressinä on status quon ylläpito, minkä avulla omat etuudet turvataan. Valtaeliittien ulkopuolelta on äärimmäisen vaikea nousta ylempiin yhteiskuntaluokkiin, koska sosiaalisen nousun kanavia esimerkiksi koulutuksen kautta ei ole, vaan eliitit päättävät sen, kuka nousee valtion johtoon.

Eliitit voidaan jakaa useisiin eri ryhmiin: yleisimmin puhutaan poliittisesta, taloudellisesta, uskonnollisesta, sotilaallisesta tai turvallisuuseliitistä sekä kulttuurieliiteistä. Amerikkalainen kansainvälisten suhteiden ja etiikan professori Robert Jackson tutki eliittien roolia kirjassaan *The Global Covenant*. Jacksonin mukaan jokaisessa valtiossa maksimissaan 100 päätöksentekijää osallistuu ulko- ja turvallisuuspoliittiseen päätöksentekoon mukaan lukien demokraattisten valtioiden poliittiset eliitit. Maailmassa on noin 200 valtiota, joten ulkopoliittisia päätöksiä kahdeksan miljardin ihmisen puolesta tekee 20 000 päätöksentekijää.

Sekurokration määritelmä

Sekurokrationalla tarkoitetaan autoritaaristen valtioiden sotilas-, turvallisuus- ja tiedustelueliittejä, jotka toimivat joko suorina vallankäyttäjinä tai käyttävät piilovaltaa hallitsijan taustalla. Ulospäin voi näyttää siltä, että autoritaarinen hallitsija on yksin vallankahvassa, mutta todellisuudessa hänen valtaansa rajoittaa ja siihen vaikuttaa kulisissa toimiva sekurokrationa.

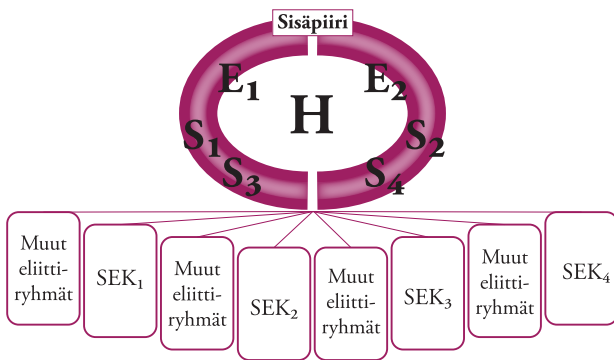
Sekurokration päätehtävänä on turvata sen omat intressit eli regiimin säilyminen vallassa. Sekurokration dominoimissa valtioissa turvallisuus- ja puolustusbudjetit ovat yleensä salaisia eikä poliittinen kontrolli ulotu turvallisuuseliittien toimintaan (deep state). Hallitsijan ja sekurokration välillä on symbioottinen suhde. Suhde säilyy niin pitkään kuin siitä on molemmille hyötyä.

Sekurokrationa pyrkii pysymään poissa vallan parrasvaloista ja käyttää vaikutusvaltaansa kulisissa. Hallitsija on puolestaan valtiolaivan keulakuva, jonka ansioksi hyvät päätökset kumuloituvat kansan suosiona, ja toisaalta syntipukki, joka ottaa päälleen myös kansan vihat huonoista ja epäonnistuneista päätöksistä.

Autoritaaristen valtioiden turvallisuusorganisaatiot ovat usein keskenään kilpailevia ja toisiaan vahtivia toimijoita tavoitteenaan estää se, ettei yksi organisaatio kehity muita vahvemmaksi ja kykene palatsivallankumouksen avulla syrjäyttämään muita vallassa. Hallitsijan suorassa johdossa voi olla esimerkiksi henkivartiokaarteja ja tiedusteluelimiä, joilla turvataan omaa vallassa pysymistä.

Sekurokration keskitetty malli

Sekurokrationa voidaan jakaa kahteen päämalliin, joista ensimmäinen on keskitetyn sekurokration malli. Keskitetyssä mallissa hallitsijan sisäpiirissä muiden eliittien rinnalla toimii sotilas-, turvallisuus- ja tiedustelueliittien johto, joihin hallitsija ylläpitää tasapuolisia suhteita suosimatta yhtä yksittäistä organisaatiota. Turvallisuuseliittien johto on myös sitoutettu lojaaliksi hallitsijalle. Se nauttii etuisuuksia (palkkaus, koulutus, terveydenhoito, ulkomaan matkat), joita se ei halua menettää, ja pyrkii turvaamaan asemansa hallitsijan



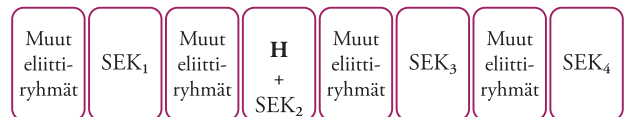
Selite	
H	Hallitsija/valtaa pitävä eliittiryhmä
S1–S4	Eri sekurokriaryhmien johtajat
E1, E2–En	Muut sisäpiiriin kuuluvien eliittien johtajat
SEK 1–SEK4	Sekurokratia: asevoimat ja muut turvallisuus ja tiedusteluorganisaatiot

Sekurokratian keskitetty malli.

sisäpiirissä, vaikka aseman säilyttäminen edellyttäisi ikäviä päätöksiä eliitin edustaman organisaation kannalta. Keskitetty malli edustaa vakautta ja vallan pysyvyyttä, mutta ei edistä kehitystä, koska valtaa pitävän eliitin intressinä on säilyttää status quo. Keskitetty malli ei myöskään kykene ketterästi vastaamaan uusiin uhkakuviin (hybridiuhat), vaan korostaa vallassa olevien turvallisuusorganisaatioiden perinteistä merkitystä valtion turvallisuuden takaajana.

Sekurokratian hajautettu malli

Hajautetun sekurokratian malli on tyyppillinen vallanvaihtoon ja eliittien keskinäisen valtakamppailun tilanteeseen liittyen. Siinä hallitsijan puolella on vain yksi tai muutama turvallisuuseliitin osa, joita vastaan sekurokratian muut osat muodostavat kilpailevia vallan linnakkeita ja tukevat omia kilpailevia ehdokkaita taistelemaan pääsystä vallan huipulle. Hajautetun sekurokratian malliin liittyy valtakamppailusta johtuva epävakaus. Joskus se voi olla piilevää, jolloin valtakamppailua käydään kulisissa. Toisinaan se on avointa ja näkyvää ja liittyy esimerkiksi sotilasvallankaappauksen jälkeiseen epävakauden aikaan, missä eri turvallisuuseliitit taistelevat toisiaan vastaan noustakseen yksin valtaan. Afrika toimii tässä suhteessa referenssinä: vuodesta 2020 alkaen maanosana on todistanut useita sotilasvallankaappauksia ja niitä seuranneita sisällissodan ja epävakauden aikoja (Niger, Burkina Faso, Sudan, Guinea ja Mali).



Selite	
H	Hallitsija ja hänelle lojaali sekurokratian osa
SEK 1–SEK4	Sekurokratia: asevoimat ja muut turvallisuus ja tiedusteluorganisaatiot

Sekurokratian hajautettu malli.

Sekurokrioiden ominaispiirteistä ja terminologiasta

- Kansallinen turvallisuusyhteistyö ei kuulu sekurokrioiden toimintaan, sillä ne kilpailevat keskenään vaikutusvallasta ja resursseista.
- Turvallisuusreformi-käsitettä käytetään täysin päinvastaisesti kuin länsimaissa. Organisaation joutuminen ”reformin” kohteeksi tarkoittaa sitä, että se on hävinnyt valtakamppailun toiselle turvallisuuseliitille ja siihen kohdistuvat puhdistustoimet nimetään reformiksi, jolla organisaation johtohenkilöt vaihdetaan valtaa pitäville myötämielisiksi ja mahdollisesti organisaation tehtäviä karsitaan/lisätään tavoitteena ”reformoida” kilpailija irrelevantiksi.
- Vallan vertikaalin käyttö on toimintamalli, millä valtaan noussut hallitsija tai eliittiryhmä puhdistaa hallintonsa kaikki tasot nimitämällä omia lojaaleja virkamiehiä hallinnon kaikille tasoille. Esimerkiksi Egyptissä lyhyen Muslimiveljeskunnan valtakauden aikana erotettiin tuhansia kenraaleja sekä ylimpiä poliisin ja tiedustelupalvelujen johtajia nimitämällä tilalle Muslimiveljeskunnalle uskollisia edustajia.
- Kansainväliset liittoumat osana maan sisäisen valtakamppailun ulkoistamista (omni-balancing). Hallitsija voi esimerkiksi henkilökohtaisesti sopia jonkin suurvallan kanssa turvallisuussopimuksen tavoitteenaan vahvistaa omaa

asemaansa ja estää kilpailijoiden nousu. Valtakamppailun tilanteessa (hajautettu sekurokratia) haastajat voivat solmia sotilaallisen avunannon sopimuksia vahvistaakseen omaa sotilaallista kykyään voittaa muut vastustajat. Esimerkkinä toimivat edellä mainitut Afrikan mantereiden sotilasvallankaappaukset, missä valtaan noussut sotilaseliitti on useissa tapauksissa sanoutunut irti entisen siirtomaaisäntä Ranskan kanssa tekemistään sopimuksista ja solminut uudet sopimukset venäläisen yksityisen turvallisuusyhtiön kanssa. Näin toimien uusi turvallisuuseliitti pönkittää valta-asemaansa ulkoisen turvallisuustoimijan avulla ja ulkoinen toimija puolestaan saa vastineeksi oikeuksia hyödyntää maan luonnonrikkauksia.

Sovellattavuus

Sekurokratian konseptuaalinen malli antaa työkaluja autoritaaristen valtioiden ulko- ja turvallisuuspolitiikan tutkimukseen. Sekurokratia-käsitteen avulla voidaan paremmin ymmärtää toimijoiden roolia ja poliittista agenda. Malli on tehokas, kun sitä täydennetään esimerkiksi verkostomallintamisen ja tiedusteluanalyysin työkaluilla, joilla eri toimijoiden välisiä kontakteja kyetään analysoimaan. Malli palvelee hyvin myös diplomatiaa silloin kun pitää tietää, ”kuka-on-kuka” autoritaaristen hallintojen sisällä. Se auttaa

myös ennakoimaan autoritaaristen valtioiden vallanvaihtoon ja -perimykseen liittyviä kysymyksiä. Hyvin usein uusi vallanpitäjä nousee esiin jo valtaa pitävästä turvallisuuseliitistä tai vaihtoehtoisesti on sille hyödyllinen keulakuva, joka ei vaaranna eliitin itselleen saavuttamaa asemaa.

Sekurokratia-konseptin mallin mukaisesti esimerkiksi Venäjän nykyinen siloviki-valtarakenne voidaan nähdä hajautetun ja valtakamppailun tilassa olevan sekurokratian mallina. Presidentti Putinin sisäpiiri koostuu lähes yksinomaan Federaation turvallisuuspalvelun FSB-taustaisista tiedustelu- ja turvallisuuseliitin jäsenistä. Muut turvallisuuseliitit, kuten asevoimat, eivät kuulu sisäpiiriin, ja niiden rooli on toimia enemmänkin toteuttajina kuin strategiseen päätöksentekoon ja suunnitteluun osallistuvina. Vallan vertikaalia käytetään sekurokratian muita osia vastaan hiljentämään niiden kritiikki. Esimerkkinä tästä ovat puhdistukset kenraalikunnassa niitä rintamakomentajia vastaan, jotka rohkenivat kritisoida toimintaa Ukrainassa. Venäjän eri tiedusteluorganisaatioiden virheet Ukrainan asevoimien suorituskykyjen ja kansan puolustustahdon arvioissa voidaan myös selittää tiedusteluorganisaatioiden keskinäisellä kilpailulla. Ukrainan nopeaa valtaamista puoltavat FSB:n arviot saivat vasta-kaikua, kun taas pessimistisemmät tiedusteluanalyysit eivät koskaan päätyneet presidentin nähtäviksi.

Kirjoittaja:

Everstiluutnantti, sotatieteiden tohtori Juha Mäkelä toimii osastopäällikkönä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolla.

Laaja-alaisen vaikuttamisen tietopohjaa Nato-tutkimusyhteistyöllä

Suomi liittyi Naton Pfp-rauhankumppanuusohjelmaan (Partnership for Peace) vuonna 1994. Kaksikymmentä vuotta myöhemmin, vuonna 2014, Naton huippukokouksessa Walesissa tunnustettiin tarve lähentää ja joustavoittaa yhteistoimintaa joidenkin rauhankumppanuusmaiden kanssa. Tämän vuoksi Nato myönsi varsin pian huippukokouksen jälkeen Australialle, Suomelle, Georgialle, Jordanelle ja Ruotsille ”laajennetut mahdollisuudet” (enhanced opportunities), minkä myötä maiden kumppanuus sai Enhanced Opportunities Partner -statuksen (EOP).

EOP:n myötä kumppanuusmaiden kanssa tapahtuva yhteistyö laajeni, syveni ja sujuvoitui. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan näkökulmasta avautui merkittävä uusi yhteistoiminnan muoto – mahdollisuus osallistua NATO STO:n (Science and Technology Organization) toimintaan.

Tässä artikkelissa avataan käytännön tasolla yksittäisen suomalaistutkijan urapolkua Nato-tutkimusyhteistyössä.

Krimin miehitys ja Itä-Ukrainan sota suuntaavat tutkimusta

Selvää on, että ympäri Eurooppaa, myös Suomessa ja Natossa, vuosi 2014 oli käännteentekevä asevoimien tutkimustoiminnan fokuksen muuttamisen suhteen. NATO STO:n tutkimustoiminnan organisaatorakenteisiin ja tutkimusaiheiden esittämis- ja hyväksyntäprosessiin tarkemmin menemättä on mahdollista mainita, että Ukrainaan kohdistuneen hybridisodankäynnin tutkimista varten perustettiin monikansallinen asiantuntijaryhmä NATO STO SAS-121, joka aloitti toimintansa syksyllä 2015.

Palvelin tuolloin Maavoimien tutkimuskeskuksen (MAAVTKESK) johtajana. Tutkimusryhmään oli alun perin Puolustusvoimista suunniteltu osallistuvaksi Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkija, mutta hänen muihin tehtäviin siirtymisensä vuoksi jouduttiin etsimään muita vaihtoehtoja Puolustusvoimien ilmoittaman sitoumuksen täyttämiseksi. Luonnollinen valinta oli MAAVTKESK, jonka tutkimustoimintaa Krimin laitton anneksaatio ja Itä-Ukrainassa jatkunut sota jo muutenkin leimasi.

MAAVTKESK:ssa todettiin parhaaksi nimetä tutkimusryhmään keskuksen johtaja sekä johtamisjärjestelmätutkimusalan tutkimusala johtaja majuri Samuli Terämä.

Nato ja Ukraina tiiviissä yhteistyössä

Suomen lisäksi SAS-121:n tiimiin kuului tutkijoita Ukrainasta, Ruotsista, Virosta, Latviasta ja Belgiasta. Tutkimusryhmän johtaja oli kanadalainen strategisen suunnittelun ja tutkimuksen siviilitutkija. Suomalaisten lisäksi ryhmään ei kuulunut muita upseereita.

Tutkimusprojektin tutkimussuunnitelma laadittiin tukemaan Naton ja Ukrainan yhteistyöryhmän (NATO-Ukraine Joint Working Group on Defence-Technical Co-operation) asettamia tavoitteita. Tutkimussuunnitelman laatimisessa ja jo tätä ennen käsiteltävässä tehtävä tutkimusaihe-esitystä ohjaavana periaatteena oli konsensuksen muodostaminen. Jokaisen Nato- ja kumppanuusmaan edustaja pääsee vaikuttamaan käsiteltävään asiaan halutessaan tekstin yksityiskohdientarkkuudella, ja lopputuloksena on dokumentti, jonka takana kaikki seisovat yksimielisinä.

Vaikka periaate vaikuttaa työläältä, se ei sitä ole kuin ehkä loppuraportin yhteenvedo-osuuksia laadittaessa. Tämä työskentelymenetelmä takaa tutkimuksen itsensäkorjaavan luonteen. Työryhmän kaikki jäsenet ovat lukeneet ja kommentoineet toistensa raportteja, ja yhdessä tehdyt johtopäätökset perustuvat aidosti tutkimuslöydösten yhdistämiseen ja niiden kriittiseen analysoimiseen.

Tiedon lähteille

Tutkimusryhmämme sai käyttönsä laajan ukrainalaisraportin venäläisen hybridivaikuttamisen keinoista. Sen rinnalla kukin perehtyi kaikkeen mahdolliseen luotettavaksi arvioituun aineistoon Krimin miehittämisestä ja Itä-Ukrainassa käynnissä olleesta sodasta. Tiimi kokosi tammikuussa 2016 laajan kysymyspatteriston, joka lähetettiin 12 ukrainalaisvirastolle (vast.). Saatuihin vastauksiin perehdyttiin keväällä 2016.

Tärkein vaihe kokonaisnäköyksen muodostamisen ja yksityiskohtaistenkin tietojen kokoamisen kannalta oli tutkimusryhmän tiedonhankintamatka Kiovaan toukokuussa 2016. Ukrainan Strategisen tutkimuksen kansallisen instituutin tiloissa pääsimme haastattelemaan käytännössä kaikkien niiden ukrainalaisten turvallisuusviranomaisten edustajia, jotka olivat olleet ”tulesa” keväästä 2014 lähtien: Ukrainan asevoimien pääesikunta, Ukrainan asevoimat, kansalliskaarti, rajavartiopalvelu, puolustusministeriö, sisäministeriö, ulkoministeriö, infrastruktuuriministeriö,

sotilastiedustelupalvelu, ulkomaantiedustelupalvelu, turvallisuuspalvelu ja hätätilapalvelu. Päivät olivat pitkiä ja käsiteltävät aiheet sekä tehdyt johtopäätökset arkaluonteisia. Haastatteluaineksen analysointi aloitettiin jo Kiovassa. Tutkijat palasivat kotimaihinsa merkittävän tietomäärän kera.

Johtuen työryhmän tutkijoiden tutkijataustoista, koulutuksesta ja kokemuksesta oli ilmeistä jo alusta lähtien, että tiimin suomalaisupseerien tutkimusresurssi oli syytä kohdistaa sotilaallisten näkökulmien tarkasteluun. Oma tutkimusintressini vahvistui jo haastattelujen aikana ja sai tukea kesällä käydyistä sähköpostivaihdosta tiiminvetäjän kanssa. Niinpä majuri Terämä tarkasteli johtamis- ja tietojärjestelmiä ja allekirjoittanut ukrainalaisia vastaan kohdistunutta kineettistä vaikuttamista ja sen torjumismahdollisuuksia.

Tutkimustuloksia

Tutkimusraportti on varustettu UNCLASSIFIED - RELEASABLE TO FIN, SWE AND UKR -merkinnällä, joka tarkoittaa Suomessa TL IV – Käyttö rajoitettu -leimaa. Siksi raporttien ja johtopäätösten yksityiskohtainen esittely ei tässä vuosikirjassa ole mahdollista. Tutkimuksen englanninkielinen lyhytesittely on kuitenkin löydettävissä internetistä, Research Specialist Team on Hybrid Warfare: Ukraine Case Study. STO-TR-SAS-121.

Omasta osuudestani on mahdollista kertoa, että keskityin venäläisten joukkojen ja asejärjestelmien tukemien separatistien ukrainalaisjoukkoja vastaan käyttämään kineettiseen vaikuttamiseen eli käytännössä sotilaallisen voiman käyttämiseen ja sen torjumiseen ja siltä suojautumiseen.

Tein raportissani eräitä Ukrainan sotilaallisen maanpuolustuksen kehittämiseen liittyviä esityksiä, joista tässä yhteydessä mainittakoon

- tehtäväjohtamisen periaatteen käyttöönotto,
- katettujen linnoitteiden käyttö,
- harhauttavien linnoitteiden rakentaminen,
- miehittämättömien ilma-alusten torjuntakyvyn luominen elektronista vaikuttamista hyödyntäen,
- ilmatorjunnan vahvistaminen ja
- älymiinojen hankkiminen.

Samat päätelmät olisi tietenkin kuka tahansa muukin tutkiva upseeri tuolloin voinut julkisenkin lähdemateriaalin perusteella tehdä. Ukrainalaiset ovat kuitenkin tehneet maanpuolustusjärjestelmänsä kokonaisuuteen ja yksityiskohtiin liittyvät kehittämispäätökset itsenäisesti. Huomiotta ei saa jättää Ukrainassa vuodesta 2014 alkaen toimineita kymmeniä, ehkä jopa satoja neuvonantajia sekä kouluttajia ja länsimaista saatua materiaalista tukea.

Mieli on miekkaa mahtavampi

Teräs on kuitenkin vain terästä. Ehkä merkittävimmät päätelmäni ja suositukseni tein psykologis-moraalisella alueella, joka ei varsinaisen tutkimuksellinen pääkohteeni koskaan ole ollutkaan. Se vähä ymmärrys, mitä kansakunnan resilienssin lisäämisestä ja maanpuolustustahdon lujittamisesta vuosikymmenien varrella itselleni oli tutkimuksen kautta muodostunut, johdatteli raportin pohdintaosuudessa muotoilemaan tärkeimmät suositukseni ukrainalaisille seuraavasti:

”No matter how advanced technology the enemy uses in connection with the hybrid warfare, how destructive the kinetic effects might be, the most decisive factor in the war remains the same: it is the people and its mind. The word is mightier than the sword. To prepare the nation to counter and to bear any kind of kinetic effect it is essential to create and make stronger the solid chain of people loving their country. One key element creating this kind of common and strong patriotism in a new country is a continuous general conscription. When every male citizen from the president of the republic to the common man in the streets have fulfilled their conscript duties and continues serving in the reserve units, and when their families are backing their obligation, the mind is mightier than the sword. The current trend for military operations is to make them as quick, effective and short as possible. If the nation is obliged to fight prolonged struggle even against the superior attacker in all the territory of the country, the possible aggressor really has to ask himself: “Is it worth it?”

Russian military thought originates from the Marxist-Leninist military theory with a strong emphasis from the principles of General Aleksander Suvorov. Before last decades’ movement – first the military recession and now the successful results of the reform – the basic rule of the Russian art of war have been to attack the enemy and with all the force they have in their possession. Another feature that has always been present in Russian military thinking and practice is maskirovka. As asymmetry is one of the key elements of the Marxist-Leninist military theory and also the most recent “new thoughts”, what would be a better way to surprise an enemy next time, but to attack it with all-out full-scale attack? Now most of the western militaries and strategic institutes have their hands full with Hybrid Warfare researches. Lots of resources are directed to create anti-Hybrid capabilities. Hopefully we don’t forget the basic nature of warfare. War is total in its nature and it is almost like a rule of nature always to attack against a newly discovered weakness of an enemy.”

Pohdintani on osunut oikeaan sekä hyvässä että pahassa. Ukrainalaisten isänmaanrakkaus ja yhtenäisyys on osoittau-

tunut venäläisten miekkaa mahtavammaksi aseeksi. Venäjän oikeudeton hyökkäys oli täysimittainen ja laaja-alainen ja sota on muodostunut pitkäkestoiseksi ja totaaliseksi.

Vaikutukset Naton toimintaan

Kun tutkimusraportti SAS-121 oli laadittu tukemaan Ukrainan torjuntakyvyn kehittämistä, siirtyi suurelta osin sama työryhmä seuraavaksi analysoimaan aihetta uudesta näkökulmasta: mitä vaikutuksia Venäjän Ukrainaa vastaan kohdistama hybridisodankäynti aiheuttaa Naton suuntaan? Työryhmä sai tutkijavahvennuksia Yhdysvalloista, Hollannista ja Tšekistä. Ukrainalaiset tutkijat eivät enää osallistuneet tähän tutkimusprojektiin, ja toinen suomalaisjäsen vaihtui everstiluutnantti Simo Pesuun allekirjoittaneen jatkassa edelleen tiimissä.

Tämänkään tutkimusraportin laajempaan esittelyyn ei turvaluokan vuoksi ole mahdollisuutta. Oma osuuteni perustui yksinomaan julkiseen lähteistöön, joten sitä on mahdollista hieman valottaa. Laadin tutkimusraportin liitteeksi esityksen Naton piirissä käynnistettävistä kurseista viranomaisten kouluttamiseen hybridivaikuttamisen tunnistamiseksi, ennaltaehkäisemiseksi ja torjumiseksi.

Esityksen alussa esittelin suomalaisten valtakunnallisten ja alueellisten maanpuolustuskurssien järjestämisperiaatteen ja osallistujaprofiilin. Samalla periaatteella esitetyille Naton hybridivaikuttamisen torjumisen kurseille osallistuvista vain murto-osa olisi upseereita pääosan muodostuessa poliitikoista, eri hallinnonalojen korkeimmista viranomaisista ja yksityisen sektorin sekä järjestökentän vaikuttajista. Esitys sisälsi kurssin tavoitteet, opetusaineksen pääkohdat, luennoitsijat sekä ohjaajat, kurssin yleisjärjestelyt, aikajaksotelun, luettelon opetusaiheista ja esimerkkejä opetusmenetelmistä ja työskentelytavoista.

Työryhmän osaksi koitui odottamaton kunnia raportin tultua julkaistuksi, kun sille myönnettiin NATO STO:n kunniakirja erittäin ansiokkaista tutkimustuloksista. Myös tästä tutkimusprojektista on internetistä löydettävissä lyhytesittely, *Hybrid Warfare: Implications for NATO. STO-TR-SAS-127*.

Laaja-alainen vaikuttaminen ympäri Eurooppaa

Kolmas ja todennäköisesti viimeinen NATO STO:n tutkimusprojektiin osallistumiseni on loppusuoralla. Raportti, jossa on useita tapaustutkimuksia Euroopan eri maissa havaituista Venäjän hybridivaikuttamisen ilmenemismuodoista, on artikkelin kirjoittamisen ajankohtana viimeisten muokkauksien kohteena ennen NATO STO:n hyväksymisprosessin rattaisiin lähettämistä. Tämän vuonna 2019 alkaneen tutkimusprojektin tutkijakunta muuttui lähes

kokonaan aiemmista. ”Vanhaa kaartiä” edusti allekirjoittaneen lisäksi vain tiiminvetäjä Kanadasta ja eräs Euroopan kokeneimmista russologeista, latvialainen professori. Muita tutkijoita oli Ukrainasta, Ruotsista, Tanskasta, Isosta-Britanniasta, Yhdysvalloista, Kroatiaasta ja Tšekistä.

Tutkimusprojektin aikataulu venyi COVID-19:n aiheuttamien työskentelyvaikeuksien vuoksi lähes kaksi vuotta. NATO STO oli kuitenkin joustava ryhmämme työskentelyn suhteen, koska 24. helmikuuta 2022 tietoomme tuotiin, että projektimme oli ainoa sotatieteellinen Naton ja Ukrainan käynnissä oleva yhteistyöprojekti. Valmista oli saatava. Perinteisten työpajojen sijaan jouduttiin tyytymään lähes kuukausittaisiin videoneuvotteluihin ja vain yhteen uuvuttavaan työkokoukseen, joka järjestettiin Zagreb Security Forumin yhteydessä lokakuussa 2022. Siellä myös julkaistiin projektin julkisista osuuksista alustavat tutkimustulokset.

Oma osuuteni poikkeaa muista osaraporteista. Tutkimukseeni ei kohdistunut venäläiseen hybridivaikuttamiseen, vaan siinä selvitettiin skenaariotutkimuksen kaltaisesti, mihin kaikkeen laaja-alaisen vaikuttamisen muotojen valmisteluihin ja toimeenpanoon voitaisiin toisen valtion alueella olevaa ulkomaalaisomisteista laajaa kiinteistöä käyttää. Tapaustutkimuksen esimerkkinä oli paljon puhuttu Airiston Helmen lomakohde Turun saaristossa.

NATO STO:n tutkimusprojektien tutkimustulosten laajempi jalkauttaminen on haasteellista turvallisuusluokitellun vuoksi. SAS-121:n ja SAS-127:n raportteja ovat kyenneet lukemaan ne Puolustusvoimien tutkijat, joilla STO:n portaaliin on pääsy. Raportti on myös pyynnöstä toimitettu sellaisille tahoille, jotka virkatyössään Puolustusvoimissa niiden sisältämiä tietoja ovat tarvinneet ja ovat raportteja osanneet pyytää.

Tämän viimeisimmän raportin osalta edellämäinnittuun levittämistapaan päästään vasta sitten, kun raportti on julkaistu portaalissa. Koska ulkomaalaisomisteisten kiinteistöjen muodostama uhka on ollut Suomessa jo pitkään esillä, päädyin turvaluokitellun tutkimuksen rinnalla tekemään pelkästään julkisiin lähteisiin perustuvan selvityksen, joka julkaistiin heinäkuussa 2023 Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisusarjassa *Sodan usvaa II: Sodankäynnin laaja-alaisuus* -teoksessa (toim. Marko Palokangas). Teos on ladattavissa MPKK Doria -palvelussa (<https://urn.fi/URN:IS-BN:978-951-25-3394-7>).

Hyötyjä ja haittoja, uhkia ja mahdollisuuksia

Osallistuminen NATO STO:n tutkimusprojekteihin on tapahtunut ja sen pitää jatkossakin tapahtua kustannustehokkaalla tavalla. Vain sellaisiin projekteihin kannattaa lähteä mukaan, joista on ammennettavaa Suomen puolus-

tuksen kehittämiseksi. Vain sellaisia tutkijoita kannattaa projekteihin nimetä, joilla on koulutusta, kokemusta ja tutkimustaustaa kohteena olevasta aihealueesta. Nimetyille tutkijoille tulee myös varata riittävästi aikaresurssia tehtävän toteuttamiseksi ja hallintoyksikön on varattava riittävästi toimintamenoja, jotta suunnittelukokouksiin ja työpajoihin ulkomailla on mahdollisuus osallistua. Kallista NATO STO -tutkimus ei kuitenkaan ole suhteessa saavutettavissa oleviin hyötyihin.

Jo ennen Nato-jäsenyyttä NATO STO -tutkimusyhteistyöhön osallistuminen avasi Puolustusvoimille pääsyn tutkimusorganisaation laajaan portaaliin, jonka kautta on mahdollista perehtyä satoihin tutkimusraportteihin ja muihin aineistoihin, joita on vuosien saatossa laadittu.

Projekteihin osallistuvat tutkijat pääsevät poikkeuksellisen aktiivisella tavalla verkottumaan eri maiden tutkijoiden ja tutkimusorganisaatioiden kanssa. He saavat uusia, tuoreita näkökulmia ja menetelmiä omaan sotatieteelliseen tutkimustyöhönsä. Pääsymahdollisuudet esimerkiksi kansainvälisiin tutkimusseminaareihin helpottuvat ja lisääntyvät, kun tutkimusalueiden osaajat verkottuvat. Käyttöön saadaan tieteellisiä artikkeleita (vast.), myös sellaisia, joita ei yleisesti

käytettyihin tietokantoihin ja palveluihin ladata, myös turvaluokiteltuja aineistoja. Tutkijat pääsevät myös harjaantumaan Naton käyttämän terminologian ja määrittelyjen suhteen.

Kitkatekijät ovat vähäisiä. Ensi kertaa rivitutkijana työhön osallistuva saattaa kokea kuristavaa tunnetta, koska Nato-konsensusperiaate ulottuu aina tutkimus- ja julkaisutoimintaan saakka. Ensikosketus Nato-byrokraatiaan ja suomalaisittain outoihin raporttipohjiin, puhumattakaan monipolvisesta hyväksymisprosessista, saattaa hetken jopa tuskastuttaa. Monikansallisen tutkimusryhmän toimivaksi saaminen edellyttää tiiminvetäjältä erityistaitoja mielellään täydellisen englanninkielen taidon lisäksi. Tutkijat ovat ihmisiä ja usein vielä erilaisia ihmisiä, joita joudutaan välillä patistamaan muun muassa noudattamaan yhteisesti sovitun määräraajoja. Kanadalainen tiiminvetäjämme on ollut kaikissa suhteissa esimerkillinen johtaja.

Oma kokemukseni sekä ammatillisen kehittymisen että työn tuottavuuden näkökulmasta NATO STO:n tutkimusyhteistyöhön osallistumisesta on voittopuolisesti positiivinen. Toimintaa kannattaa jatkaa ja sitä voi suositella, olemmehan liittolaisia.

Kirjoittaja:

Eversti Janne Mäkitalo toimii Maasotakoulun johtajana.

JEF-yhteistyössä kehitetään nopeaa vastetta uhkiin Pohjois-Euroopassa – myös hybridiuhkatilanteissa



(Kuva: Ilmavoimat)

JEF (Joint Expeditionary Force) on Ison-Britannian johtama kehysvaltiokonsepti, jossa tehdään puolustusyhteistyötä. Se syntyi alun perin Naton Walesin huipukokouksessa 2014, kun Nato-jäsenmaat päättivät muodostaa kehysvaltiokonsepteja, joita voisi joustavasti hyödyntää. Konsepteihin voi osallistua myös maita, jotka eivät ole Naton jäseniä, ja yhteistyörakennetta johtava valtio tarjoaa johtamisrakenteet yhteistyölle. JEF:n pysyväisesikunta sijaitsee Ison-Britannian Northwoodissa osana SJFHQ:ta (Standing Joint Force Headquarters). Nykyään JEF-yhteistyössä on mukana kymmenen samanmielistä valtiota: Iso-Britannia, Alankomaat, Viro, Latvia, Liettua, Tanska, Norja, Islanti, Ruotsi ja Suomi. JEF:n fokuksessa on Pohjois-Atlantin, Itämeren ja arktisen alueen turvallisuus. Yhteistyö perustuu perustamisvaiheessa laadittuun yhteisymmärrysasiakirjaan (Foundation MOU), joka allekirjoitettiin 2015, sekä kattavampaan yhteisymmärrysasiakirjaan (Comprehensive MOU), joka allekirjoitettiin 2018. Kesäkuussa 2021

JEF-maiden puolustusministerit allekirjoittivat sotilaallista toimintaa ohjaavan poliittisen ohjausasiakirjan, joka täydentää vuoden 2018 yhteisymmärrysasiakirjaa.

Suomikin hyötyy JEF-yhteistyöstä

Suomi liittyi mukaan JEF-yhteistyökehikseen vuonna 2017. Osallistuminen perustuu tarpeeseen kehittää Puolustusvoimien suorituskykyä ja yhteentoimivuutta. Samalla syvennetään puolustusyhteistyötä sekä Ison-Britannian että muiden JEF-maiden kanssa.

JEF ei poista Naton merkitystä Euroopan yhteisen puolustuksen kulmakivenä ja Suomen keskeisimpänä turvallisuusrakenteena. Suomi on ja haluaa jatkossakin olla mukana useissa, toisiaan täydentävissä monenkeskisissä turvallisuusrakenteissa ja kahdenvälisessä yhteistyössä merkittävien kumppaniensa kanssa. Nato-jäsenyys ei syrjäytä muita rakenteita, vaan täydentäviä rakenteita tarvitaan. Tämä edellyttää toki koordinoitua eri ra-

kenteiden välillä tavoitteiden priorisoimiseksi, päällekkäisyyksien välttämiseksi ja synergiatujen saavuttamiseksi.

Kuten muutkin JEF-maat, Suomi vastaa kiristyneeseen turvallisuustilanteeseen vahvistamalla kansallista puolustustaan, tiivistämällä yhteistyötä kumppanimaiden ja liittolaisten kanssa sekä tukemalla kansainvälisiä instituutioita.

Hybridiiuhkien ja laaja-alaisen vaikuttamisen torjunta on ollut tärkeä osa Suomen tekemää JEF-yhteistyötä alusta lähtien. Hybridivaikuttaminen on jatkossakin todennäköisin aggression muoto, jota Venäjä harjoittaa Nato-maita ja EU:ta kohtaan. Näin JEF:n merkitys kasvaa yhteistyörakenteena ns. harmaassa vaiheessa, kun sotaa ei vielä käydä.

JEF-yhteistyössä toteutettava harjoitustoiminta on tärkeä lisä Puolustusvoimien sotilaalliseen harjoitustoimintaan. Ukrainan sodan myötä JEF-maat ovat tiivistäneet harjoitusyhteistyötään ja Suomi on ollut mukana harjoittelemassa niin maalla, merellä kuin ilmassa.

Natoa täydentävä rakenne

Kun Ruotsikin liittyy Naton jäseneksi, kaikki JEF-maat ovat Natossa. JEF onkin painottanut olevansa Natoa täydentävä turvallisuusjärjestely pohjoisessa Euroopassa. JEF:n toiminnan keskiössä ovat pidäkkeen luominen ja puolustus. JEF-rakenteella kyetään kuitenkin operaatioiden koko kirjoon aina taistelutehtävistä humanitäärisiin avustustehtäviin. JEF:ää on kuvattu nopean toiminnan joukoiksi. JEF:llä ei kuitenkaan ole omia pysyviä joukkoja, vaan osallistujamaiden joukoista muodostetaan joukkopooli. Joukkojen määrä ja rakenne mitoitetaan tehtävän mukaan. JEF-rakenteen joukkoja on ollut mukana mm. Naton johtamissa BALTOPS-harjoituksissa, ja JEF on järjestänyt myös omia harjoituksia, kuten Joint Protector -harjoitukset.

Sotilaallista läsnäoloa on viestitty harjoituksin maalla, merellä ja ilmassa ja viestinnässä on painotettu JEF:n olevan vahva ja yhtenäinen joukko. Euroopassa on muitakin nopean toiminnan joukkoja: Naton Response Force sekä Euroopan unionin rakenteilla oleva Rapid Deployment Capacity. JEF ja vastaavanlaiset muut rakenteet voivat täydentää Natoa ja kansallista puolustusta mahdollistamalla nopean ja joustavasti säädeltävän vasteen. Tämä on erityisen tärkeää tilanteissa, joissa sodankäynnin kynnyksi ei ole vielä ylittynyt, sekä tilanteissa, joissa on vastattava tietyille alueille ominaisiin turvallisuushaasteisiin.

JEF ja vastaavat kehysvaltiokonseptit hyödyntävät jo olemassa olevia valtioiden muodostamia pienryhmiä, joita sitovat yhteen esimerkiksi naapuruus ja aiempi sotilaallinen yhteistyö. Näin parannetaan kykyä toimia yhdessä ja tasapainotetaan resurssitaakkaa, joka nopean valmiuden ylläpitämisestä muodostuu. Yhteistyössä kehitetään doktriinia, sotilaallisia suoritusky-

kyjä, yhteentoimivuutta sekä koulutus- ja harjoitustoimintaa. Esimerkiksi kaikki Pohjoismaat ovat JEF-maita, ja pian myös Nato-maita. Täten pohjoismainen NORDEFECO-yhteistyö täydentää niin JEF:ssä kuin Natossa tehtävää työtä.

JEF-maita yhdistävät vahvat diplomaattiset ja sotilaalliset siteet Isoon-Britanniaan sekä yhteinen uhkakäsitys. Ukrainan sota aina Krimin valtauksesta vuonna 2014 tähänhetkiseen hybridisotaan on vahvistanut yhteistä uhkakäsitystä. Kun viimeisinkin JEF-maa, Ruotsi, on liittymässä Natoon, koordinoitintarve ja yhteistyömahdollisuudet Naton kanssa nousevat yhä tärkeämmäksi.

Joustavuus on JEF:n sykkivä sydän

JEF-rakenteessa operaatioiden käynnistäminen ja joukkojen lähettäminen ei edellytä kaikkien osallistujamaiden konsensusta, vaan maat päättävät osallistumisestaan kansallisella poliittisella päätöksenteolla. Tukea voidaan tarjota ja vaste käynnistää pienissäkin ryhmissä. Tämä mahdollistaa joustavamman ensivasteen kriisitilanteissa. Tätä on kuvattu sanoin ”JEF toimii samalla kun Nato ajattelee”.

Vahvuutena on nähty myös, että JEF:n osallistujamailla on keskenään osin erilaisiakin puolustusrakenteita. JEF:ssä on mukana maita, jotka eivät ole osa EU:n puolustusrakenteita (Iso-Britannia, Norja, Tanska, Islanti). Aiemmin osa maista ei ollut myöskään vielä Nato-jäseniä – nyt Suomi on liittynyt Natoon ja Ruotsikin jo pitkällä liittymisprosessissa. Monipuoliset puolustusrakenteet mahdollistavat JEF:lle osallistumisen Naton, EU:n tai YK:n operaatioihin tai niiden täydentämisen. Toisaalta voidaan toimia itsenäisesti JEF-rakenteen puitteissa nopean vasteen tarpeen ja halukkuuden mukaan muotoutuvana monikansallisena ryhmänä. Toimintamallin on arvioitu olevan käytännönläheinen ja joustavampi kuin tiukkojen institutionaalisten rakenteiden kautta synnyttävät vasteet.

Hybridiryhmä uhkien tunnistamisen ja varautumisen tukena

JEF-viitekehityksessä tehtävä yhteistyö kehittyy jatkuvasti ja saa uusia muotoja. Yhteistyötä tehdään esimerkiksi teemakohtaisissa työryhmissä. JEF:n hybridiryhmä tukee hybridiihkiin liittyvää tiedonvaihtoa sekä yhteistä suunnittelua ja kyvykkyyttä hybridiiuhkien torjumiseksi JEF-viitekehityksessä. Keskeisiksi tunnistettuja teemoja ja varautumisen työkaluja viedään osaksi koulutusta ja harjoitustoimintaa ja sitä kautta laajemmin osaksi JEF:n yhteistä vastetta muuttuviin turvallisuustilanteisiin. Ukrainan sodan myötä hybridiiuhkien torjunnan merkitys on kasvanut ja JEF-maiden johtajat ovat sopineet mm. tiiviimmästä yhteistyöstä torjuakseen hybridivaikuttamista osallistujamaiden vedenalaiseen ja energainfrastruktuuriin. Nordstream-kaasuputkitapauksen myötä viestintä- ja ener-



(Kuva: Thomas Litchfield/Puolustusvoimat)

giainfrastruktuurin suojaaminen merellisessä toimintaympäristössä on myös yksi Naton esille tuomista prioriteeteista.

Hybridiuhkatilanteet ovat haastavia, sillä sotilaallinen toimija ei yleensä ole niissä ensisijainen vastuuviranomainen ja uhkat ovat usein poikkihallinnollisia ulottuen useiden eri viranomaisten vastuualueille. Esimerkiksi kriittisen infrastruktuurin uhkissa vastuu infrastruktuurin jatkuvuuden hallinnasta on usein infrastruktuurin omistavilla yksityisillä toimijoilla. JEF:n eri osallistujamaissa asevoimien lakisäätöiset tehtävät ja täten mahdollisuudet tukea muita viranomaisia ns. harmaassa vaiheessa eroavat suuresti toisistaan. Uhkatilanteet voivat olla myös alueellisesti eriyntyneitä, ja kansallisesti uhkia priorisoidaan eri tavoin. Myös tilannekuvan jakamiselle normaalioloissa voi olla rajoitteita. Toisaalta tilannekuvatiedon sekä erilaisten kokemusten ja käytäntöjen jakaminen auttaa oppimaan muilta ja kehittämään yhteistä varautumista ja vastetta hybridiuhkiin.

Hybridiuhkien tunnistamiseksi, analysoimiseksi ja niihin vastaamiseksi mukaan tarvitaan erilaista osaamista, esimerkiksi poikkihallinnollista tarkastelua ja asiantuntemusta sotilaallisen näkökulman ulkopuolelta. Siviiliasiantuntijat voivat olla hyödyksi toimijoiden erilaisten roolien sekä monimutkaisten uhkatilanteiden ymmärryksen kehittämiseksi esimerkiksi harjoitustoiminnassa. Euroopan hybridiuhkien torjunnan osaamiskeskus, Hybrid CoE, tukee JEF-rakennetta tarjoamalla asiantuntemustaan mm. koulutus- ja harjoitustoiminnan sekä hybridiuhkien tarkastelun ja varautumisen kehittämisen tueksi.

On silti muistettava, että JEF on puolustusaloite, ja sekä vasteen suunnittelussa että uhkaan vastaamisessa keskitytään sotilaallisiin suorituskykyihin. JEF:n tärkeimmät foorumit poikkihallinnollisissa yhteistyössä ovat Nato ja EU.

Ukrainan sota lujittaa JEF:n yhtenäisyyttä

Ukrainan sota on vahvistanut JEF:n merkitystä ja osoittanut, että se on tärkeä osa Euroopan turvallisuusrakennetta ja vastetta Venäjän hybridisodankäyntiin. JEF:n kautta on voi-

tu koordinoita ja painottaa tukea Ukrainalle. JEF-maat ovat tarjonneet Ukrainalle sotilaallista, poliittista, taloudellista ja humanitaarista tukea. Ukrainan sota on myös vaikuttanut arktiseen alueeseen, joka on yksi JEF:n keskeinen fokus.

JEF-maat antoivat yhteisen julkilausuman tuestaan Ukrainan alueelliselle koskemattomuudelle ja suvereniteetille heti helmikuussa 2022 Venäjän aloitettua hyökkäyssodan Ukrainassa. JEF-rakenteen kautta on tarjottu tukea Ukrainalle mm. koulutuksen ja materiaalsen tuen muodossa. JEF-maiden johtajien kokouksissa on korostettu JEF:n yhtenäisyyttä tuessaan Ukrainalle ja kehoitettu JEF-maita lisäämään tukeaan. Esimerkiksi kesäkuussa 2023 JEF-maiden puolustusministerien kokouksen yhteydessä julkistettiin Ukrainalle toimitettava mittava, 92 miljoonan punnan arvoinen ilmapuolustuksen tukipaketti. Paketti sisälsi tutkia, aseita ja ampumatarvikkeita, ja sen tavoitteena oli parantaa Ukrainan kykyä suojata kriittistä infrastruktuuriaan, väestöään ja etulinjan henkilöstöä Venäjän ilmaiskuilta.

Mahdollisuuksien kirjo luo turvaa

JEF:ää on kritisoitu siitä, että se olisi rinnakkainen tai jollain tavalla kilpaileva rakenne Natolle ja lopulta tarpeeton etenkin sodankäynnin kynnyksen ylittyessä ja artikla 5:n astuessa voimaan. Kriitikot ovat nähneet sen myös Ison-Britannian yrityksenä pönkittää omaa sotilaallista ja poliittista asemaansa ja lisätä turvallisuusyhteistyön kautta myös mm. taloudellista yhteistyötä JEF-maiden kanssa, mikä olisi tervetullutta Brexitin jälkeen.

Yhteistyön laajenemisesta sotilaallisesta ulottuvuudesta muille osa-alueille saattavat toki varmasti hyötyä muutkin JEF-maat. Muut maat ovat pieniä maita, jotka hyötyvät selkeästi myös JEF:n koordinoitusta poliittisesta ja diplomaattisesta vasteesta. Yhtäältä JEF nähdään Ison-Britannian konkreettisena tekona osoittaa sitoutumistaan transatlanttiseen ja Euroopan, sekä erityisesti Pohjois-Euroopan, turvallisuuteen. Samalla JEF:n kaltaiset, uudet tai merkitystään muuttuneet turvallisuustilanteiden myötä kasvattaneet Euroopan turvallisuutta pönkittävät rakenteet nähdään osoituksena yhtenäisyydestä, lisääntyneestä vuorovaikutuksesta ja päättäväisyydestä Euroopan turvallisuuden ja vapauden puolustamiseksi. Useat rinnakkaiset ja toisiaan tukevat turvallisuusrakenteet voivat olla eduksi turvallisuustilanteiden monimuotoisuudessa. On esimerkiksi tilanteita, joissa Nato organisaationa ei voi toimia tai antaa tukea, mutta JEF:llä on siihen mahdollisuus. Tuki Venäjän hyökkäyssodan kohteena olevalle Ukrainalle on antanut esimerkkejä näistä mahdollisuuksista. Periaatteena on, että yhdessä ollaan vahvempia.

Kirjoittaja:

Tekniikan tohtori Sari Uusipaavalniemi toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla ja Puolustusvoimien sekondeeraamana Senior Analyysinä Euroopan hybridiuhkien torjunnan osaamiskeskuksessa, Hybrid CoE:ssä.

Yhteiskunnan muutostekijöiden analysointi

– määrällisten menetelmien soveltaminen laadullisessa tutkimuksessa

Strategisen tietopohjatutkimuksen Yhteiskunta-alatutkimuksen tavoitteena on ymmärtää suomalaisen yhteiskuntaan pitkällä aikavälillä keskeisesti vaikuttavia muutostekijöitä. Suomalaisen yhteiskunnan muutostekijät perustuvat osittain globaaleihin kehityskulkuihin, kuten kaupungistumiseen ja väestön vanhenemiseen. Toisaalta suomalaisessa yhteiskunnassa on myös omat erityispiirteensä aina väestön rakenteesta yleiseen asevelvollisuuteen, minkä vuoksi suomalaisen yhteiskunnan muutostekijöiden ja niiden tulevaisuuden vaikutusten ymmärtäminen tutkimuksen avulla on tärkeää Puolustusvoimille.

Strateginen tietopohjatutkimus nojaa laadulliseen aineistoon eli asiantuntijoiden koostamiin muutostekijöihin sekä niiden luokitteluun ja vaikutusten arviointiin. Yhteiskuntatutkimuksessa laadullista aineistoa analysoitiin myös määrällisin menetelmin. Määrällisten menetelmien tarkoituksena oli tarkastella seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Miten muutostekijät luokitellaan PESTE-rakenteeseen?
- Mitkä ovat yhteiskunnan keskeisimmät muutostekijät ja muutostekijäkokonaisuudet?
- Miten eri muutostekijät ovat yhteydessä toisiinsa?

Yhteiskunnan muutostekijöiden analysointi toteutettiin ristivaikutusanalyysin tulosten perusteella suoralla ja epäsuoralla vastaanotto-vaikutusanalyysillä sekä verkkoanalyysillä. Määrällisen analyysin tarkoitus oli tukea ja syventää tutkimuksen laadullista analyysiä, ei korvata sitä. Tuloksien perusteella yhteiskunnan osa-alueiden muutostekijät ovat yhteyksissä toisiinsa monin eri tavoin. Moni nykyhetkensäkin nähtävä kehityskulku, kuten yhteiskunnan eriarvoistuminen, nousee muutostekijöiden keskinäisten yhteyksien tarkastelun perusteella vielä merkittävämmäksi muutostekijäksi tulevaisuudessa.

Muutostekijöiden luokittelu

Yhteiskuntatutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa yhteiskunta jaettiin yhteentoista osa-alueeseen, joista kaikista

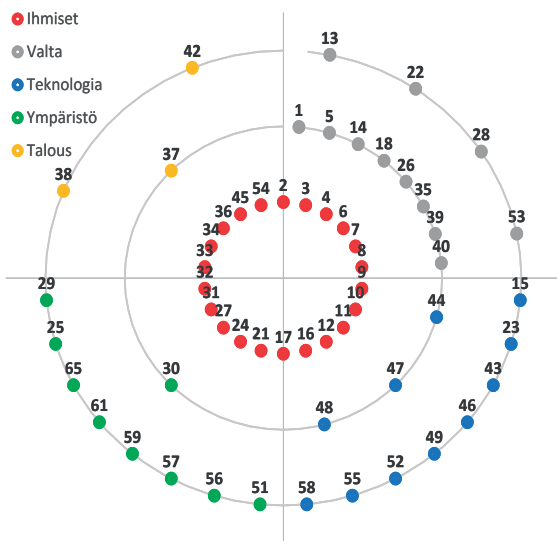
määritettiin kolme tärkeintä havaintoa ja kolme merkittävintä epävarmuustekijää. Nämä yhteensä 66 tärkeintä havaintoa ja epävarmuustekijää (jäljempänä muutostekijät) olivat lähtöaineistona tutkimuksen toisen vaiheen muutostekijäanalyysiin, joka toteutettiin yhteiskuntatutkimuksen työpajassa. Työpajaan osallistui 11 asiantuntijaa yhteiskunnan eri osa-alueilta.

Työpajan alussa 66 tunnistettua muutostekijää luokiteltiin PESTE-rakenteeseen, joka on vakiintunut tapa kuvata toimintaympäristön osatekijöitä. Työpajaan osallistuneet asiantuntijat arvioivat, mihin PESTE-tekijään muutostekijä kuuluu ja miten se vaikuttaa muihin PESTE-tekijöihin neliportaisella asteikolla (0 = ei vaikutusta, 1=heikko vaikutus, 2=kohtalainen vaikutus, 3=voimakas vaikutus). Luokittelu ja arviointi toteutettiin asiantuntijoiden itsenäisenä arviona ja lopullinen luokittelu ja vaikutusarvio laskettiin arvioiden moodin perusteella. Luokitteluvaiheen tuloksia visualisoitiin kuvan 1 mukaisen kuvaajan avulla, jossa sisimmällä kehällä ovat PESTE-tekijään ryhmitellyt muutostekijät, seuraavalla kehällä PESTE-tekijään voimakkaasti vaikuttavat muutostekijät ja uloimmalla kehällä kohtalaisesti vaikuttavat muutostekijät.

Ristivaikutusanalyysi

Muutostekijöitä ja niiden keskinäisiä vaikutuksia yhteiskunnan kehityksessä mallinnettiin ristivaikutusanalyysillä. Ristivaikutusanalyysi on tulevaisuudentutkimuksen menetelmä, jolla pyritään kuvaamaan tulevaisuuden kehitykseen vaikuttavien muutostekijöiden välisiä suoria vuorovaikutuksia, ja näiden perusteella ymmärtämään, miten aktiivinen tai passiivinen yksittäinen muutostekijä on systeemissä ja minkälainen on systeemin kokonaistilan luonne.

Tutkimuksessa kutakin PESTE-tekijää tarkasteltiin erikseen. Analyysiin valittiin PESTE-tekijään luokitellut muutostekijät sekä ne ulkoiset muutostekijät, joilla oli arvioitu olevan voimakas vaikutus kyseiseen PESTE-tekijään, eli kuvan 1 keskimmäisen kehän muutostekijät. Muutostekijöiden välistä vuorovaikutusta toisiinsa arvioitiin pareittain lauseella ”Jos muutostekijä toteutuu voimakkaasti, niin vaikutus toi-



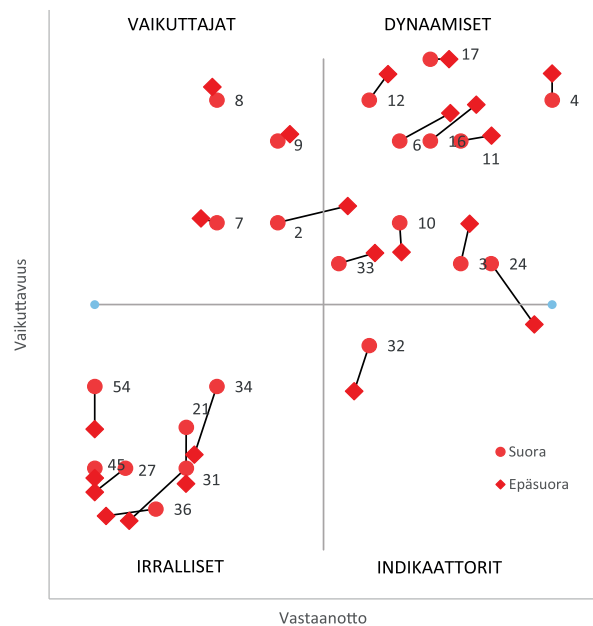
Kuva 1. Kuvan sisimmällä kehällä on Ihmiset-tekijään luokitellut muutostekijät, 66 muutostekijästä Ihmiset-tekijään luokiteltiin 22. Kuvan uloimmilla kehillä ovat muihin PESTE-tekijöihin luokitellut muutostekijät, joiden arvioitiin vaikuttavan voimakkaasti tai kohtalaisesti Ihmiset-tekijään.

seen muutostekijään on voimakas.”, johon vastattiin kyllä/ei. Tuloksena saatiin ristivaikutusmatriisi, johon on kuvattu muutostekijöiden väliset keskinäiset vuorovaikutukset.

Vastaanotto-vaikutusanalyysi

Ristivaikutusmatriisista voidaan laskea muutostekijöiden vaikutus- ja vastaanottoarvot, jotka kuvaavat, miten paljon muutostekijä vaikuttaa kokonaissysteemissä ja miten paljon muutostekijät vaikuttavat siihen. Arvot ovat ristivaikutusmatriisin rivi- ja sarakesummat.

Muutostekijöille voidaan määrittää suorat tai epäsuorat vaikutus- ja vastaanottoarvot. Suorat vaikutus- ja vastaanottoarvot kuvaavat muutostekijöiden välittömiä vaikutuksia systeemissä. Epäsuorat arvot taas huomioivat myös muutostekijöiden väliset epäsuorat vaikutukset, jotka ilmenevät systeemin eläessä. Kuvassa 2 on Ihmiset-tekijän suorat ja epäsuorat vastaanotto-vaikutusarvot. Analyysissä oli erityisen kiinnostava huomata, mitkä muutostekijät asettuivat kuvaajasta muodostuvan nelikentän oikeaan yläkulmaan. Nämä ovat systeemin dynaamisia muutostekijöitä, jotka vaikuttavat voimakkaasti muihin muutostekijöihin ja muutostekijät vaikuttavat voimakkaasti niihin. Linkitys muihin muutostekijöihin on vahva, ja näitä muutostekijöitä tuleekin arvioida tulevaisuuden kehityskulujen kannalta



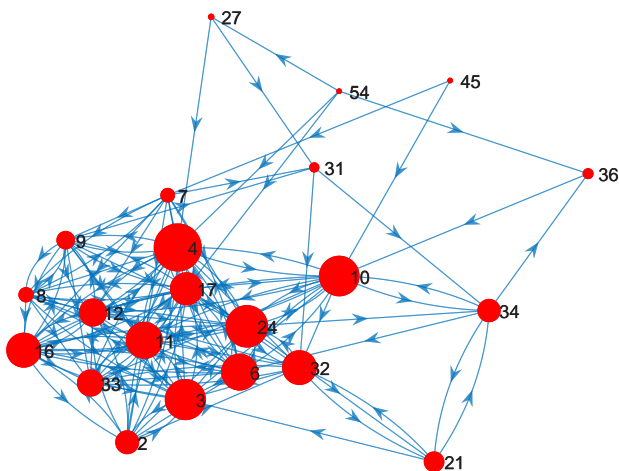
Kuva 2. Ihmiset-tekijän muutostekijät vastaanotto-vaikutuskuvaajassa. Arvot on laskettu suorien ja epäsuorien vaikutus- ja vastaanottoarvojen avulla ja arvot on skaalattu välille [0,1]. Kokonaisuutta voidaan pitää epävakaana, ja erityisesti korkean vaikuttavuuden ja korkean vastaanoton muutostekijät tuovat epävakausta systeemiin. Näitä muutostekijöitä ovat mm. yhteiskunnan eriarvoisuus (4) ja eriytyminen (17), turvallisuuden tunteen lisääntyminen (16) sekä nuorten syrjäytyminen (11).

erityisen tarkasti. Myös muista nelikentän osista voidaan päätellä muutostekijän luonne indikaattorina, vaikuttajana tai systeemistä irrallisena.

Muutostekijöiden asettuminen koordinaatistoon kuvaa PESTE-tekijän kokonaistilaa. Muutostekijöiden keskittyminen diagonaalille kertoo epävakaudesta. Tällöin systeemi käyttäytyy arvaamattomasti, siinä on paljon epävarmuustekijöitä ja sen kehitystä on vaikea ennakoida. Tämä näkyy myös Ihmiset-tekijän muutostekijöissä. Jos muutostekijät ovat sen sijaan jakautuneet L-muotoon, eli dynaamisia muutostekijöitä on vähän, niin kokonaistila on melko vakaa. Myös vakaassa kokonaistilassa tapahtuu muutosta, mutta sen vaikutuksia pystyy ennakoimaan paremmin.

Verkkoanalyysi

Ristivaikutusanalyysi mahdollistaa systeemin mallintamisen verkkona: verkon solmut kuvaavat muutostekijöitä ja verkon kaaret kuvaavat muutostekijöiden välille määriteltyjä vaikutuksia. Yhteiskunnan muutostekijöiden mallintaminen verkkona mahdollistaa verkkoanalyysin menetelmien käytön yhteiskunnan muutostekijöiden keskinäisten yhteyksien analysoinnissa. Tutkimuksessa verkon analysointimenetelmänä hyödynnettiin verkon keskeisyysmittoja, joiden perusteella solmulle lasketaan tunnuslukuja kuvaamaan sen



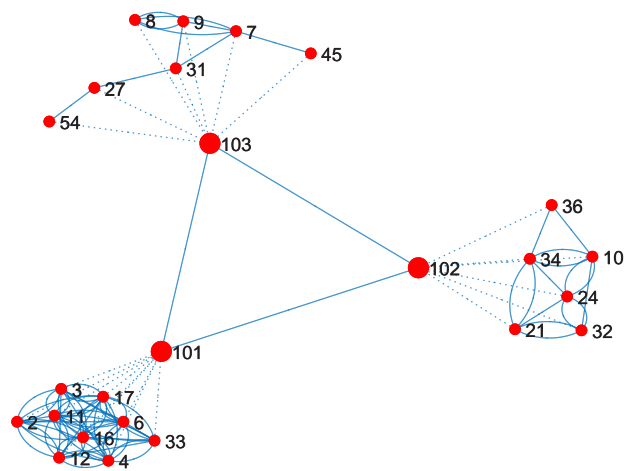
Kuva 3. Ihmiset-tekijään luokitellut muutostekijät visualisoituna verkkona. Solmun koko kuvaa muutostekijän keskeisyyttä ja nuolet ristivaikutusmatriisissa määriteltyjä yhteyksiä. PageRank-keskeisyyden näkökulmasta yhteiskunnan eriarvoisuuden kasvu (4) nousee selvästi merkittävimmäksi muutostekijäksi suomalaisessa yhteiskunnassa.

ominaisuutta verkossa. Lisäksi hyödynnettiin verkon yhteisöanalyysiä, jossa pyrittiin löytämään verkosta solmujen joukkoja, jotka ovat tiheimmin kytkettyneitä toisiinsa. Kuvassa 3 Ihmiset-tekijän verkko visualisoi hyvin muutostekijöiden välisiä yhteyksiä ja luo ymmärrystä siitä, mitkä tekijät ovat vahvasti yhteydessä toisiinsa ja mitkä muutostekijät ovat muista irrallisia.

Verkon keskeisyysmittoihin perustuva pageRank-menetelmä kuvaa suhteellista aikaa, mikä vietetään verkon solmussa systeemin eläessä. Arvo on sitä suurempi, mitä enemmän solmuihin tulee yhteyksiä muista verkostoituneista solmuista. PageRank on verrannollinen muutostekijöiden epäsuoriin vastaanottoarvoihin. Kuvan 3 solmuille on laskettu keskeisyysarvo pageRank-algoritmilla. Solmujen koko vastaa tätä arvoa: mitä suurempi solmu, sitä suurempi pageRank-arvo.

Yhteisöanalyysissä pyrittiin löytämään PESTE-tekijöiden sisäisiä yhteisöjä. Tavoitteena oli muodostaa muutostekijöistä suurempia kokonaisuuksia ryhmittelemällä aineistoa. Yhteisöjä etsittiin algoritmilla, joka pyrkii verkon rakenteen perusteella löytämään solmujoukkoja, joissa modulaarisuus on mahdollisimman suuri. Modulaarisuus mittaa, kuinka vahva verkon tietty ositus on. Löydettyjen yhteisöjen muutostekijät ovat keskimääräistä tiheimmin verkottuneita. Kuvassa 4 on esimerkki Ihmiset-tekijän yhteisöistä.

Yhteisöanalyysissä tarkasteltiin jokaista PESTE-tekijää erikseen ja pyrittiin löytämään siitä tekijän sisäisiä yhteisöjä. Tä-



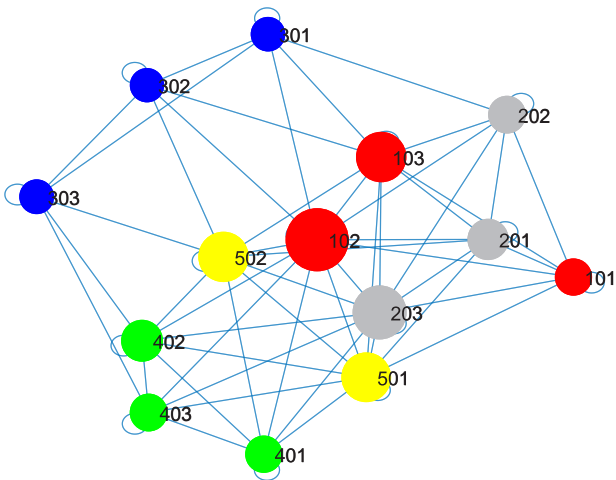
Kuva 4. Ihmiset-tekijän muutostekijät muodostavat kolme yhteisöä, jotka on nimetty yhteisöiksi 101, 102 ja 103. Kuvassa näkyy myös kunkin yhteisön solmut. Yhteisö 101 muodostuu yksilön turvallisuudentunteeseen liittyvistä muutostekijöistä, kuten eriarvoisuudesta, syrjäytymisestä, luokkayhteiskunnasta. Yhteisö 102 muodostuu työhön ja koulutukseen liittyvistä muutostekijöistä ja siitä, miten ne heijastuvat yhteiskunnan varautumiseen ja osaamisen huoltovarmuuteen. Yhteisö 103 koostuu demografiaan liittyvistä tekijöistä, kuten syntyvyyden laskusta, maahanmuuton kasvusta ja kaupungistumisesta. Yhteisö sisältää myös muutamia irrallisia muutostekijöitä, jotka menetelmä on liittänyt tähän yhteisöön.

män jälkeen tekijöiden tulokset yhdistettiin hyödyntämällä ristivaikutusanalyysillä tuotettuja tekijöiden välisiä vaikutuksia. Näin saatiin luotua kokonaiskuva PESTE-tekijöiden välisistä yhteyksistä. Tavoitteena oli tunnistaa alkuperäisestä 66 muutostekijästä nousevat kokonaisuudet ja ymmärtää niiden avulla PESTE-tekijöiden välisiä yhteyksiä. Kuva 5 visualisoi tätä verkkoa.

Verkko- ja yhteisöanalyysin tulokset eivät poikkea merkittävästi toisistaan. Tämä on kuitenkin ymmärrettävää, sillä molemmat perustuvat samaan ristivaikutusanalyysillä luotuu malliin. Vaikka menetelmien terminologia on eri, niin menetelmien laskenta on hyvin lähellä toisiaan.

Johtopäätökset

Esitetyt analyysit perustuvat ristivaikutusanalyysin periaatteiden mukaisesti luotuu yhteiskunnan malliin, jossa kuvataan yhteiskunnan muutostekijöiden välisiä vuorovaikutuksia. Vuorovaikutukset perustuvat asiantuntijoiden arvioihin, ja mallin voidaan arvioida kuvaavan yhteiskunnan kokonaisuutta melko hyvin. Muutostekijöiden epätarkka, niukka tai monimerkityksellinen määrittely on kuitenkin yksi aineiston ja sitä kautta analyysin tulosten epävarmuuksista. On mahdollista, että muutostekijöiden monitulkinallisuus heikentää asiantuntija-arvioiden tulosten luotettavuutta. On myös tärkeä huomata, että analyysissä tarkasteltiin yksittäisten muutostekijöiden keskinäisiä vaikutuksia, jolloin kokonaisuudet voivat olla sisäisesti ristiriitaisia.



Kuva 5. PESTE-tekijöiden välisiä yhteyksiä kuvaava verkko. Kun tarkasteltiin ainoastaan Ihmiset-tekijään luokiteltuja muutostekijöitä, eriarvoisuuteen liittyvät tekijät nousivat tärkeimmiksi, kuvassa ne ovat yhteisössä 101. Yhdistetyissä tuloksissa Ihmiset-tekijän merkittävimmäksi yhteisöksi nousee kuitenkin yhteisö 102, joka muodostuu yhteiskunnan arvoihin, demografiaan ja turvallisuuteen liittyvistä muutostekijöistä. Myös Valta-tekijän yhteisön 203 tärkeys korostuu tässä tarkastelussa. Yhteisö 203 koostuu muutostekijöistä, joissa näkyy KV-sopimusten korostuminen suomalaisessa yhteiskunnassa, kuten huoltovarmuudessa, energiajärjestelmässä ja ilmastonmuutoksen hillinnässä.

Verkkoanalyysi vaikuttaa erityisen hedelmälliseltä aineiston ymmärrettävyyden lisäämiseksi. Analyysien avulla kokonaisuudesta tulee helpommin ymmärrettäviä ja muutostekijöiden välisistä suhteista selvempiä, jolloin myös yhteiskunnan kaltaisesta kompleksisesta kokonaisuudesta voidaan johtaa pitkälle ketjutettuja päätelmiä. Osa analyysin kuvaajista nojaa jatkokäsittelyyn aineistoon, jolloin ne periaatteessa tuottavat kokonaan uutta tietoa muutostekijöiden välisistä yhteyksistä. Kokonaisuutena analyysimenetelmät osoittavat, mikä aineistossa on tärkeää, ja valottavat eri muutostekijöiden välisiä yhteyksiä sekä ryhmittelevät muutostekijöitä järkeväksi kokonaisuuksiksi. Menetelmät järjeistävät kerättyä informaatiota ja siten auttavat hahmottelemaan ja kartoittamaan erilaisia tulevaisuuden kehityskulkuja.

Kirjoittajat:

Filosofian maisteri Laura Wirola toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla.

Majuri Mika Ihamäki toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla.

Valtiotieteiden maisteri Sofia Blanco Sequeiros toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla.

Tutkimus tuo materiaalia lisäävän valmistuksen osaksi sotilaslogistiikkaa



3D-tulostettuja varaosia valmiina tulostuskammiossa. (Kuva: Roy Björkstrand)

Sotatilanteessa vaurioitunut materiaali tulee kyetä korvaamaan nopeasti. Materiaali- ja tarvikepula vaikeuttaa taistelutoimintaa, ja erilaisten puuttuvien materiaalien tai tarvikkeiden tilalle joudutaan kehittämään nopeasti uusia ratkaisuja ja aikaisempaa parempaa suorituskykyä. Toisaalta kriittiset tuotantolaitokset ja erilaiset varastot ovat merkittäviä kohteita vihollisen vaikuttamiselle, joten tarvitaan tuotannon hajauttamista tai mobilisointia. Sotilaslogistiikalla on monia haasteita toimittaessa nykyaikaisella taistelukentällä. Yllä esitetyt esimerkit kuvaavat näitä haasteita erityisesti materiaalin ja sen saatavuuden sekä käytettävien tarvikkeiden valmistuksen näkökulmasta. Jotta tarvittavan suorituskyvyn kehittäminen ja turvaaminen olisi mahdollista myös tulevaisuudessa, vaaditaan myös sotilaslogistiikassa uusien ja nousevien teknologioiden tutkimusta ja käyttöönottoa. Yksi tällaisista teknologioista on lisäävä valmistus (3D-tulostus, AM, Additive Manufacturing). Mitä lisäarvoa 3D-tulostus voisi tuoda sotilaslogistiikkaan?

Ukrainan sota on tuonut monien muiden sotaan liittyvien ilmiöiden ohella julkiseen keskusteluun materiaalin riittävyyden kriittisyyden sotatoimissa menestymisen kannalta. Yleisen epävarmuuden lisääntyminen ja puolustusotaa käyvässä Ukrainassa nähty pula niin sotilaallisesta materiaalista, kuten ampumatarvikkeista ja varaosista, kuin myös siviiliyhteiskunnan toiminnan kannalta keskeisistä tarvikkeista

on lisännyt tuotantopaineita maailmanlaajuisesti. Jo ennen täysimittaisen hyökkäyssodan alkamista Ever Given -konttilaivan juuttuminen Suezin kanavaan ja COVID19-pandemia osoittivat maailmanlaajuisen, reaaliaikaisesti toimivien tuotanto- ja toimitusketjujen heikkoudet ja toivat esiin tarpeita tuotannon kotiuttamiselle. Sodan aikana nopeasti muuttuvat tilanteet voivat myös tuoda esiin täysin ennakoinnattomia tarpeita. Tuotannon ja logistiikan tulisi pystyä vastaamaan kaikkiin näihin haasteisiin.

Yleisesti on tunnistettu, että 3D-tulostus voi tuoda uutta suorituskykyä ja lisää tehokkuutta koko toimitusketjuun tuotekehityksestä aina valmiiseen tuotteeseen asti sekä materiaalin kunnossapitoon ja edelleen laajemmin kokonaisten logistiikkaketjujen järjestämiseen ja tuotannon hajauttamiseen. Sotilaallisesti materiaalia lisäävää valmistusta käytetään vielä rajallisesti, mutta sen potentiaali on tunnistettu ja kiinnostus teknologian mahdollisuuksiin on kasvussa useiden maiden asevoimissa. Myös Suomen puolustusvoimissa on nähty tarpeelliseksi selvittää tutkimusten avulla lisäävän valmistuksen sotilaallisia sovelluskohteita ja mahdollisuuksia vahvistaa logistiikan suorituskykyä.

Uusien teknologioiden käyttöönotto edellyttää kuitenkin useista eri näkökulmista tehtävää tutkimusta sekä arviointia siitä, mitä lisäarvoa teknologian käyttöönotolla voidaan saavuttaa ja kuinka uusi teknologia vaikuttaa olemassa ole-

viin järjestelmiin. Koko aiheen kattamiseksi tarvitaan sekä tekniseen että operatiiviseen käyttöön liittyvää tutkimusta. Lisäävän valmistuksen sotilaallisen soveltamisen tutkimuksissa muun muassa

- selvitetään teknologian mahdollisia sovelluskohteita
- kehitetään teknisiä menetelmiä ja niiden laadunvarmennusta
- rakennetaan ja testataan kenttäkäyttöisiä laitteita ja järjestelmiä
- selvitetään erilaisten teknisten ratkaisujen käyttöönottoon liittyviä tekijöitä
- selvitetään vaikutukset toimitusketjuihin ja logistiikka-järjestelmään
- luodaan edellytyksiä strategioiden ja konseptien laadinnalle.

Nykyisin 3D-tulostamalla valmistetaan jo erilaisia lopputuotteita sekä yksittäiskappaleina että sarjatuotantona. Tekniikkana 3D-tulostus sopii myös hyvin prototyyppien nopeaan valmistukseen, mikä tuo suunnitteluun, ideasta tuotteeksi -prosessiin, lisää ketteryyttä muuttuvissa ja ennakkoimattomissa tilanteissa. Tuotannon hajautuksen näkökulmasta 3D-tulostus voidaan toteuttaa teollisesti kiinteissä tai liikuteltavissa yksiköissä tai jopa joukkoistaa maailmanla-

ajuisesti jakamalla yksityisille 3D-tulostusharrastajille tarvittavan kappaleen 3D-mallit internetissä.

Lisäävä valmistus kansainvälisen kiinnostuksen kohteena

Kiinnostus 3D-tulostukseen on kansainvälistä, ja siihen liittyvien eri aihealueiden tutkimusta tehdään yhä enemmän eri maiden asevoimissa sekä kansallisesti että kansainvälisenä yhteistyönä. Kukin maa tutkii ja ottaa lisäävää valmistusta käyttöön ensisijaisesti omien kansallisten tarpeidensa näkökulmasta. Osa näistä tarpeista on kansainvälisesti yhteneväisiä, mutta erot toimintaympäristöissä ja asevoimien rakenteissa aiheuttavat myös erilaisia painopisteitä tutkimukselle. Yleisesti ottaen kaikkia kiinnostavia tutkimusteemoja ovat mm. 3D-tulostuksen mahdollisuudet ja rajoitteet, digitaalinen toimitusketju sekä mahdollisuus valmistaa varaosia, joita ei joko ole enää saatavilla tai joiden hankinta on hidasta ja kallista. Erityisesti globaalissa toimintaympäristössä toimivien asevoimien tutkimuksen kohteena on ollut se, kuinka logistisesti hankalien yhteyksien päässä toimittaessa voidaan nopeuttaa huoltoa ja korjauksia valmistamalla varaosia ja työkaluja tarvittaessa suoraan niiden käyttökohteessa. Käyttökohteessa tehtävästä tulostuksesta ja kansainvälisestä tutkimusyhteistyöstä voidaan mainita esimerkkinä tässä vuosikirjassa kuvattu



Kansainvälinen AM Village -tapahtuma. (Kuva: Mervi Hokkanen)

AM Village 2023 -tapahtuma, jossa testattiin 3D-tulostustekniikoiden käyttöä osana kenttäkunnossapitoa.

Kansallisten lisäävän valmistuksen kyvykkyyksien kehittämistä tukevat ja vauhdittavat Euroopan puolustusvirasto EDA:n (European Defence Agency) sekä Naton johdolla tehtävät kansainväliset tutkimusprojektit. Esimerkiksi EDA käynnisti ensimmäisen lisäävän valmistuksen projektinsa vuonna 2016. Suomen puolustusvoimat on ollut mukana EDA:n AMTEM-projektissa (Additive Manufacturing Techniques for Energetic Materials) sekä Naton AVT-342-paneelin Interoperability of Additive Manufacturing in NATO operations -tutkimuksessa. EDA:lla on ollut myös mm. ballistiseen suojaan, tiedonhallintaan ja immateriaalioikeuksiin liittyviä lisäävän valmistuksen projekteja. Kun ensimmäisessä tutkimuksessa pääasiallisena tavoitteena oli lisätä puolustusalalla toimivien tietoisuutta 3D-tulostusteknologian mahdollisuuksista ja sovelluksista, niin seuraavissa projekteissa on jo pureuduttu syvemmin lisäävän valmistuksen sovellusten kehittämiseen ja käyttöön liittyvien tekijöiden määrittämiseen. Esimerkiksi uusimmassa EDA:n lisäävän valmistuksen tutkimusprojektissa (AMLS, Additive Manufacturing for Logistic Support) tarkoituksena on yhteistutkimuksen avulla helpottaa ja tukea teknologian implementointia projektin osallistujamaiden logistiikkarakenteeseen huomioimalla itse teknologian käytettävyyden lisäksi muun muassa prosesseihin, lainsäädäntöön, koulutukseen, hankintaprosesseihin ja laadunhallintaan liittyvät tekijät.

USA:n armeijalla on jo pitkät perinteet lisäävän valmistuksen sovellusten kehittämisessä ja testaamisessa, ja maata voidaan pitää lisäävän valmistuksen sotilaallisen käytön edelläkävijänä. Sen lisäksi, että tutkimusta tehdään laajasti eri sovellusalueilla, 3D-tulostusta käytetään jo kaikissa puolustushaaroissa joukkojen toiminnan tukemiseksi. USA on myös julkaissut lisäävän valmistuksen sotilaallisen käytön strategian. Myös Euroopassa tehdään 3D-tulostuksen sotilassovellusten tutkimus-, kehittämis- ja testaustoimintaa puolustustutkimuslaitoksissa ja sotilasorganisaatioissa. Lisäksi joihinkin maihin on perustettu lisäävän valmistuksen osaamiskeskuksia teknologian käyttöönoton edistämiseksi. Esimerkiksi Alankomaiden asevoimissa on aloitettu digitaalisen varaosavaraston kehittäminen sekä laadittu tiekarttoja teknologian käyttöönotolle ja Saksa on laatinut suunnitelman lisäävän valmistuksen vaiheittaiselle implementoinnille asevoimien logistiikkajärjestelmään. Mikään maa ei kuitenkaan vielä ole implementoinut täysin lisäävää valmistusta osaksi sotilaslogistiikkaansa, vaikka teknologiaa jo käytetäänkin tukemaan toimintaa.

3D-tulostuksen tekniikoiden ja materiaalien moninaisuus mahdollistaa laaja-alaisen hyödyntämisen erilaisilla aloilla. Metallista ja muovista valmistettavien varaosien, työkalujen

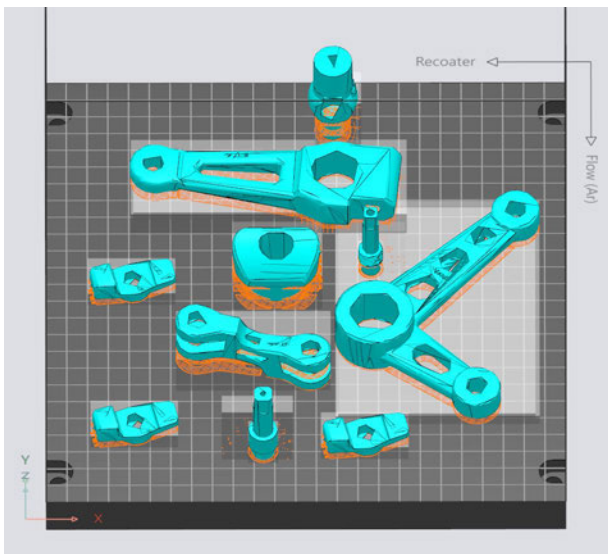
ja muiden tarvikkeiden 3D-tulostettavuuden tutkimuksen lisäksi on tutkittu myös mm. lääkintähuollon materiaalien 3D-tulostusta sekä erilaisten rakenteiden, kuten siltojen ja suojiin, 3D-tulostamista betonista. Etenkin syrjäisissä paikoissa toimittaessa 3D-tulostus tai 3D-biotulostus voisi tarjota uusia mahdollisuuksia sotilaiden terveydenhuoltoon. Esimerkiksi 3D-biotulostusta on testattu tulostamalla lääkeainetta sisältäviä haavasiteitä. Ajoneuvosuoja, bunkkereiden ja muiden infrastruktuurirakenteiden valmistaminen 3D-tulostamalla betonista, joka on valmistettu paikallisesti saatavilla olevista materiaaleista, voisi tutkimusten mukaan vähentää merkittävästi kustannuksia, rakennusaikaa sekä ihmistyövoiman ja betonimateriaalin tarvetta.

3D-tulostusta on hyödynnetty myös Ukrainan sodassa, missä materiaalipula on pakottanut ukrainalaiset innovoimaan ja kehittämään jopa uudenlaisia tapoja taistella. Kun liitetään 3D-tulostamalla valmistettu pyrstö dronesta pudotettavaan kranaattiin, saadaan vakautettua sen lentoa sekä parannettua osumatarkkuutta. Näin materiaalia lisäävän valmistuksen avulla on otettu käsikranaatit uusiokäyttöön ja kehitetty uusi tehokas keino vastustajan torjuntaan. Lisäksi pyrstön valmistaminen 3D-tulostamalla muovista on edullista ja nopeaa. Suuri joukko 3D-tulostusharrastajia ympäri maailman onkin tukenut Ukrainaa 3D-tulostamalla edellä mainittujen pyrstöjen lisäksi mm. erilaisia lääkinnällisiä tarvikkeita, kuten kiristysiteitä ja lastoja sekä turvallisuutta tukevia tarvikkeita, kuten periskoppeja. Lisäävän valmistuksen potentiaali on tunnistettu laajalti, sillä Ukrainalle on lahjoitettu paitsi lukuisia muovien 3D-tulostimia, myös teollisen tason 3D-tulostimia metallisten varaosien ja muiden kriittisten tarvikkeiden valmistukseen.

Materiaalia lisäävän valmistuksen tutkimus Puolustusvoimissa

Suomen puolustusvoimissa materiaalia lisäävän valmistuksen tutkimusta tehdään sekä sisäisesti eri joukko-osastojen kesken että yhteistyönä yliopistojen, strategisten kumppaneiden ja 3D-tulostuspalveluyrityksen kanssa. Lisäksi osallistutaan kansainvälisiin EDA:n ja Naton tutkimusprojekteihin sekä tehdään kahdenvälistä tutkimusyhteistyötä Norjan puolustustutkimuslaitoksen kanssa. Tavoitteena tutkimuksissa on selvittää lisäävän valmistuksen käytettävyyttä Puolustusvoimien toimintaympäristössä ja sijoittuminen logistiikkajärjestelmään.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa lisäävän valmistuksen tutkimus aloitettiin selvittämällä eri 3D-tulostustekniikoiden mahdollisuuksia ja rajoituksia tapaustutkimusten avulla. Tutkimuksessa valmistettiin ja korjattiin Puolustusvoimien kalustoon kuuluvia varaosia eri 3D-tulostustekniikoilla. Tavoitteena oli selvittää materiaalia lisäävän valmistuksen prosessin vaiheet ja niiden vaikutus lopputulokseen sekä



3D-tulostettavien kappaleiden asettelu tulostusalustalle. (Kuva: Roy Björkstrand)

teknologian hyödynnettävyys varaosatuotannossa ja vaurio-
korjauksessa. Lisäksi on selvitetty mm. lisäävän valmistus-
sen lääkintähuollon sovelluksia.

Yleisen teknologian mahdollisuuksien ja rajoitusten selvi-
tysten jälkeen tutkimus on suuntautunut enemmän sovel-
luskohteiden tunnistamiseen, teknologian käyttöönottoon
liittyviin tekijöihin sekä 3D-tulostuksen mahdollisuuksiin
osana kenttäkunnossapitoa. Kun on tutkittu käyttötarveläh-
teisesti sellaisia 3D-tulostettuja osia, joita ei ole enää saa-
tavilla tai joiden toiminnallisuuteen kaivataan parannuksia,
on havaittu useita kohteita, joihin lisäävä valmistus voisi olla
ratkaisu. Teknisen käytettävyyden lisäksi tutkimuksissa on
selvitetty myös muita lisäävän valmistuksen käytössä huomi-
oitavia asioita, kuten sopimustoiminta ja hankintatoimi sekä
erilaiset lainopilliset tekijät. Lisäävän valmistuksen tiekartan
(AM-tiekartta) avulla on pyritty selkiyttämään askeleita, joi-
ta Puolustusvoimien tulisi ottaa lisäävään valmistuksen käyt-

töön ottamiseksi, niin että teknologia tukisi normaaliolojen
toimintaa ja vahvistaisi poikkeusolojen huoltovarmuutta.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa on tehty myös rä-
jähdysainemateriaalien 3D-tulostustutkimusta ja siihen
liittyvää materiaalitestausta yhteistyössä kotimaisen räjäh-
dedeteollisuuden ja Aalto-yliopiston kanssa. 3D-tulostuksen
on tunnistettu tuovan uudenlaisia mahdollisuuksia myös
räjähdemateriaalien, pyroteknisten materiaalien sekä am-
pumatarvikkeiden valmistukseen ja niiden suorituskyvyn
parantamiseen. Räjähdemateriaalien 3D-tulostustekniikka
on vielä varhaisemmalla kehitystasolla moneen muuhun
materiaaliin nähden, minkä vuoksi tutkimus onkin toistai-
seksi painottunut tekniikan ja materiaalien kehittymiseen
sekä räjähdeturvallisuusnäkökulmiin. Vaikutuksia sotilaslo-
gistiikkaan tullaan tutkimaan tarkemmin tulevaisuudessa.

Johtopäätökset

Materiaalia lisäävällä valmistuksella on mahdollisuus tuoda
laaja-alaisesti uutta suorituskykyä sotilaslogistiikkaan ja siten
tarjota uudenlaisia ratkaisuja erilaisiin logistiikan haasteisiin.
Erilaiset 3D-tulostustekniikat ja -materiaalit tuovat uudenlai-
sia mahdollisuuksia tuotteiden suunnitteluun, valmistukseen
ja korjaukseen sekä tuotannon hajauttamiseen ja toimitus-
ketjujen hallintaan. Oleellista on kuitenkin ensin tunnistaa,
missä lisäävää valmistusta kannattaa käyttää ja missä sen käyt-
töllä voidaan parhaiten tukea joukkojen toimintaa.

Materiaalia lisäävän valmistusteknologian yleinen kehitty-
minen ja yleistyminen siviilisektorilla on tukenut tekno-
logian käyttöä sotilaallisessa toimintaympäristössä etenkin
tutkimuksessa ja yksittäiskappaleiden valmistuksessa. Jotta
3D-tulostus voidaan täysimittaisesti ottaa käyttöön sotilas-
logistiikassa ja se voidaan integroida osaksi olemassa olevaa
logistiikkajärjestelmää, vaaditaan kuitenkin edelleen aihee-
seen liittyvää tutkimusta sekä teknisten ratkaisujen että nii-
den operatiivisen käyttöönoton osalta.

Kirjoittajat:

Insinööri (YAMK) Mervi Hokkanen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastolla CBRNE-teknologiat-tutkimusosastolla.

Filosofian tohtori Satu Mustalahti toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastolla CBRNE-teknologiat-tutkimusosastolla.

Materiaalia lisäävän valmistuksen monikansallinen työpaja – AM VILLAGE 23



Kuva 1. Ajoneuvon kyydissä kuljettavaan konttiin rakennettu saksalaisten 3D-tulostuskyvykyys. (Kuva: Mervi Hokkanen)

Euroopan puolustusvirasto (EDA), Naton monikansallinen logistiikan koordinoitikeskus (Multinational Logistics Coordination Center, MLCC) ja Alankomaiden asevoimat järjestivät Additive Manufacturing (AM) Village 2023 -tapahtuman kesäkuussa 2023 Alankomaissa. Suomesta tapahtumaan osallistui Maanpuolustuskorkeakoulun, Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen ja Aalto-yliopiston yhteinen tutkijaryhmä, jonka tavoitteena oli selvittää 3D-tulostuksen mahdollisuuksia kenttäolosuhteissa. Tutkimuksessa haluttiin selvittää 3D-tulostuksen teknologian valintaperusteita, selvittää menetelmän mahdollisia käyttökohteita, perehtyä käytettävissä oleviin 3D-tulostuksen järjestelmiin ja tutkia eri materiaalien käyttöä kentällä toteutettavassa 3D-tulostuksessa. Tapahtumaa varten tutkijaryhmä rakensi 3D-tulostusauton, jossa oli mahdollisuus tehdä kaikki menetelmän käytön edellyttämät toimenpiteet mallinnuksesta tulosteiden jälkikäsittelyyn.

Materiaalia lisäävä valmistus kenttäolosuhteissa

Materiaalia lisäävä valmistus, englanniksi Additive Manufacturing (AM), yleiskielessä 3D-tulostus, on tunnistettu mahdolliseksi ratkaisuksi logistiikan kehittämisessä kohti joustavampia ja resilientimpiä toimitusketjuja. Sotilaallisen toiminnan kannalta se tarkoittaa, että menetelmällä voidaan

- valmistaa varaosia,
- korjata vaurioituneita kappaleita tai rakenteita,
- valmistaa tuotteita, joilla voidaan muokata olemassa olevaa varustusta tai materiaalia,
- tuottaa nopeasti uudenlaisia komponentteja tai
- valmistaa yksittäiskappaleita suoraan käyttäjän moninaisiin tarpeisiin.

Materiaalia lisäävän valmistuksen käyttäminen näiden tarpeiden tyydyttämiseksi voidaan järjestää monella eri tavalla.

la. 3D-tulostusta voidaan tehdä sekä kiinteissä toimitiloissa että liikuteltavissa 3D-tulostusyksiköissä. 3D-tulostuspalveluntarjoajat toimivat yleensä kiinteissä toimitiloissa, heidän laitteistonsa ovat tyyppillisesti teollisuustasoisia ja niissä käytettävät raaka-aineet korkealaatuisia muovi- ja metallimateriaaleja. Asevoimissa voi olla 3D-tulostukseen erikoistuneita yksiköitä tai tulostuslaitteistot voidaan sijoittaa osaksi ole-massa olevan yksikön toimintaa. Toiminnasta ja sen luon-teesta riippuen tulostimet voivat olla teollisuustasoisia tai pienempiä pöytätulostimia ja niitä voidaan käyttää joko kiin-teissä toimitiloissa tai siirrettävissä yksiköissä kentällä, lähel-lä toimivia joukkoja. Kentällä tapahtuvaa tulostusta varten voidaan rakentaa erilaisia tiloja, ajoneuvoja tai järjestelmiä (kuva 1) 3D-tulostimille ja niihin liittyville järjestelmille.

Osana Puolustusvoimien materiaalia lisäävän valmistuksen tutkimusta on selvitetty menettelyjä, joilla 3D-tulostimet voi-taisiin viedä lähelle joukkoja ja näin kehittää niiden nopeaa tukemista. Aiemmassa tutkimuksessa on selvitetty, että teol-lisen metallitulostuksen vieminen lähelle joukkoja on haasta-va. Metallitulostuksen suurimpina haasteina ovat menetel-män käytön edellyttämät erityisolosuhteet sekä tulostuksen tuotantokyky suhteessa joukkojen tarpeisiin. Teollisuustasoi-sen muovitulostuksen haasteena on saada aikaan tulostukselle ja raaka-aineille suotuisat ympäristöolosuhteet sekä optimoi-da menetelmän käyttö tarpeiden mukaiseksi. Puolustusvoi-missa nähtiinkin tarpeelliseksi tutkia, voitaisiinko joukkojen lähelle viedä kuluttajakäyttöön tarkoitettuja 3D-tulostimia, joilla voitaisiin tuottaa nopeasti niiden tarvitsemia yksinker-taisia osia. Tutkimuksessa selvitettiin myös tilannetta, jossa kentällä voidaan tuottaa 3D-tulostuksen edellyttämät mallit sekä osan prototyypit, mutta ei 3D-tulostaa lopullista osaa. Tällöin kentällä tehdyn prototyypin testauksen jälkeen lo-pullinen osa voidaan valmistaa teollisella menetelmällä, joka tuottaa vaatimusten mukaisen kappaleen. Näin kentältä voi-taisiin hallita 3D-tulostettujen kappaleiden valmistuksen toi-mitusketjua ja toimia asiantuntijana osien tulostuksessa.

AM Village 23

Euroopan puolustusvirasto EDA:n tehtävänä on tukea jäsen-valtioitaan niiden pyrkimyksissä kehittää puolustuskykyään. EDA pyrkii toimillaan edistämään sotilaallista yhteistyötä Euroopan unionin jäsenvaltioiden välillä. EDA:n Capability Development Plan (CDP) on yksilöinyt materiaalia lisäävän valmistuksen avainteknologiaksi, jolla on potentiaalia mul-listaa sotilasoperaatioiden logistiikkaa.

EDA on tunnistanut, että AM-teknologioiden erityisinä hyötyinä ovat

- uudet mahdollisuudet kappaleiden suunnittelussa,
- menetelmän kyky keventää osien painoa,
- resurssien tehokkaampi käyttö sekä

- menetelmän mahdollistama joustavuus materiaalivalin-noissa, prosesseissa ja logistiikassa.

EDA on todennut, että nämä tekijät lisäävät AM:n sotilaalli-sia käyttötapauksia ja sovelluksia tulevaisuudessa.

Jäsenmaiden tuella EDA päätti järjestää materiaalia lisäävän valmistuksen työpajan vuonna 2023 Alankomaissa. Työpaja toteutettiin yhteistyössä Alankomaiden asevoimien ja NATO MLCC:n kanssa. Paikaksi valikoitui Alankomaiden kuninkaallisen armeijan Fieldlab Smartbase Eden kaupun-gissa (kuva 2). AM Village 2023 -tapahtuma oli suunnattu asevoimien AM-asiantuntijoille sekä AM-teollisuuden toi-mijoille, jotka olivat valmiit tarjoamaan sopivia AM-tekni-i-koita ja AM-asiantuntijoita työpajan ajaksi osallistujamaiden käyttöön ja joilla on syvälinen kokemus AM-menetelmien ja -laitteiden käytöstä. Kiinnostus tapahtumaa kohtaan yl-lätti järjestäjät, ja he joutuivat rajoittamaan osallistujamää-rää. Työpajaan osallistui 14 eri asevoimien ja 14 yritysmaail-man organisaatiota, yhteensä yli 230 osallistujaa.

Tapahtumalle oli määritetty seitsemän keskeistä tavoitetta:

1. sotilaskäyttötapausten tunnistaminen, mukaan lukien taisteluvauriokorjaus (Battle Damage Repair, BDR)
2. AM-prosessien, kuten suunnittelun, jälkikäsittelyn ja kappaleiden laadunvarmistuksen, kehittäminen
3. alustan tarjoaminen materiaalia lisäävän valmistuksen kyvykkyyden esittelyille
4. eri AM-tekniikoiden operatiivisten AM-yhteyksien ke-hittäminen
5. menetelmän käytön yhteisten menettelyjen kehittämi-nen EDA AMLS Cat B -projektin mukaisesti
6. kokemusten ja parhaiden käytäntöjen jakaminen
7. yhteisön ja keskinäisen luottamuksen rakentamisen jat-kaminen.



Kuva 2. AM Village 23 -tapahtuman virallinen kuva. (Kuva: EDA)

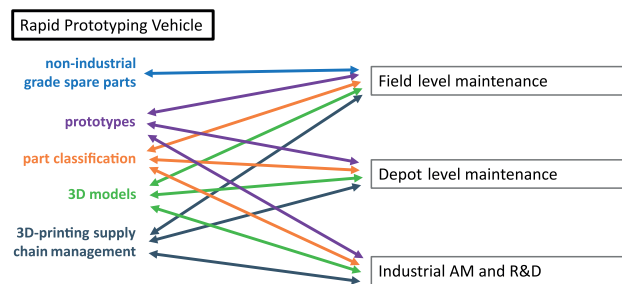
Tapahtuma oli jakautunut kolmeen eri osioon, jotka toteutettiin yhtäaikaistapauksina tapahtumina:

1. Akateemiset seminaarit 3D-tulostuksen eri aihealueista, joissa käsiteltiin materiaalia lisäävän valmistuksen datan käsittelyä ja kyberturvallisuutta, AM-sovelluksia maaja merijärjestelmissä, materiaalia lisäävän valmistuksen tuotteiden logistista prosessia, AM-henkilöstön koulutusta ja AM-käyttöä BDR-toiminnoissa.
2. 3D-tulostuksen kyvykkyysien ja sovellusten yhteiset esittelytilaisuudet, joissa yksitoista sotilaallisen 3D-tulostuksen parissa toimivaa yritystä ja toimijaa esitteli kyvykkyksiään. Sovelluskohteet vaihtelivat dronen 3D-tulostetusta pudotusjärjestelmästä eri teknologioiden ja materiaalien yhdistelmiin sekä pieniin tiedustelurobotteihin ja vauriokorjauksen välineisiin ja menelmiin.
3. 3D-tulostusaktiviteetit, joissa ryhmät yhdessä tekivät erilaisia 3D-tulostuskokeiluja ja -testauksia. Eri maiden 3D-tulostusryhmät olivat tuoneet omia sovelluksiaan tutkittavaksi ja testattavaksi tapahtumaan. Asevoimien ryhmät ja teollisuusyritykset valmistivat osia omilla järjestelmillään, ja tulokset jaettiin osallistujien kesken. Alueella oli myös viisi Alankomaiden armeijan ajoneuvoa, joihin osallistujat saivat Alankomaiden armeijan kunnossapitoasiantuntijoiden kanssa tulostaa osia työpajan aikana. Lisäksi järjestettiin päivittäin Daily Challenge -kilpailu, jossa osallistujien tuli ratkaista järjestäjien antama ongelma 3D-tulostamalla. Viikon aikana haastetehtävissä tulostettiin muun muassa Alankomaiden sotilasarjoneuvojen osia ja EDA – NATO MLCC -yhteistoimintasuojituksen allekirjoituskynät.

3D-tulostusajoneuvo ja Suomen tulostussovellukset

Kentällä tapahtuvan tulostustoiminnan tutkimusta varten Puolustusvoimien 3D-tulostuksen tutkimusryhmä rakensi yhdessä Aalto-yliopiston kanssa 3D-tulostusajoneuvon, jonka alustana toimi modulaarinen C1-luokan Mercedes-Benz Sprinter 4x4. 3D-tulostuksen edellyttämistä menetelmistä ajoneuvoon rakennettiin seuraavat kyvykkyudet:

- prototyyppien valmistus
- yksinkertaisten ei-teollisten varaosien, työkalujen ja muiden tarvikkeiden valmistus
- 3D-tulostukseen soveltuviin osien luokitus
- 3D-mallinnus ja -skannaus
- 3D-mallien ja prototyyppien perustason testaus ja laadunvarmennus
- 3D-tulostuksen toimitusketjun hallinta kenttä-, korjaamo- ja teollisuustason kunnossapidon välillä



Kuva 3. 3D-tulostusajoneuvon kyvykkyysien suhde kunnossapidon tasoihin. (Kuva: Satu Mustalahti)

- kommunikointilinkki ulkoistetun materiaalia lisäävän valmistuksen, ajoneuvon ja tutkimus- ja kehittämisorganisaation (T&K) väliseen tiedonsiirtoon.

Kyvykkyudet valittiin siten, että ne pystyvät palvelemaan tarpeesta riippuen kaikkia Puolustusvoimien logistiikan kunnossapidon tasoja aina kenttäkunnossapidosta teolliseen kunnossapitoon. Ajoneuvon kyvykkyysien suhde Puolustusvoimien kunnossapidon tasoihin on esitetty kuvassa 3.

3D-tulostuksen kyvykkyys luotiin rakentamalla ajoneuvoon 3D-tulostusinfrastruktuuri, jossa oli seitsemän 3D-tulostinta. Viisi tulostimista oli materiaalin pursotukseen (FDM) perustuvia, yksi oli muovin jauhepeltisulatustulostin (PBF), ja yksi tulostin perustui valokovetus altaassa (SLA) -menetelmään. Tulostimien lisäksi ajoneuvossa oli strukturoituun valoon perustuva 3D-skanneri ja sen edellyttämät ohjelmistot. Ajoneuvon kahdella mallinnustyöpisteellä oli käytössä laajasti 3D-mallinnukseen ja mallien käsittelyyn tarvittavia ohjelmistoja. Käsityökalut mahdollistivat valmistettujen 3D-tulosteiden jälkikäsittelyn. Kappaleiden tarkastukseen ja testaukseen ajoneuvossa oli pinnankarheusmittari ja käsimittalaitteita. Tiedonsiirtoon käytettiin mobiilireitintä.

Työpajan aikana 3D-tulostusajoneuvon toimivuutta testattiin osallistumalla päivittäisiin Daily Challenge -haasteisiin 3D-mallintamalla ja -tulostamalla pyydettyjä tuotteita sekä valmistamalla Suomen oman testisuunnitelman mukaisia osia. Tähän omaan sovelluskohteeseen, Maanpuolustuskorkeakoulun sotatekniikan laitoksen autonomia-tutkimusryhmän LAYKKA-tutkimusalueeseen, tulostettiin osia sekä Suomen 3D-tulostusajoneuvossa että muiden maiden 3D-tulostuslaitteilla. Erityisen mielenkiinnon kohteena olivat LAYKKA-alueen sykloidisen vaihdelaatikon sekä rippustuksen osat. Suomen ryhmä sai tulostettuja osia muiden maiden tulostusryhmiltä eri materiaaleista, eri koneilla tulostettuna sekä yhdistämällä eri valmistajien tekniikoita. Lisäksi tutkimusryhmä teki yhteistyötä tulostamalla ja jälkikäsittelmällä toisten ryhmien tarvitsemia osia ja mallinsi 3D-malleiksi fyysisiä kappaleita. Suomen 3D-tulostuksen ryhmä tekikin yhteistyötä työpajan aikana lähes kaikkien tulostukseen liittyvien asevoimien ryhmien sekä yritysten kanssa.



3D-tulostusajoneuvon keskiosa, jossa paikat kahdelle mallinnusasemalle ja viisi FDM-tulostinta. (Kuva: Mervi Hokkanen)



3D-tulostusajoneuvon takaosaosa, jossa PBF-tulostin, SLA-tulostin sekä näiden menetelmien jälkikäsittelytarvikkeet. (Kuva: Mervi Hokkanen)

Tuloksellista yhteistyötä

3D-tulostuksen työpaja oli hieno osoitus yhteistyöstä. Työryhmän jäsenet eivät olleet aiemmin osallistuneet tapahtumaan, jossa eri maiden ryhmät ja teollisuusyritykset toimivat



Suomen AM Village 23 -tapahtuman tutkimusryhmä. (Kuva: Puolustusvoimat)

avoimesti yhteisten 3D-tulostustapausten ympärillä ja ratkaisivat niihin liittyviä haasteita. Tapahtuma oli nimensä mukaisesti iso yhteinen työpaja, jossa toisten ryhmien kyvykkyudet paikkasivat toisten puutteita. Kaikilla tapahtumaan osallistuneilla oli yhteinen halu tehdä ja auttaa toisiaan. Työpajan aikana tutkimusryhmä pääsi tutustumaan useisiin erilaisiin sotilaallisessa käytössä kentällä koeteltuihin 3D-tulostuksen järjestelmiin ja sovelluksiin. 3D-tulostusauton kyvykkyyttä ja teknologioita päästiin testaamaan oikeissa olosuhteissa ja oikeilla tapauksilla. Ajatus 3D-tulostusauton käyttämisestä osoittautui toimivaksi, mutta edelleen selvitetäväksi jää, miten tulostusautoa kannattaisi käyttää osana joukkojen toimintaa, jotta sen käyttö olisi mahdollisimman tehokasta.

Kirjoittajat:

Komentajakapteeni, Sotatieteen tohtori Samu Rautio toimii opettajana ja tutkijana Maanpuolustuskorkeakoulun sotatekniikan laitoksella.

Insinööri (YAMK) Mervi Hokkanen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastolla CBRNE-tekniikan tutkimusosastolla.



Taistelutilan informaation hallinta ja johtaminen

Taistelunkestoä kohinatutkalla?

Valvonnassa käytettävien tutkalaitteiden ensisijainen laadun mittari on saavutettava suorituskyky eli tyypillisesti valvontatilavuus ja havaintojen luotettavuus. Yhtä tärkeä mittari on myös tutkan riittävän vapaan käytön mahdollisuus kriisitilanteessa. Vastatoimille altistumista voidaan pienentää liikkuvuudella tai optimoimalla lähe-tyksessä käytettävän säteilysuunnan, taajuuden, tehon ja aaltomuodon käyttöä. Millaista suorituskykyä ja taiste-lunkestoä tarjoaa laajakaistaiseen kohinamodulaatioon perustuva tutkalähetä?

Yöllinen kulkija voi syyttää taskulampun nähdäkseen ympäristönsä paremmin. Pimeässä yössä voi olo kuitenkin tun- tua haavoittuvaiselta, vaikka kirkas valokeila tuo lähiympä-ristön näkyväksi. Valo näkyy nimittäin helposti kaikkialle, myös niille yön kansakulkijoille, joita taskulampun pitelijä itse ei näe. Havaituksi tuleminen tuo turvattomuuden tun- teen, mutta toisaalta eteneminen pimeässä luonnossa vaatii esteiden näkemistä.

Radioaaltoja ympäristöönsä säteilevän tutkan käyttäjä on saman valinnan edessä: Kuinka tuottaa turvallisesti tilan- netietoisuutta ympäristöstä? Suurella hetkellisellä lähetys- teholla varmistetaan korkea havaintotodennäköisyys, koska voimakkaan radioaallon kauissa riittää vielä energiaa tuo- maan pienet ja kaukana olevat kohteet havainnoiksi tutkan näytölle. Samalla joudutaan hyväksymään tutkan paikan ja käyttötarkoituksen paljastuminen, koska voimakas lähete on havaittavissa helposti hyvin kaukaa. Paikan havaitseminen altistaa tutkan vastatoimille.

Kohinatutka konseptina

Lähetystehon kasvattaminen ei ole onneksi ainoa keino parantaa tutkan suorituskykyä. Havaitsemiseen tarvittava energia voidaan saavuttaa myös aaltomuotojen älykkäällä suunnittelulla. Tutkan ympäristöönsä säteilemää energiaa voidaan hajauttaa ajassa ja taajuudessa, jolloin lähetysten huipputehon ei enää tarvitse olla niin suuri kuin esimerkiksi voimakasta pulssia käytettäessä. Käyttökelpoisia tapoja ener- gian hajautukseen tunnetaan monia. Kohinan käyttäminen modulaatiomenetelmänä on yksi ehdotetuista menetelmis- tä. Kohina-aaltomuotoa hyödyntävää tutkaa kutsutaan ko- hinatutkaksi.

Kohinatutka on konseptina tunnettu jo pitkään, ja siitä on olemassa eri tasoista teoreettista tutkimusta kansainvälisessä kirjallisuudessa. Luotettavaa kokonaiskuvaa kohinatutkan suorituskyvystä ei ole helppoa muodostaa kirjallisuuden pirstaloituneiden tietojen pohjalta. Suorituskykyarvion

puuttuessa on mahdotonta suunnitella kohinatutkan käyt- töperiaatteita tai roolia tilannekuvan tuottajana eri sensorien muodostamassa kokonaisuudessa.

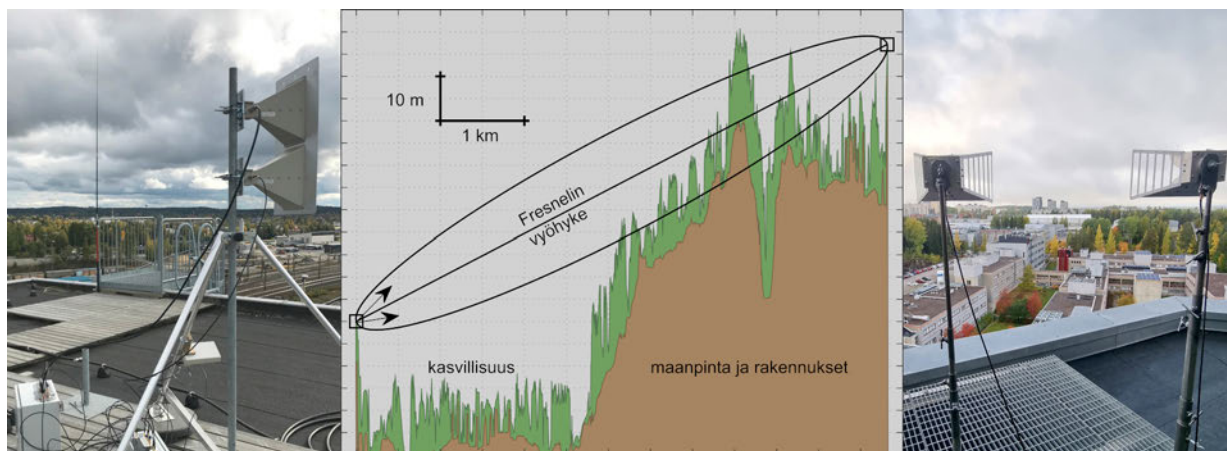
Puolustusvoimien tutkimusohjelmassa 2021 käynnistettiin kansallinen tutkimus kohinatutkan suorituskyvyn demonst- roimiseksi käytännössä. Tarkoituksena oli selvittää koh- dennetuin teoreettisin tarkasteluin ja erityisesti käytännön kenttäkokein kohinatutkan soveltuvuus erityyppisiin valvon- tatehtäviin. Osin samanaikaisesti kansallisen tutkimuksen kanssa osallistuttiin Naton tiedeorganisaation (STO) tutki- musryhmään SET-287 ”Characterization of Noise Radar”. Kansallisen ja kansainvälisen tutkimuksen painopistealueet suunniteltiin siten, että tutkimuskokonaisuudesta saadaan vastauksia keskeisimpiin tietotarpeisiin. Puolustusvoimien tutkimusohjelmassa toteutettava kohinatutkatutkimusta veti Patria Aviation yhteistyössä Tampereen yliopiston kans- sa. Naton työryhmässä Suomen edustajana toimii prof. Taneli Riihonen Tampereen yliopiston sähkötekniikan yksiköstä.

Jatkuvalähetteen kohinatutka

Myös kohinatutka voisi periaatteessa käyttää pulssimais- ta aaltomuotoa niin kuin perinteiset tutkat, mutta tällöin tutkan säteilemä energia ei hajaudu täysimääräisesti ajassa ja konseptin hyödyt jäisivät osittain saavuttamatta. Kansainvä- lisen tutkimus onkin nykyään keskittynyt jatkuvalähettei-



Kuva 1. Yksipaikkaisen kohinatutkan antenniryhmä valvomassa yliopiston kampuksen ilmatilaa. (Kuva: Mikko Heino)



Kuva 2. Kohinalähetteen havaittavuuskoee Tampereen Hatanpään ja Hervannan välillä. (Kuvat: Kai Hiltunen, Taneli Riihonen, Mikko Heino)

seen kohinatutkaan, jonka tekniikassa erityisen merkillistä on se, että tutkan täytyy kyetä vastaanottamaan heikkoja maalikaikuja samalla kun se lähettää voimakasta tutkasignaalia, eikä vastaanottoa suojata vuorottelemalla sitä pulsien lähetyksen kanssa. Patrian osuus tutkimusohjelmassa käsitteli kaksipaikkaista ("bistaattista") kohinatutkaa ja Tampereen yliopisto keskittyi yksipaikkaisiin ("monostaattisiin") ratkaisuihin, joissa tutkan lähetin ja vastaanotin ovat samalla asemapaikalla – kuitenkin jo tutkimuksen alussa todettiin, että lähetyksen ja vastaanoton on käytännössä välttämätöntä käyttää erillisiä antennia tai antenniryhmiä.

Yksipaikkainen jatkuvalähteinen kohinatutka on eräänlainen ns. in-band full-duplex -radiolaitte, jollaisista prof. Riihosen tutkimusryhmällä on pitkäaikainen ja jopa ura-uurtava kokemus langattoman tietoliikenteen saralla. Niissä tekninen ongelma ratkaistavaksi on itseishäiriö eli se, että tutkan voimakas lähetyk vuotaa suoraan ja heijastuu tai siroaa asemapaikan rakenteista ja välittömästä lähiympäristöstä sen omaan vastaanottimeen. Kirjoittaja on omin silmin yöllisenä kulkijana kokenut vastaavan ilmiön pimeäsuunnistuksessa, kun tehokkaan otsalampun valo heijastuu karttamuovista varsin kirkkaana sokaisten ympäristön näkemiseltä. Radiolaitteessa itseishäiriön suhteellinen voimakkuus on tosin valtavasti paljon suurempi, koska fysiikka rajoittaa radiotaajuuksilla sähkömagneettisten aaltojen suunnattavuutta verrattuna useita kertaluokkia lyhyempiin valon aallonpituuksiin.

Ensimmäinen vaihe itseishäiriön vaimentamiseksi on antennirajapinta. Tutkimuksessa osoitettiin, että oikeanlaisella antennisuunnittelulla tai moderneilla sähköisesti keilaavilla antenniryhmillä saadaan lähettimen ja vastaanottimen välinen suora kytkeytyminen vaimennettua jopa niin hyvin, että suuremmaksi ongelmaksi muodostuvat seuraavaksi tutkan lähiympäristöstä tulevat heijastukset, jotka ovat liian lähellä ollakseen merkityksellisiä maalikaikuina. Esimerkiksi ympäristönsä yläpuolelle sijoitetun ilmalavontatutkan ta-

pauksessa tulee voimakkaita sivukeilaheijastuksia edestä alaviistosta, vaikka antennin pääkeila on suunnattu taivaalle. Tutkimuksessa kehitettiin antenniryhmäratkaisu, jonka prototyyppi rakennettiin sekä mitattiin käytännössä (kuva 1), ja keilanmuodostusmenetelmät antennielementtien vaiheistamiseen siten, että suoraan lähetyk- ja vastaanottoantenniryhmien välillä kytkeytyvä häiriö sekä etusektorista horisontin alapuolelta tulevat lähiympäristön heijastukset vaimenevat riittävästi.

Seuraavat vaiheet itseishäiriön vaimentamisessa tapahtuvat analogisen ja digitaalisen signaalinkäsittelyn keinoin. Nykyteknologian rajoja itseishäiriön vaimentamiseksi ja kohinatutkan yleistä suorituskykyä selvitetään käyttämällä hankkeessa kehitettyä järjestelmätason simulaattoria, joka mallintaa realistisesti kaikki olennaiset radiolaitteiden epäideaalisuudet. Uutta in-band full-duplex -tiedonsiirtoon verrattuna tutkimuksessa oli merkittävästi laajempi taajuuskaisista ja korkeammat lähetystehot. Loppupäätelmänä todettiin, että jatkuvalähteinen kohinatutka on mahdollista rakentaa nykyteknikalla siten, että itseishäiriö kyetään vaimentamaan riittävän tehokkaasti, ja siten, että saavutettava suorituskyky on riittävä paikalliseen miehitettyjen ilma-alusten valvontaan kilometrien tai muutaman kymmenen kilometrin säteellä. Maalien ilmaisukyky ei ole kuitenkaan parempi kuin perinteisellä pulssitutkalla, joten konseptilta vaaditaan muuta etua: parempaa taistelunkestävyyttä eli heikompa havaittavuutta tai häirittevyttä.

Onko kohina-aaltomuoto piilossa?

Kohinatutkasignaalin havaittavuutta selvitetään mittauskokeella, jossa kohinalähetin oli Tampereen Hatanpäässä ja tiedusteluvastaanotin reilun 6 kilometrin päässä Hervannassa (kuva 2). Koska välissä esteenä on puolet Fresnelin vyöhykkeestä tukkiva korkea mäki Hallilassa, vastaanotetun signaalin voimakkuus vastaisi kymmenien kilometrien tie-

dusteluetäisyyttä vapaassa tilassa, tai vaikka radiotiellä olisi kuvan poikkileikkauksessa näkyvä kaistale puustoakin. Koe todensi teorian perusteella tehdyn hypoteesin, että kohinatutkan signaali on itse asiassa melko helposti havaittavissa, vaikka sen tehotiheys jäisi tiedustelijan vastaanottimen kohinatason alapuolelle, eikä se siten ole suoraan spektristä huomattavissa.

Ulkoisen kohinasignaalin havaitseminen perustuu ristikorrelaation laskemiseen kahden erillisen vastaanotinkanavan välillä: Erillisten vastaanotinketjujen sisäiset lämpökohinat ovat luontaisesti toisistaan täysin riippumattomia, kun taas sama kohinatutkan lähete vastaanotetaan molemmissa normaalin kohinan seassa, joten sen aiheuttama korrelaatiopiikki saadaan selkeästi esiin, kunhan vain ristikorrelaatiota integroidaan riittävän pitkältä ajalta. Tästä voidaan johtopäätöksensä todeta, että kohinatutka ei ole varsinaisesti mikään häivetutka, jonka säteilemä energia katoaisi vastustajalta näkymättömiin. Sen sijaan suurin hyöty kohinalähteestä voi olla se, että sen luokittelu tutkimus signaaliksi tai ylipäänsä kohinan lähettämisen taktisen tai operatiivisen merkityksen päättelyminen voi olla vaikeaa.

Kansainvälinen yhteistyö

Tärkeimpänä antina kansallisen tutkimuksen toteuttamisesta kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön kytkettynä on kokemuksemme mukaan ollut tiedonvaihto ja verkostoituminen. Lisäksi arkisen tutkimustyön puurtamista motivoi yhteinen kansainvälisesti jaettu tutkimusaihe ja päämäärät, jotka todistavat tutkimuksen laajemmasta vaikutuksesta ja tarpeellisuudesta.

Koronaviruspandemian vuoksi kansainvälinen verkostoituminen on toistaiseksi ennen tutkimusryhmän viimeistä toimintavuotta jäänyt etäyhteyksien varaan, mikä luonnollisesti heikentää henkilötason kontaktien syventämistä, mutta ainakin nimet jäävät mieleen puolin ja toisin tulevaisuutta ajatellen. Tiedonvaihtona NATO STO:n tutkimusryhmään SET-287 tarjottiin Suomeen kertynyt laaja osaaminen in-band full-duplex -radioteknologiasta ja sen soveltamisesta kohinatutkan tapaukseen. Vastineena muilta kansakunnilta saatiin perehdyttäväksi heidän kohinatutkan suorituskykyä valmiiksi tulkitsemiaan mittaustuloksia, joiden tuottamiseen ei kansallisella tasolla siten ollut enää tarvetta käyttää resursseja.

Kansainvälistä vuorovaikutusta tuki myös se, että kyseinen työpaketti Puolustusvoimien tutkimusohjelmasta toteutettiin julkisella suojaustasolla ja ohjausryhmä peräti kannusti tieteellisten artikkelien kirjoittamiseen. Tampereen yliopiston ja Patrian yhteiset artikkelit itseishäiriön vaimentamisesta ja kohinatutkan havaittavuudesta saivatkin osakseen erityisen suurta huomiota Institute of Electrical and Electronics Engineersin (IEEE) tutkakonferensseissa maaliskuussa 2022 ja toukokuussa 2023. Yliopiston tuloksia on tavoitteenapulta arkistoida tieteelliseen lehtiartikkeliin.

Käyttökonseptin valinta

Korkeatasoisen kansallisen ja kansainvälisen tutkimustyön tuloksena käsissämme on todennettua tietoa kohinatutkan eduista ja käytännön toteutuksen reunaehdoista. Läpimurtoa tutkavalvonnan taistelunkestoan ei kohinatutkakonsepti tuo, mutta kiinnostavia mahdollisuuksia erityisesti lyhyen kantaman sovelluksiin näyttäisi olevan tarjolla. Merkityksellistä on, että tutkimustulosten avulla kohinatutkan käyttökonseptien vertailu ja saavutettavan suorituskyvyn suhde implementoinnin kustannuksiin voidaan nyt luotettavasti arvioida.

Kirjoittajat:

Tenure track -professori Taneli Riihonen on tutkimusryhmänjohtaja Tampereen yliopiston sähkötekniikan yksikössä alanaan kaikenlaiset radiojärjestelmät langattomasta tietoliikenteestä sensoreihin.

Tekniikan tohtori Jukka Ruoskanen toimii tutkimuslajohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolla radiotaajuisten sensorijärjestelmien tutkimusalalla.



Taistelijan toimintakyky

NORDEFECO-yhteistyötä sotilas- psykologian alalla

– selvitys henkilöarvioinnin käytännöistä sotilas-
lentäjien valinnoissa Pohjoismaissa



Suomalaiset ja ruotsalaiset lentäjät harjoittelevat toimintaa suomalaisessa maantietukikohdassa. (Kuva: Puolustusvoimat)

NORDEFECO on Pohjoismainen puolustusalan yhteistyöverkosto. Sen tarkoituksena on vahvistaa osallistujamaiden kansallista puolustusta, etsiä yhteisiä synergioita ja avustaa yhteisten tehokkaiden ratkaisujen luomisessa. Yhteistyöverkosto tarjoaa eri alojen asiantuntijoille mahdollisuuden vertailla käytäntöjään ja oppia toisiltaan. Yhteistyön puitteissa pohjoismaiset sotilaspsykologit vertailivat sotilaslentäjäkoulutusta varten toteutettavia psykologisia henkilöarviointeja. Mitä saatiin selville? Löydettiinkö eroja?

Taustaa

Joulukuussa 2017 pohjoismaiset sotilaspsykologit perustivat työryhmän NORDEFECO Cooperation Area Human Resources & Education, Working Group Military Psychology – Assessments & Selection. Nimensä mukaisesti ryhmän toiminta liittyy

henkilöstövalintoihin ja niissä toteutettaviin henkilöarviointeihin. Ryhmään osallistuu henkilöarvioinnin ja valintojen parissa työskenteleviä sotilaspsykologeja Norjasta, Tanskasta, Ruotsista ja Suomesta. Työryhmän toiminnan tavoitteiksi määriteltiin tiedon jakaminen osanottajamaiden kesken, tutkimuksen tehostaminen ja yhteisten kehittämisprojektien mahdollistaminen. Sotilastehtäviin liittyvien valintojen nähtiin Pohjoismaissa olevan monessa suhteessa samankaltaisia ja osallistujamaiden jakavan monia henkilöarviointiin ja sen tutkimukseen liittyviä intressejä.

Ryhmä kokoontui ensimmäisen kerran maaliskuussa 2019. Tuolloin päätettiin ryhmän ensimmäisen työn käsittelevän sotilaslentäjien valintoja. Valinnoista toteutettaisiin benchmarking-selvitys, jossa vertailtaisiin valintakäytäntöjä osallistujamaissa. Selvitys dokumentoitaisiin raportiksi, jossa tuodaan esille valintakäytäntöjen yhtenevyyksiä ja eroja.

Valintakäytäntöjen systemaattisen vertailun nähtiin tukevan osallistujia yhteisissä valintoihin liittyvissä haasteissa, kuten valintojen laadun parantamisessa, hakijoiden monimuotoisuuden huomioimisessa, syrjinnän välttämässä ja valintaan käytettävien resurssien tehokkaassa hyödyntämisessä.

Selvityksen tuottamiseen osallistui ilmailuvalintojen parissa työskenteleviä psykologeja. Norjasta ja Ruotsista kummastakin osallistujia oli kolme, Tanskasta kaksi ja Suomesta yksi. Ruotsi toimi ryhmän puheenjohtajamaana koko selvitystyön ajan. Ryhmä kokoontui kaikkiaan viisi kertaa. Kokoontumisista neljä järjestettiin fyysisinä tapaamisina ja yksi etäyhteyden välityksellä. Covid-pandemian vuoksi ryhmän työ keskeytyi kevään 2020 ja syksyn 2021 väliseksi ajaksi. Raportti Benchmarking Nordic Military Pilot Selection - A Comparison of Military Pilot Selection Processes and Psychological Selection Tools Used in Denmark, Finland, Norway and Sweden valmistui lupulta keväällä 2022.

Sotilaslentäjävalintojen rakenne

Sotilaslentäjävalintojen päämäärät ovat kaikissa Pohjoismaissa samat: maksimoida maan puolustuskyvyn kannalta keskeisen asejärjestelmän teho, varmistaa monia riskejä sisältävän lento toiminnan turvallisuus ja optimoida koulutuksen kustannustehokkuus. Tapa tehdä valintoja on pääpiirteittäin samankaltai-

nen. Valintaprosessit ovat monivaiheisia, ja kussakin vaiheessa hakijoiden tulee täyttää vaiheelle asetetut vähimmäiskriteerit päästäkseen seuraavaan vaiheeseen. Vaiheistuksella pyritään resurssien tehokkaaseen käyttöön siten, että työläimpiä arviointimenetelmiä käytetään valinnan myöhemmissä vaiheissa, jolloin karsitun hakijajoukon koko on pienempi.


Osallistujamaiden valinnoissa tunnistettiin kymmenen yhteistä vaihetta:

1. Hakukelpoisuuden tarkastus
2. Esikarsinta
3. Tiedonkäsittely- ja psykomotorisen kyvykkyyden testaus
4. Persoonallisuuden ja johtajapotentiaalin arviointi
5. Ilmailulääketieteelliset tutkimukset
6. Valintalautakunta
7. Peruslentokoulutus
8. Lento- ja upseerikoulutus
9. Palvelus lentäjänä
10. Valintojen seuranta ja palaute

Valintavaiheiden sisältö

Valintavaiheiden sisältöjä osallistujamaissa vertailtiin taulukoimalla ne rinnakkain (taulukko 1).

Taulukko 1. Valintavaiheiden sisältöjen vertailua – esimerkkinä hakukelpoisuudelle asetetut ehdot

			
Requirements	Requirements	Requirements	Requirements
N = ca. 600	N = ca. 600	N = 1000-1400	N = ca. 1300-1500
Requirements: Danish citizen Age preferably between 18-27 years Finished upper secondary education Sufficient school grades (Danish, maths, English) Physical, medical, psychological fitness (background information)	Requirements: Finnish citizen with fluency in Finnish language Age between 18-22 years Eligible for higher education Sufficient school grades (Finnish/Swedish, maths, English) Ability to swim (200 m) Physical, medical, psychological fitness (background information)	Requirements: Norwegian citizen with fluency in Norwegian age between 18-24 years Suited for conscription Achieved general university admission certificate Clean record. Physical fitness, good medical health ability to swim (200 m) minimum height 163 cm	Requirements: Swedish citizen, dual citizenship acceptable Age between 18-28. Approved secondary high school diploma Higher education eligibility Special requirements in Swedish, Mathematics, Civics, English. Health, medical and psychological fitness Conscription service fulfilled with sufficient grades before entering officer /flight school Registry/security clearance before military training
Selection based on online registration /application inspection	Max. two previous applications Conscript service not yet completed Selection based on application inspection	Selection based on online registration	Selection based on online registration/questionnaire

Valintaprosessi alkaa hakukelpoisuudelle asetettujen vaatimusten tarkastamisella. Hakukelpoisuusehdot liittyvät mm. hakijoiden ikään, kansalaisuuteen, koulumenestykseen ja jatko-opintokelpoisuuteen, kielitaitoon ja terveydentilaan. Ehdot ovat Pohjoismaissa samansuuntaiset. Eroja kuitenkin havaittiin hakijoiden yläikärajaan sekä kielitaitoon kohdistuvissa vaatimuksissa. Lisäksi sallittujen hakeutumiskertojen lukumäärässä maat poikkesivat toisistaan. Norjassa koulutukseen on mahdollista hakea vain kerran, Ruotsissa kaksi kertaa ja Suomessa kolme. Tanskassa hakukertojen määrää ei ole rajoitettu.

Kaikissa maissa hakijoille toteutetaan esikarsinta, jonka tavoitteena on seulontamenetelmiä käyttäen pienentää hakijamassaa seuraavia työläämpiä valintavaiheita varten. Esikarsinnassa tarkastellaan lääketieteellistä, fyysistä ja psykologista soveltuvuutta.

Seuraavana vaiheena valintaprosessissa on hakijoiden kognitiivisen kyvykkyyden arviointi. Arviointi keskittyy lentäjän tehtävässä keskeisiksi tunnistettuihin kyvykkyyden osa-alueisiin, kuten päättelykyky, työmuistin toiminta, avaruudellinen hahmotuskyky, monitehtäväsuoritus ja psykomotoriikka.

Valinnan seuraavassa vaiheessa keskitytään hakijoiden vuorovaikutusvalmiuksien, johtajapotentiaalin ja persoonallisuuden piirteiden arvioimiseen. Tämä toteutetaan osallistujamaissa ns. Assessment Centre -tyyppisellä arvioinnilla, joka voi sisältää haastatteluja, ryhmäkeskustelutilanteita, persoonallisuustestejä ja toiminnallisia tehtäviä. Kaikissa maissa psykologien ohella arviointiin osallistuvat myös kokeneet sotilaslentäjät.

Psykologisen arvioinnin ohella tärkeä osa sotilaslentäjien valintaa ovat ilmailulääketieteelliset tutkimukset. Tarkoituksena on arvioida hakijoiden soveltuvuutta terveydentilan, aistien toiminnan, fyysisen kunnon ja kehon mittojen osalta sekä muodostaa ennuste näiden vaikutuksesta myöhemmällä uralla. Työläytensä vuoksi lääketieteelliset tarkastukset sijoittuvat kaikissa maissa valintaprosessin loppupuolelle, jolloin hakijajoukko on jo huomattavasti pienentynyt.

Lopulliset valinnat koulutukseen tekee kaikissa maissa valintalautakunta. Valintalautakunta on moniammatillinen asiantuntijaelin, jossa ovat edustettuina sotilaita, psykologit ja lääkärit (pl. Tanska). Lautakunta kokoaa yhteen hakijoista valintaprosessin aikana kerätyn tiedon ja saattaa myös asettaa hakijat paremmuusjärjestykseen. Ruotsissa valintalautakunta päättää suoraan, mihin lentokalustoon (hävittäjä, helikopteri, kuljetus jne.) hakija koulutetaan, kun muissa Pohjoismaissa tämä valinta tehdään vasta myöhemmän koulutuksen aikana.

Peruslentokoulutuksesta sotilaslentäjäksi

Peruslentokoulutuksessa oppilaille opetetaan yksityislentäjän lupakirjaa vastaavat ilmailuteoreettiset tiedot ja harjoitteluun lentämistä potkurikäyttöisillä alkeiskoulukoneilla. Suomessa, Norjassa ja Tanskassa peruslentokoulutuksen aikana arvioidaan oppilaiden edellytyksiä suoriutua myöhemmästä koulutuksesta ja arvioiden perusteella osa heistä karsitaan. Ruotsissa lähtökohtaisesti kaikki peruslentokoulutukseen valitut pyritään kouluttamaan eteenpäin.

Peruslentokoulutuksen jälkeen alkaa varsinainen koulutautuminen sotilaslentäjäksi. Kaikissa Pohjoismaissa siihen yhdistyvät myös upseeriopinnot. Norja ja Tanska lähettävät oppilaansa Yhdysvaltoihin lentokoulutukseen, kun taas Suomi ja Ruotsi antavat koulutuksen kotimaassa. Ruotsia lukuun ottamatta koulutuksen aikana selviää, mihin lentokalustoon oppilaat suuntautuvat.

Valmistumisen jälkeen lentäjät aloittavat palveluksen ja koulutautumisen operatiivisiin tehtäviin lennostoissa. Norjassa, Tanskassa ja Suomessa lentäjät sitoutuvat palvelemaan valmistumisensa jälkeen n. 12 vuoden ajan. Ruotsissa lentäjiltä ei edellytetä palvelussitoumusta.

Valintaorganisaatiot eri maissa seuraavat valintojen onnistumista keräämällä tietoa valittujen oppilaiden suoriutumisesta koulutuksessa ja myöhemmällä uralla. Tietoa voidaan kerätä haastattelemalla kouluttajia ja seuraamalla oppilaiden opintomenestystä. Ruotsissa myös oppilaiden kokemuksia suoriutumisestaan kerätään haastattelemalla heitä useampaan otteeseen koulutuksen aikana. Valintojen toimivuutta seurataan myös tekemällä tilastolliseen analyysiin perustuvia validiteettitutkimuksia valinta-arvioiden ja suoriutumisen välisistä yhteyksistä.

Työskentely kansainvälisessä työryhmässä

Ryhmän työskentelykielenä oli englanti, eli kaikki ryhmän jäsenet toimivat itselleen vieraalla kielellä. Yhteinen kiinnostuksen kohde ja samanlaiset kokemukset helpottivat kuitenkin kommunikointia. Selvityksen tuottamisen ohella ryhmässä jaettiin tietoa osallistujamaissa tehdyistä lentäjävalintoihin liittyvistä tutkimuksista. Norjan ja Suomen edustajat esimerkiksi esittelivät sotilaslentäjän tehtävän vaatimuksia tarkastelleita tehtäväanalyysitutkimuksia. Lisäksi jaettiin kokemuksia osallistujamaissa käytössä olevista arviointimenetelmistä. Tiedon jakamisen todettiin vahvistavan keskinäistä luottamusta naapurimaiden kollegojen kykyihin tehdä laadukasta henkilöarviointia ja valita oikeita henkilöitä vaativiin tehtäviin.

Tiedon ja kokemusten jakamisen lisäksi työryhmän jäsenet kokivat tärkeänä tutustumisen saman aihepiirin parissa työ-

kenteleviin asiantuntijoihin. Kussakin maassa ilmailuvalintojen parissa työskentelee hyvin pieni joukko psykologeja, joten tilaisuuksia vuorovaikutukseen kollegojen kanssa on rajallisesti. Osallistujat kokivat arvokkaana mahdollisuuden laajentaa omaa työyhteisöään oman maan rajojen ulkopuolelle. Ryhmän osallistujat päättivätkin raportin valmistuttua jatkaa yhteistyötä perustamalla pohjoismaisen sotilasilmailupsykologian asiantuntijafoorumin, joka on tätä kirjoitettaessa kokoontunut jo kahdesti. Myös alkuperäinen NORDEFECO-työryhmä jatkaa työtään keskittyen seuraavaksi upseerikoulutusvalintoihin Pohjoismaissa.

Kirjoittaja:

Psykologian lisensiaatti Jaakko Kulomäki toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla sotilaspsykologian tutkimusalalla.

Kylmässä sukeltaminen heikentää sotilassukeltajien sydämen toimintaa



(Kuva: Harri Mäkitalo)

Sydämen toiminnasta erittäin kylmien olosuhteiden sukelluksilla on hyvin vähän laadullisilla tutkimusmenetelmillä hankittua tietoa. Viiden vuoden aikana Ruotsin Bodenissa NORDEFKO-yhteistyönä tehdyn sukellustutkimustoiminnan yhteydessä tarkasteltiin sydämen toimintaa ultraäänellä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mahdollisia muutoksia sydämen toiminnassa sukeltamisen ja samanaikaisen kylmäaltistuksen määrän lisääntyessä. Tuloksien perustella voitaisiin antaa suosituksia sukellusturvallisuuden parantamiseksi.

Mitä tiedettiin ennen tutkimusta kylmäsukeltaamisen riskeistä ja kylmän veden vaikutuksista sydämen toimintaan?

Sukeltamiseen erittäin kylmässä vedessä liittyy monenlaisia riskejä, kuten fyysisen ja psykologisen toimintakyvyn lasku, suurentunut riski sukeltajantaudille ja mahdollisuus

alilämpöisyyden kehittymiselle. Mentäessä kylmään veteen tahdosta riippumattoman hermoston molempien osien (parasympaattinen ja sympaattinen osa) nopean samanaikaisen aktivoitumisen seurauksena riski sydämen rytmihäiriöille kohoaa ainakin hetkellisesti.

Kylmän veden vaikutuksista sydämen toimintaan sukeltamisen aikana on hyvin vähän tutkittua tietoa. Tätäkin vähemmän tietoa löytyy siitä, miten toistuva altistus vaikuttaa sydämen toimintaan. Seuraavia aikaisemmista tutkimuksista saatuja tuloksia on hyvä pohtia ja verrata tutkimukseemme, vaikka nämä eivät suoraan kerro mitään sydämen toiminnan todennäköisistä muutoksista sukeltaessa sukelluslaitteella kylmässä vedessä.

Vapaasukeltajilla on aikaisemmin todettu sukeltamisen jälkeen mitatun sydämen pumppaustoiminnan ja erityisesti vasemman kammion toiminnan heikentyvän. Toisaalta

tutkijat ovat osoittaneet, että kun mennään veteen jättäen pää vedenpinnan yläpuolelle, sydämen pumppaustoiminta erityisesti vasemmassa kammiossa vahvistuu. Tulokset ovat osin ristiriitaisia, mutta löydösten erilaisuuteen voivat vaikuttaa mm. hengityksen pidättäminen vapaasukelluksella, kasvojen joutuessa veteen aktivoituvat heijastereaktiot sekä erilaisista vedenpaineista ja altistumisajoista johtuvat toisiinsa poikkeavat elimistön fysiologiset reaktiot.

Koska merkittävä osa siviilisukeltamiseen liittyvistä kuolemista johtuu vähintäänkin epäsuorasti sydämen toimintahäiriöstä, on perusteltua tutkia, miten eri olosuhteet, joissa Suomen puolustusvoimien sukeltajat toimivat, vaikuttavat sydämen toimintaan.

Tutkimuksen tausta ja käytännön toteutus

Vuonna 2010 käynnistettiin Nordic Defense Cooperation (NORDEFECO) -yhteistyönä sotilassukeltamiseen liittyvä yhteistyöhanke. Yhteistyön tarkoituksena on parantaa sukellusturvallisuutta arktisissa olosuhteissa, jakaa tietoa sekä selvittää osallistujamaiden (Ruotsi, Norja, Tanska ja Suomi) yh-

teisten materiaalihankkeiden mahdollisuuksia. Varsinainen, lopulta viisi vuotta kestänyt, koetoiminta aloitettiin vuonna 2012 Ruotsin Bodenissa. Tutkimusluvan antoi Pääesikunnan logistiikkaosasto, kun Tampereen yliopistollisen sairaalan eettinen lautakunta oli ensin käsitellyt ja puoltanut tutkimusta.

Tutkimukseen osallistui neljä suomalaista Merivoimien sukeltajaa, jotka sukelsivat kerran päivässä neljänä perättäisenä päivänä (kaksi sukeltajaa) tai kaksi kertaa päivässä kahtena perättäisenä päivänä (yksi sukeltaja) tai vaihtoehtoisesti kolmena perättäisenä päivänä (yksi sukeltaja). Ilman lämpötila oli tutkimuksen aikana pääasiassa auringonvalosta riippuen +3,4 – -23 °C. Sukellukset tehtiin virtaavassa joessa, jossa veden lämpötila oli -0,1 °C koko tutkimuksen ajan. Sukeltajat aloittivat sukelluksen ja laskeutuivat joen pohjaan 6 metrin syvyyteen, jossa he olivat koko sukelluksen ajan mahdollisimman paikoillaan. Sukellusten kesto vaihteli 45 ja 91 minuutin välillä ja oli keskimäärin noin tunnin.

Lääkäri suoritti sydämen ultraäänimittaukset ensimmäisenä aamuna ennen sukelluksia ja jokaisena päivänä sukellusten jälkeen.



Yliääkäri Tomi Wuorimaa suorittaa sydämen ultraäänimittauksia sukeltajalle. (Kuva: Harri Mäkitalo)

Tulokset ja pohdintaa

Tutkimuksen mittauksissa sukeltajilla havaittiin asteittaista, lievää vasemman kammion diastolisen eli lepovaiheen toiminnan heikentymistä sukellusmäärän kasvaessa. Kuitenkin kaikki mittaustulokset säilyivät normaalitoiminnan rajoissa. Samalla kun kammion lepovaiheen toiminta heikkeni, eteisen supistusvaiheen toiminta vahvistui ja kompensoi heikentyvää kammio toimintaa. Tulos on uusi – sitä ei ole kuvattu aikaisemmissa tutkimuksissa.

Mahdollisia selityksiä kuvatulle muutokselle voisi löytyä tahdosta riippumattoman hermoston toiminnan muutoksista kylmäsuikelluksilla. Aikaisemmin on todettu, että perättäisillä sukelluksilla tahdosta riippumattoman hermoston vaikutukset heikkenevät hieman. Lisäksi mahdolliset elimistön kylmään tottumiseen liittyvät muutokset voivat vaikuttaa tuloksiin. Esimerkiksi rotilla tehdyissä tutkimuksissa on aikaisemmin todettu kylmäaklimatisaation lisäävän sydämen lepovaiheen lopun verivolyyomia. Lisäksi kylmän ilman hengittäminen on voinut vaikuttaa mahdollisesti vähentämällä sepelvaltimoiden verenvirtausta. Toisaalta viimeksi kuvattu mekanismi tuskin selittää toistuvien sukellusten yhteydessä ilmenneen asteittain etenevän muutoksen.

Sydämen syke laski merkittävästi sukellusten aikana, mikä on linjassa samantyyppisissä olosuhteissa tehtyjen aikai-

sempien tutkimusten kanssa. Vaikka muutokset vasemman kammion toiminnassa olivat suurelta osin yhteneväisiä, olisi perusteltua varmistaa tulokset suuremmalla tutkittavien ja tutkimussukelluksien määrällä.

Miten tuloksia tulisi hyödyntää käytännön sukellustoiminnassa?

Tutkimuksemme ilmennyt asteittainen sydämen toiminnan heikentyminen tulisi huomioida suunniteltaessa käytännön sukellustoimintaa ja määriteltäessä terveydellisiä sukelluskelpoisuusvaatimuksia. Vaikka sydämen toiminta säilyi tutkimushenkilöillä normaalin rajoissa, on mahdollista, että sydänsairaille henkilöillä tilanne olisi ollut eri. Sydän- ja verisuonitautien riskitekijöitä tulisi tämän vuoksi arvioida tarkkaan sukelluskelpoisuustarkastuksien yhteydessä.

Tutkimuksemme ei anna vastauksia sille, miltä sydäntoiminta olisi näyttänyt, jos sukeltamista olisi jatkettu yli neljänä perättäisenä päivänä. Sukellustoimintaa voisi olla järkevää suunnitella niin, ettei sukelta liian monta perättäistä päivää erittäin kylmissä olosuhteissa. Mikäli kylmissä olosuhteissa joudutaan sukeltamaan pidempi jakso, olisi perusteltua suunnitella sukeltamiseen välipäiviä sydämen toiminnan palauttamiseksi.

Kirjoittajat:

Hallintoylilääkäri, lääkintäkapteeniluutnantti Richard Lundell toimii Sotilaslääketieteen keskuksen Kenttälääkinnän palveluyksikön apulaisjohtajana. Lundell on Helsingin yliopistolta sukelluslääketieteen alalta väitellyt erikoislääkäri, jolla on Maanpuolustuskorkeakoululla sukelluslääketieteen dosenttuuri.

Ylilääkäri, lääketieteen tohtori ja kliinisen fysiologian erikoislääkäri Tomi Wuorimaa on usean vuoden ajan johtanut Puolustusvoimien Sukelluslääketieteen keskusta, joka on Suomen viranomaissukeltamisesta vastaava lääketieteellinen asiantuntijayksikkö. Wuorimaa aloitti 1.10.2023 uudessa tehtävässä Rajavartiolaitoksen ylilääkärinä.

Sotilaan toimintakyvyn kehittäminen kansainvälisessä tutkimusyhteistyössä

Tässä artikkelissa käsitellään sotilaan toimintakykyyn keskittyvän NATO STO Human Factors and Medicine -paneelin tutkimustyöryhmien tuloksia. HFM-paneelin tehtävänä on optimoida ihmisten terveyttä, suojelua, hyvinvointia ja suorituskykyä eri toimintaympäristöissä tieteen ja teknologian avulla. Tämä sisältää fysiologisen, psykologisen ja kognitiivisen toiminnan ymmärtämisen ja yhteensopivuuden varmistamisen sotilashenkilöstön, teknisten järjestelmien, erilaisten sotilastehtävien ja -ympäristöjen kanssa.

Artikkeli on jaettu kolmeen osaan, joissa keskitytään ensinnä kokonaisvaltaiseen toimintakykyyn, toiseksi osaamiseen ja oppimisympäristöihin sekä lopuksi tarkastellaan näiden keskeisiä havaintoja ja sitä, miten nämä tutkimukset ovat hyödynnettävissä omassa toimintaympäristössämme.

Naton tiede- ja teknologiaorganisaatio (Science and Technology Organisation, STO) on Naton pääasiallinen puolustustieteen ja -teknologian järjestö. Sen tehtävänä on edistää ja toteuttaa tutkimusyhteistyötä Natossa. Yli 70 vuoden historiansa aikana NATO STO -verkosto on kasvanut suurimmaksi kansainväliseksi puolustus- ja turvallisuusalan tutkimusverkostoksi, joka yhdistää Naton jäsen- ja kumppanimaiden yli 6 000 eri alojen tutkijaa, insinööriä ja analyttikkoa niin asevoimista, teollisuudesta kuin myös akateemisesta maailmasta.

Käytännön tutkimustyö on jaettu tutkimusaloittain eri paneelisiin ja niiden alaisiin tutkimusaktiviteetteihin:

- Applied Vehicle Technology (AVT)
- Human Factors and Medicine (HFM)
- Information Systems Technology (IST)
- System Analysis and Studies (SAS)
- Systems Concepts and Integration (SCI)
- Sensors and Electronics Technology (SET)
- NATO Modelling and Simulation Group (NMSG)

Yleisimmät työskentelymuodot paneeleissa ovat noin vuoden mittainen esiselvitystyöryhmä (Exploratory Team, ET), 2–3 vuotinen tutkimustyöryhmä (Research Task Group, RTG) sekä kertaluonteiset työpajat (Research Symposium,

RSY). Uudet tutkimusaktiviteetit käsitellään jäsenmaiden hakemusten perusteella ja päätös aktiviteetin hyväksymisestä tai hylkäämisestä tehdään paneelien syys- ja kevätkokouksissa.

Työryhmiä hyödyntämällä saamme ajankohtaista tutkimustietoa eri maista ja pystymme kehittämään omaa tutkimustamme ja koulutustamme näiden mukaisesti. Tutkimustyöryhmien työskentely toteutetaan lähitapaamisilla (2–3 kertaa vuodessa) sekä säännöllisillä etäpalavereilla. Näin pystytään hyödyntämään kunkin osallistujamaan resursseja mahdollisimman tehokkaasti.

Kokonaisvaltaiseen toimintakykyyn liittyvät tutkimusryhmät

Toimintakyky kylmissä olosuhteissa – NATO HFM-310 Human Performance and Medical Treatment and Support During Cold Weather Operations

HFM-310-työryhmän tavoitteena on ollut tuottaa, päivittää ja jakaa eri maiden kokemuksia ja olemassa olevaa tietoa mm. varustuksesta, ravitsemuksen erityispiirteistä sekä sairastumisien ja paleltumien ennaltaehkäisystä. Työryhmän tarkoituksena on myös ollut kerätä fysiologista mittausdataa ja tutkia, miten ihmiskeho toimii kylmissä olosuhteissa. Tutkimusryhmään kuului 23 henkilöä yhteensä 10 maasta. Tutkimusryhmän avulla on pyritty saamaan yhteinen ymmärrys arktisen alueen toimintakyvyn optimoinnin ja tehostamisen menetelmistä, niiden haasteista ja käytännön toimista.

Hankkeen aikana on kerätty kylmässä ympäristössä toimimisen hyviä käytänteitä sekä tietoa siitä, miten ennaltaehkäistään ja hoidetaan eriasteisia kylmävammoja tehokkaasti. Kerätyn tiedon pohjalta pyritään luomaan toimintamallit eri tilanteisiin. Aiemmin aiheeseen liittyen Puolustusvoimilla oli yhteistyössä Työterveyslaitoksen kanssa ”Sotilas kylmässä: Terveys, toimintakyky ja suojaus” -tutkimushanke vuosina 2003–2007. HFM-310 on jatkoa vuonna 2014 järjestetyille kansainväliselle kaksipäiväiselle työpajalle HFM-225 – ”Cold Extreme Environments Operations”.

Kokonaisuutena HFM-310-tutkimusprojekti on ollut antoisa. Se on keskittynyt etenkin varusteisiin ja lääketie-

teellisiin haasteisiin kylmissä olosuhteissa toimimisessa. Aiheeseen liittyvän HFM-349-symposiumin (lokakuu 2023, Washington DC, USA) myötä saatiin paljon tietoa myös muista sotilaan toimintakykyyn ja kylmyyteen liittyvistä tekijöistä (mm. ravinto ja koulutus).

HFM-310-loppuraportti kokoaa yhteen hankkeen aikana eri maissa tehdyt tutkimukset ja tarjoaa näin ollen kattavan paketin myös Puolustusvoimien käyttöön. Suomesta löytyy runsaasti käytännön tietoa kylmissä olosuhteissa toimimisesta niin Puolustusvoimista kuin myös kansallisista tutkimuslaitoksista, kuten Työterveyslaitoksesta. Kuitenkin jatkossa on tärkeää kerätä myös tutkimustietoa eri koulutus-tilanteista ja aselajeista kylmissä olosuhteissa sekä siitä, miten sotilaan toimintakykyä voidaan entistä paremmin tukea uudenaikaisella varustuksella ja koulutuksella.

NATO HFM-RSY-349 Human Performance and Medical Treatment and Support During Cold Weather Operations, Washington DC, USA, 17.–19.10.2022

NATO HFM-349 symposium järjestettiin NATO HFM-paneelin yhteydessä Washington DC:ssä 17.–19.10.2022, ja siihen osallistui yhteensä 156 osallistujaa 16:sta eri maasta. Symposium-esitykset jakaantuivat Keynote-luentoihin ja Thematic session / panel -esityksiin. Jokaisen päivän avasi 45 minuutin Keynote-luento, jota seurasi 1–3 teemakokonaisuutta, joissa kussakin oli 3–5 kappaletta 15–20 minuutin asiantuntijaesityksiä. Symposiumin esitykset käsitelivät sotilaan toimintakykyä kylmissä olosuhteissa sekä kylmävammoja ja niiden tunnistamista sekä hoitoa lääketieteellisestä näkökulmasta.

Kokonaisuudessaan symposium oli onnistunut ja sai paljon kiitosta NATO HFM-paneelin edustajilta. He olivat yksimielisiä, että symposiumin tieteellinen taso oli korkea, ja ansiokkaiden esitysten avulla saatiin aikaan tärkeää keskustelua seuraavista askeleista sotilaiden kylmätutkimuksessa. Symposiumin aikana nousi esiin korkea kiinnostus Suomen sotilaallisesta osaamisesta ja toimintakyvyn ylläpidosta kylmissä olosuhteissa sekä käytännön toiminnan että koulutuksen näkökulmasta. Tämä on yksi Suomen mukanaan tuoma vahvuus Natoon liittyessämme. Suomelta toivottiin aktiivista yhteistyötä Norjassa olevan Cold Weather Operations – Center of Excellencen kanssa sekä kylmätutkimuksen että kylmässä toimimisen koulutuksessa.

Erilaisia ideoita ja tulevaisuuden tutkimuskysymyksiä nousi esille eri teemoista. Jatkossa on paremmin mietittävä tutkimusyhteistyötä eri tutkimuskysymyksissä (esim. varustus/vaatus, vammojen ennaltaehkäisy ja hoito, mallintaminen). Kylmävammojen hoidon ohjeistus tulee tehdä yhtenäiseksi. Tutkimuksen lisäksi on tärkeää kehittää kylmissä olosuhteissa toimimisen koulutusta käytännön olosuhteissa. Pohjois-

maissa (Suomi, Ruotsi ja Norja) on paljon tietoa käytännön toiminnasta kylmissä olosuhteissa, ja niiden osaamista tulee tulevaisuudessa hyödyntää etenkin koulutuksen kehittämisessä. On tärkeää, että osaavan koulutuksen avulla pystytään valmistamaan sotilaita toimimaan kylmissä olosuhteissa. Tällöin ennaltaehkäistään tehokkaasti myös paleltumia ja muita kylmävammoja. Kuitenkin myös näiden hoitoa tulee edelleen kehittää ja etsiä tehokkaampia keinoja ennaltaehkäistä niitä esimerkiksi parantuneiden varusteiden avulla.

Symposiumin yhteenvedona todettiin, että ennakkovalmistautuminen ja kouluttautuminen ovat tärkeimmät ja tehokkaimmat keinot kylmävammojen ehkäisyssä. On myös muistettava, että yksilölliset erot kylmästressiä kohtaan voivat olla suuriakin sekä fysiologian että psykologian näkökulmasta katsoen. Ihminen pystyy muuntautumaan eri tilanteisiin, mutta tarvitsee käytännön harjoittelua päästäkseen asetettuihin tavoitteisiin.

Toimintakyvyn tehostaminen – NATO HFM-365 Human Capability & Survivability Enhancement: Augmenting people to deliver an enhanced and more resilient capability for defence

NATO HFM-365 -työryhmän tavoitteena on kuvailla, koota ja jakaa eri maiden tietoa ja kokemuksia nykyisistä ja tulevasta toimintakyvyn optimoinnin ja tehostamisen keinoista sekä teknologioista sotilasympäristössä. Samalla on tarkoitus tarkastella, mikä on näiden ohjelmien käytettävyyttä ja tehokkuus lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. HFM-365-työryhmään kuuluu 21 jäsentä 10 eri maasta.

Hankkeen aikana on tarkoituksena saada yhteinen ymmärrys toimintakyvyn muokkaamisen eri menetelmistä, niiden haasteista ja käytännön toimista. Lisäksi pyritään arvioimaan toimintakyvyn heikkenemistä ja siihen liittyvien menetelmien käyttöä taistelukentällä. Hankkeella pyritään selvittämään, kuinka toimintakyvyn tehostamisen erilaisia keinoja ja teknologioita pystyttäisiin tehokkaimmin käyttämään sotilasympäristössä ja kuinka niiden suorituskykyä parantavaa vaikutusta pystyttäisiin mittaamaan toimintakyvyn eri osa-alueilla. Tämän pohjalta luodaan toimintaohjeet eri tilanteisiin, joissa näitä keinoja olisi tarpeellista ja laillista tai eettistä käyttää.

Hankkeessa on kolme työpakettia, joilla kullakin on oma tarkastelukohtansa: Human Performance Optimization (FA1) keskittyy jo olemassa oleviin ohjelmiin ja toimintakyvyn mitalaitteistoihin. Human Performance Enhancement (FA2) puolestaan tarkastelee etenkin toimintakyvyn tehostamiseen liittyviä keinoja ja teknologioita. Ethics (FA3) taas keskittyy toimintakyvyn tehostamisen ja kehittämisen laillisiin ja eettisiin näkökulmiin ja luo toimintaohjeistuksen eri tilanteisiin.

Kokonaisuutena HFM-365-tutkimusprojekti on laaja. Eri työpakettien avulla saadaan kuitenkin paljon tärkeää tietoa eri näkökulmista toimintakyvyn kehittämisessä ja tehostamisessa. Sen myötä Puolustusvoimat saa tietoa, jonka tuottaminen itse vaatisi paljon resursseja ja ulkopuolista yhteistyötä.

Kognitiivisen toimintakyvyn mittaamisen menetelmät – NATO HFM-319 Measuring the Cognitive Load on the Soldier

Sotilaan kognitiivisen toimintakyvyn ja resilienssin (stressin sieto- ja palautumiskyky) tutkimus, koulutus ja tukeminen ovat nousseet viime vuosina merkittävästi esille eri maiden asevoimissa. Informaation lisääntyminen ja taistelukentän teknistyminen ovat osaltaan lisänneet kognitiivista kuormaa. Kognitiivinen toimintakyky on sotilalle keskeinen psyykkisen toimintakyvyn osa-alue, jolla viitataan muun muassa taistelijan edellytyksiin selviytyä tarkkaavaisuuteen, havainnointiin, tiedon käsittelyyn ja prosessointiin sekä päättelyyn ja ongelmanratkaisuun liittyvistä haasteista. Sotilaan on kyettävä toimimaan rationaalisesti ja johdonmukaisesti psyykkisesti ja fyysisesti kuormittavassa tilanteessa.

Naton tiedeyhteisön piirissä on yhtäältä tunnistettu tarve huomioida taistelijan kognitiivinen toimintakyky teknistyvässä toimintaympäristössä ja toisaalta havaittu monenkirjavat menetelmät kognitiivisen toimintakyvyn toteamisessa ja tukemisessa. HFM-319-työryhmän tavoitteena oli luoda yhteinen näkemys kognitiivisen kuormituksen mittaamenetelmistä ja vaikutuksista sotilaan suorituskykyyn. Työryhmä on määritellyt keskeiset käsitteet, teoriat ja sotilastehtävät (skenaariot) sekä tarkastellut kriittisesti aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyjä menetelmiä ja tutkimustuloksia. Työryhmä tuottaa suosituksen sotilaan kognitiivisen kuormituksen mittaamiseksi eri tehtävissä. Työryhmän tuloksia on voitu hyödyntää suoraan Puolustusvoimien tutkimus- ja kehitystyössä muun muassa erikoisjoukkosotilaan toimintakykytutkimuksissa sekä toimintakyvyn tukemisessa.

Ihmisen ja tekoälyn rajapinnat – NATO HFM-330 Human Systems Integration for Meaningful Human Control Over AI-based Systems

Tekoäly ja autonomiset järjestelmät asettavat uusia haasteita järjestelmien operoinnille ja ihminen–kone-rajapinnoille. Useimmat läntiset armeijat kannattavat tiukkaa human-in-the-loop-periaatetta, jonka mukaan ihmisellä täytyy olla viimeinen kontrolli päätettäessä hyödyntää autonomisia tai autonomisia piirteitä sisältäviä aseita. Tekoälyn käyttöä Natossa säätelevät ns. vastuullisen käytön periaatteet. Jotta päätöksentekijää voidaan pitää vastuullisena päätöksistä ja toimista, tulee hänellä olla riittävästi tietoa päätöksenteon perusteena olevan tekoälyn tuottaman tiedon ja ratkaisujen perusteista.

NATO HFM-330 -työryhmän tavoitteena on tuottaa suuntaviivoja ja suosituksia ihmisen mielekkäille tavoille ohjata tekoälypohjaisia järjestelmiä. Tavoitteena on määrittellä ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutukseen liittyvät kontrolliperiaatteet, menetelmiä kontrollin mittaamiseksi ja arvioimiseksi sekä integroida työryhmän työ muihin relevantteihin Nato-aktiviteetteihin. Työryhmä lähestyi tutkimusaihetta erityisesti Human Factorsin ja kognitiotieteen näkökulmasta ja on muun muassa määritellyt aiheeseen liittyvät keskeiset käsitteet ja niiden suhteet, skenaariot ja mahdolliset virhelähteet ja kontrollipisteet päätöksentekoprosessissa. Työryhmä tuottaa suosituksen tekoälypohjaisten järjestelmien ohjaustavoille Natossa.

Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus sotilaskäytössä – HFM-IST-200 Extended Reality (XR) technology for mediated communication

Etätyön ja etäläsnäolon mahdollistavien teknologioiden merkitys on kasvanut viime aikoina, mm. COVID-19-pandemian myötä. Työnteon tukemisen lisäksi teknologiaa pyritään hyödyntämään uudella tavalla myös viihdeteollisuudessa, esimerkiksi kehittämällä mahdollisuuksia osallistua teknologiavälitteisesti konsertteihin ja urheilutapahtumiin. Myös virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden teknologioita hyödynnetään yhä enemmän sosiaalisen läsnäolon ja vuorovaikutuksen mahdollistamisessa. Teknologijatit ovat tehneet suuria panostuksia kehittämällä uudenlaisia lisätyn todellisuuden laitteita, esimerkiksi Microsoftin Hololens ja Applen Vision Pro. Erityisen kunnianhimoinen on Metan (ent. Facebook) visioima virtuaalimaailmoja toisiinsa yhdistävä metaversumi.

Myös sotilastoiminnassa virtuaali- ja lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää laajasti. Sosiaalisen vuorovaikutuksen ja yhteistyön mahdollistavia virtuaaliympäristöjä voidaan hyödyntää mm. tukemaan hajautettua johtamista ja suunnittelua sekä välittämään tilannetietoa taistelutekniseltä tasolta aina sotilasstrategiselle tasolle. Virtuaali- ja lisätyn todellisuuden teknologioita kehitetään pääasiassa teollisuuden ja viihdeteollisuuden panostuksilla ja tällöin sotilastoiminnan asettamien haasteiden ratkaisemiseen ei välttämättä keskitytä riittävästi. Esimerkiksi tietoturvaan, sähkömagneettisen säteilyn hallintaan, ulkokäyttöön sekä akkujen kestoon liittyvät teknologiset haasteet eivät välttämättä tule huomioiduksi riittävästi, mikäli laitteita ja sovelluksia kehitetään siviilimarkkinoille. Yhdysvaltain asevoimat onkin kehittänyt jalkavaen taistelijan lisätyn todellisuuden IVAS-laitetta (kuva 1) yhteistyössä Microsoftin kanssa, ja siviilimarkkinoille suunnatusta Hololens 2 -laitteesta on näin muokattu taistelijan varusteisiin sopiva ja ulkokäyttöä kestävä versio.

HFM-IST-200-työryhmän (Extended Reality (XR) technology for mediated communication) tavoitteena on arvioida

nykyisten virtuaali- ja lisätyn todellisuuden laitteiden ja sovellusten käytettävyyttä sotilastoiminnassa sekä tunnistaa niitä käyttökohteita, joissa näistä teknologioista olisi eniten hyötyä. Lisäksi tavoitteena on arvioida sotilaskäyttöön liittyviä tietoturvaluonnetuksia ja inhimillisten tekijöiden (human factors, mm. virtuaalipahoinvointi) vaikutusta näiden teknologian hyödynnettävyydelle. Työryhmään osallistuminen tukee tulevien XR-teknologian käyttökohteiden tunnistamisessa Puolustusvoimissa.

Eettisen toimintakyvyn ohjeistus johtajille – NATO HFM-352 Moral Challenges in the Future Security Environment (FSE): Guidance for Leaders

NATO HFM-352 -työryhmä pyrkii tunnistamaan tulevaisuuden turvallisuusympäristössä (FSE) vaikuttavia eettisiä ja moraalisia haasteita ja luomaan tietopohjaa näistä haasteista selviämiseen sekä yksilöiden että yhteisöjen tasolla. Tavoitteen saavuttamiseksi työryhmä pyrkii ensinnäkin määrittämään ne keskeiset eettiset haasteet, joihin eri jäsenvaltioiden asevoimat voivat Nato-operaatioissa kohdata. Toisena tavoitteena on arvioida näiden haasteiden mahdolliset vaikutukset asevoimien henkilöstön toimintakykyyn. Työryhmä pyrkii avaamaan määrittelyn ja arvioinnin tulokset niin, että lopputuloksena on pataljoonataso (OF-4-tasosta ylöspäin) sotilasjohtajille laadittu ohjeistus heidän oman henkilöstönsä kouluttamiseksi eettiseen päätöksentekoon, sen tukemiseen sekä toisaalta eettisistä dilemmoista seuraavien ongelmien (moral stress/moral injury) käsittelyyn.

Työryhmä on aloittanut toimintansa syksyllä 2022, ja lopuraportti on tarkoitus jättää vuoden 2025 keväällä. Aiheen luonteen vuoksi työryhmä on tarkoituksellisesti monitieteinen. Edustettuina ovat muun muassa lääketiede, psykologia, teologia, filosofia, sotatieteet ja kasvatustieteet. Työryhmä myös hyödyntää muiden asian tiimoilta työskentelevien työryhmien työtä. Esimerkkinä mainittakoon eettistä johtamista käsitellyt NATO HFM-304 -työryhmä, jossa Suomi oli edustettuna. Kansallisuuksia on edustettuna kahdeksan Kanadan toimiessa johtovaltiona. Koska eri kansallisuuksien ja asevoimien hallinnolliset ja kulttuuriset ratkaisut vaikuttavat niiden käytössä oleviin toimintamalleihin merkittävästi, on

työryhmässä nähty tarpeelliseksi kerätä tietoa mahdollisimman laajasti. Tämän vuoksi työryhmä käyttää työssään myös aikaa vieviä RFI (Request for Information) -menettelyjä saadakseen kattavasti tietoa eri asevoimien käytännöistä.

Kokonaisuutena HFM-352-tutkimusprojekti on laaja. Lopputuloksena kuitenkin tavoitellaan kokonaisuutta, joka helpottaa erilaisten moraalisten näkemysten yhteensovittamista sekä henkilöstön kouluttamista ja tukemista eri asevoimien yhteisoperaatioissa.

Henkilöstön pysyvyys asevoimissa – NATO HFM-318 Personnel Retention in the Armed Forces

Sotilashenkilöstön pysyvyys ja asevoimien niin sanottu pitovoima työnantajana on viimeaikaisten trendien mukaan heikentynyt sekä kansallisesti että globaalisti tarkasteltuna. Haasteen vakavuutta lisäävät demografiset muutokset, kuten pienentyvät ikäluokat kehittyvissä maissa. Henkilöstön pysyvyyden tutkimusta varten on perustettu ryhmä, joka työskentelee vuosina 2022–2025, ja siihen kuuluu kaikkiaan 14 osallistujamaata. Valtaosa nimetyistä tutkijoista työskentelee pääsääntöisesti myös omien kansallisten työilmapiiri- ja työhyvinvointitutkimusten parissa.

Tutkimuksen ja tutkimusryhmän tavoitteena on kehittää tieteellisesti pätevä kansainvälinen tutkimusmenetelmä, jonka avulla kartoitetaan asevoimien (sotilas)henkilöstön pysyvyyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi tuotetaan synteesi niistä päätekijöistä, jotka vaikuttavat edellä mainitun henkilöstön pysyvyyteen ja eroamiseen, sekä suosituksia toimintamalleiksi, strategioiksi ja ohjelmiksi, joiden avulla henkilöstön pysyvyyttä ja irtisanoutumisia voidaan hallita.

Työskentelyn osatavoitteina ovat seuraavat: avainkäsitteiden määrittely, kansallisten taustatietojen sekä käytäntöjen ja strategioiden selvittäminen, kansalliset raportit lopulliseen julkaisuun sekä ylikansallinen pysyvyyttä kartoittava kyselytutkimus, jonka tulokset julkistetaan lopullisessa raportissa. Tutkimusryhmä tulee hyödyntämään kansallisista kyselyistä kertynyttä vastausdataa, jonka avulla kehitetään malli kuvaamaan asevoimien henkilöstön pysyvyyden elementtejä ja

Taulukko 1. Virtuaali-, lisätty ja yhdistetty todellisuus. Toisinaan näistä käytetään yhteisesti termiä laajennettu todellisuus (XR, extended reality).

Virtuaalitodellisuus	Lisätty todellisuus	Yhdistetty todellisuus
Virtual reality (VR)	Augmented reality (AR)	Mixed reality (MR)
Käytetään yleensä virtuaalitodellisuuslaseilla, joilla esitetään tietokonegraafikalla tuotettu virtuaaliympäristö. Ei näkymää fyysiseen todellisuuteen. Laite rekisteröi pään liikkeitä ja mahdollistaa ympäristöön tutustumisen päättä kääntämällä.	Voidaan käyttää läpikuultavilla lisätyn todellisuuden laseilla. Näkymä fyysiseen maailmaan mahdollistaa tietokonegraafikalla tuotetun virtuaalisen sisällön sijoittamisen sinne.	Yhdistää VR:n ja AR:n toiminnallisuutta, mutta mahdollistaa monipuolisemman fyysisen ympäristön ja virtuaalisen sisällön vuorovaikutuksen, mm. oikeiden rakennusten takaa tulevat virtuaaliset ajoneuvot ja niihin vaikuttaminen instrumentoiduilla aseilla.



Kuva 1. Yhdysvaltalaiset yhdistetyn todellisuuden IVAS-lasit (Integrated Visual Augmentation System) testikäytössä. (Kuva: Wikimedia Commons, Courtney Bacon)

yhteyksiä. Tämä malli tulee myöhemmin olemaan vapaasti hyödynnettävissä kaikissa osallistujamaissa. Mallin luomiseksi tehdään vertailevia analyyseja (comparative analyses) yhdistettyjen kansallisten datojen avulla.

Kyselyn lisäksi tutkimusryhmä tarkastelee muutakin käsitteellistä, empiiristä ja metodologista aineistoa ja analysointia liittyen tutkimusaiheeseen, ja näiden aiheiden tiimoilta tehdään (kysely)tutkimus eri maiden henkilöstöalan asiantuntijoille.

Tutkimusryhmän lopullisena tavoitteena on luoda tieteellisesti pätevä ylikansallinen mittari, jonka avulla kartoitetaan henkilöstön pysyvyyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä, sekä mallinnus siitä, mitkä tekijät vaikuttavat puolustusvoimissa henkilöstön veto- ja pitovoimaan. Tutkimuksen tuloksia tullaan esittelemään muun muassa kansainvälisissä konferensseissa (esimerkiksi ERGOMAS tai ISA, RC 01) ja julkaisuissa. Suomen näkökulmasta tutkimuksella on luontevia yhteyksiä puolustusvoimallisiin tutkimuksiin, kuten palkatun henkilöstön työilmapiiri- ja lähtökyselyihin, työilmapiirikyselyn uudistamiseen ja työhyvinvoinnin johtamisen kehittämiseen.

Osaamiseen ja oppimisympäristöihin liittyvä tutkimusryhmä

Virtuaali- ja lisätty todellisuus sotilaskoulutuksessa - NATO MSG-206 Common framework for the assessment of XR technologies for use in training and education

Virtuaali- (VR), lisättyä (AR) ja yhdistettyä (MR) todellisuutta, tai yhteisesti laajennettua todellisuutta (XR), on jo jossain määrin hyödynnetty sekä siviili- että sotilaskoulutuksessa. Puolustusvoimissa on esimerkiksi tutkittu laajennetun todellisuuden hyödyntämistä asekäsitteilyn koulutuksessa (Puolustusvoimien tutkimuksen vuosikirja 2022), ampumakoulutuksessa sekä kenttälääkinnän koulutuksessa.

Laajennetun todellisuuden teho koulutuksessa perustuu mahdollisuuteen kehittää oppimisympäristöjä ja simulaattoreita, jotka ovat visuaalisesti realistisia ja joissa voi olla luonnollisessa vuorovaikutuksessa virtuaalisen ympäristön kanssa. Tällaiset ympäristöt tukevat oppijan tarkkaavaisuuden kohdistumista opetukseen ja oppimateriaaliin; toisinaan puhutaan ympäristöön uppoutumisen kokemuksesta. Perinteisillä teknologioilla toteutetun simulaattorikoulutuksen hyötyjä ovat mm. ajan ja kustannusten säästö sekä mahdollisuus saada paljon toistoja vaarallisiin suoritteisiin. Laajennettua teknologiaa hyödyntämällä voidaan näiden lisäksi saada hyötyä erityisesti fyysisen maailman ja virtuaalisen sisällön yhdistämisellä. Esimerkiksi on mahdollista tuoda virtuaalista kalustoa ja ajoneuvoja metsään taisteluharjoituksiin tai visualisoida koneiden ja laitteiden päälle heijastettavalla virtuaaligrafiikalla niiden sisäisiä rakenteita (kuva 2).

Vaikka lisätyn todellisuuden hyödyntämistä koulutuksessa on tutkittu paljon, on lopulta suhteellisen vähän siirtovaiikutustutkimuksia, joissa olisi mitattu suorituksen parantamista aidossa tehtävässä, esimerkiksi kalustokäsittelyssä tai taisteluammunnassa. Tähän haasteeseen, suuren tutkimustulosten määrän hallinnointiin ja laadukkaiden tulosten tunnistamiseen, tähdätään työryhmässä NATO MSG-206 (Common framework for the assessment of XR technologies for use in training and education).

Työn perustana ryhmässä on Englannissa DSTL:ssä (The Defence Science and Technology Laboratory) kehitetty toimintamalli tutkimustietokannan koostamiseen ja hallinnointiin. Tietokantaan on tallennettu tutkimustuloksia ja -raportteja, ja siitä tehtävillä hauilla voi tunnistaa mm. tutkimuksellisia aukkokohtia, esimerkiksi sellaisia sotilaan taitoja, joiden kouluttamista laajennetun todellisuuden avulla ei ole vielä tutkittu. Työryhmässä jaetaan kokemuksia laajennetun todellisuuden hyödyntämisestä koulutuksessa ja kehitetään tietokannan taustalla olevaa metodiikkaa tutkimuskirjallisuuden laadun arviointiin, sekä myös itse tietokannan käyttöliittymää, jotta se hyödyttäisi mahdollisimman hyvin



Kuva 2: Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää myös maastossa tapahtuvassa koulutuksessa, esimerkiksi odottaessa omaa vuoroa tekemään suoritusta. (Kuva: Inka Jousmaa/Puolustusvoimat)

koulutusta suunnittelevia. Tietokantaa voi hyödyntää suunniteltaessa koulutusta ja kehitettäessä uusia laajennetun todellisuuden koulutusympäristöjä. Työryhmässä jaettavan tiedon sekä tietokannan avulla on tarkoitus voida suunnitella, kuinka laajennettua todellisuutta kannattaa hyödyntää koulutuksessa tulevaisuudessa.

Yhteenveto keskeisistä havainnoista ja tutkimusten hyödynnettävyydestä

Kansainvälisestä NATO STO HFM -työryhmätyöskentelystä voidaan nostaa esille seuraavia Suomea hyödyntäviä havaintoja:

Yhteistyö

- Solmitaan kansainväliset kontaktit eri maihin ja niiden tutkimusorganisaatioihin sekä eri alojen tutkijoihin
- Suomen oma näkökulma ja Suomelle tärkeät painopisteasiat saadaan mukaan tutkimukseen.
- Voidaan tehdä ehdotuksia tulevasta tutkimusryhmistä.

Tutkimustoiminta

- Tukee olemassa olevia tutkimushankkeita.
- Saadaan laajempi ja moniulotteisempi näkökulma ja konteksti kuin pelkästään omalla tutkimuksella.
- Voidaan hyödyntää tutkimuksien osia omaan kansalliseen käyttöön (esim. kysymyssarjat).

- Pystytään yhdistämään KV-tutkimus omaan T&K-suunnitelmaan.

Tiedon jakaminen

- Suomen erityspiirteet saadaan paremmin kumppanien tietoon (asevelvollisuusarmeija).
- Saadaan viimeisin tutkimustieto käyttöön välittömästi, ei vasta raportin julkaisemisen jälkeen.
- Mahdollistaa ajantasaisen tutkimustiedon saamisen.

Kirjoittajat:

Kenttärovasti, Sotatieteiden tohtori Janne Aalto toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla ihmisen suorituskyky sotilasympäristössä -tutkimusalalla.

Yhteiskuntatieteiden maisteri Anitta Hannola toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla ihmisen suorituskyky sotilasympäristössä -tutkimusalalla.

Filosofian tohtori Kari Kallinen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla ihmisen suorituskyky sotilasympäristössä -tutkimusalalla.

Liikuntatieteiden tohtori Tommi Ojanen toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla ihmisen suorituskyky sotilasympäristössä -tutkimusalalla.

Filosofian tohtori Mikko Salminen toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla ihmisen suorituskyky sotilasympäristössä -tutkimusalalla.



Vaikuttaminen ja suoja

Miehittämättömän järjestelmän kehitys eurooppalaisena hankkeena iMUGS – Integrated Modular Unmanned Ground System



Koneen ja ihmisen yhteistoimintaa. (Kuvat: Timo Heikkala (vas.), Puolustusvoimat (oik.))

Autonomisia piirteitä sisältävät asejärjestelmät ovat taistelukentän seuraava vallankumous, jonka vaikutukset taistelun kuvaan on jo nähty viime vuosien aseellisissa konflikteissa. Puolustusvoimat kehittää tulevaisuuden miehittämättömiä ja autonomisia järjestelmiä mahdollistavaa teknologista osaamista. Kehitystyö vaatii aikaa ja mittavia resursseja. Kansallisen puolustustutkimus- ja kehitystyön vaikuttavuutta voidaan merkittävästi kasvattaa EU:n puolustusrahaston avulla.

Puolustusvoimat osallistui vuosina 2020–2023 EU-projektiin Integrated Modular Unmanned Ground System (iMUGS), jossa kehitettiin miehittämättömien järjestelmien autonomisia ominaisuuksia sekä ihmisen ja koneen yhteistoimintaa. Tavoitteena oli kehittää osaamista, teknologioita ja standardeja, jotka soveltuvat useisiin tulevaisuuden miehittämättömiin järjestelmiin valmistajasta riippumatta. Aseteknologian kehitys, sodankuvan muutos ja puolustusratkaisujen pitkät kehitysajat edellyttävät, että Puolustusvoimat kehittää osaamista ja uusia teknologioita jo varhaisessa vaiheessa, sillä kehitystyön tulokset näkyvät taistelukentällä vasta vuosien tai vuosikymmenten päästä. iMUGS on osaa tätä pitkäjänteistä osaamisen kehitystyötä.

Suomen lisäksi mukana oli johtovaltio Viro sekä Ranska, Saksa, Belgia, Espanja ja Latvia. Hanketta johti virolaisyriitys Milrem Robotics. Suomalaisyriyksistä Bittium johti iMUGS:n tietoliikennetyöpakettia, ja Insta Advance Oy kehitti simuloituja parveiluratkaisuja. Kotimaisen teollisuuden osallistuminen projektiin vahvisti kansallista osaamista Puolustusvoimien tutkimus- ja kehitystoiminnalle tärkeillä teema-alueilla.

Puolustusvoimat arvioi projektissa miehittämättömien lavettien yhteistoimintaa osana ihminen-kone-joukkoa. Miehitettyjen ja miehittämättömien järjestelmien yhteistoiminnalla voidaan mm. vähentää uhkaa omille joukoille, parantaa tilannekuvaa, estää väsymyksestä ja stressistä johtuvia virhearviointoja sekä parantaa sotilaallista suorituskykyä tilanteissa, joissa ihmisen reagointinopeus ei ole riittävä.

Teknisen kehitystyön lisäksi projektissa toteutettiin tutkimukset miehittämättömiin ja autonomisiin järjestelmiin liittyvistä eettisistä, sosiaalisista ja juridisista kysymyksistä. Tekoälyn ja koneoppimisen sovellukset kehittyvät nopeasti, ja jokaiselle autonomisia järjestelmiä kehittäväälle projektille tulisi jo suunnitteluvaiheessa määritellä selkeät ja läpinäkyvät vaatimukset järjestelmän operointiin liittyville rajoituksille.

ja vastuille. iMUGS-projekti noudatti EDIDP-ohjelman rajuista pitää miehittämättömät lavetit aseistamattomina.

EU-yhteistyöllä rahoitusvipua ja verkostoja

Pääosa iMUGS-projektin 32 M€:n rahoituksesta saatiin Euroopan puolustusteollisuuden kehittämissuunnitelmasta (European Defence Industrial Development Programme, EDIDP). EDIDP on ensimmäinen EU-rahoitteinen puolustusteknologian kehitysohjelma. Sen tavoite on edistää EU:n strategista autonomiaa vahvistaen EU-jäsenmaiden yhteistyötä. EDIDP toimii valmisteluvaiheena vuonna 2021 käynnistyneelle Euroopan puolustusrahastolle (European Defence Fund, EDF), joka rahoittaa eurooppalaista puolustustutkimusta ja -kehitystä jopa yli miljardilla eurolla vuosittain. Yksi Puolustusvoimien peruste iMUGS-projektille olikin kartuttaa kokemuksia EDF-yhteistyöhön.

Suomalaistoimijat ovat saaneet tähän mennessä EU:n puolustustutkimus- ja kehitysrahoituksesta kohtalaisen hyvän osuuden, joka on yhteensä kasvattanut Puolustusvoimien T&K-volyymiä noin neljänneksellä. Yksin iMUGS-projektin suomalaisyrityksille tuoma EU-rahoitus vastasi koko PV:n tutkimusohjelman (PVTO) vuosibudjettia. Tyypillisesti EDIDP- ja EDF-projekteissa on saatu suomalaisyrityksille rahoitusta noin kymmenkertaisesti Puolustusvoimien osarahoitukseen nähden. EU-yhteistyön hyötynä on lisäksi puolustusteollisuuden kansainvälinen verkostoituminen sekä kannustin ottaa pk-yrityksiä mukaan.

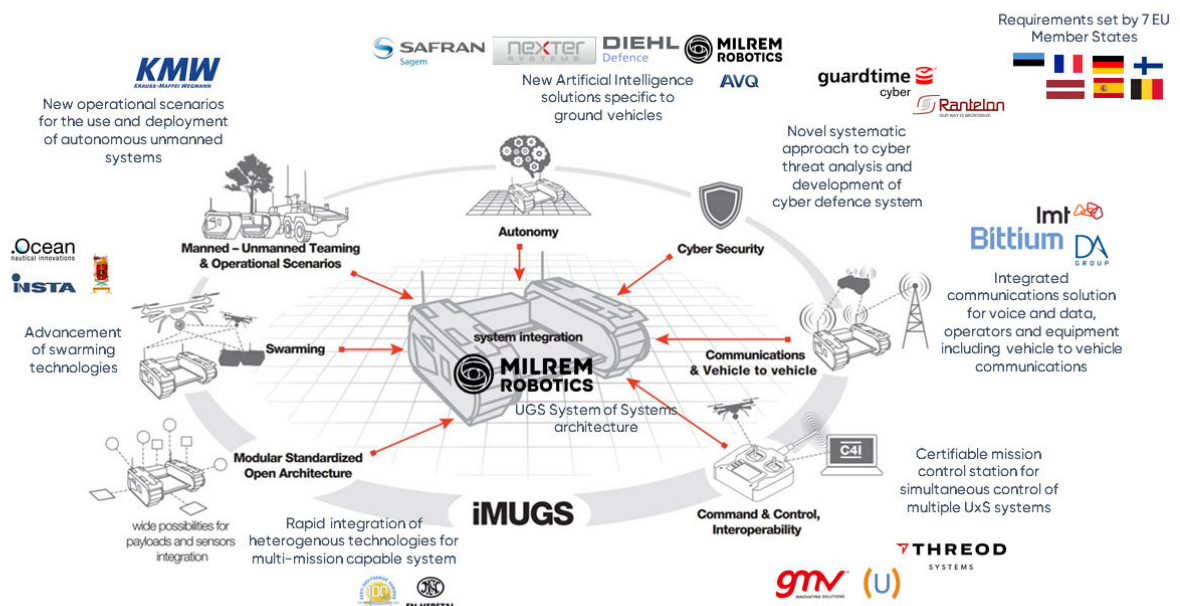
EU-rahoituksen hyödyntämiseen liittyy myös haasteita. Projektien määrittely EU-jäsenmaiden kesken, sopimusvalmistelut ja projektin ohjaaminen vaativat runsaasti hallinnollisia resursseja. EDF-rahoitus on kilpailtua, ja puolustushallinnon on varauduttava myös siihen vaihtoehtoon, ettei Suomelle tärkeää hakua voitakaan konsortio, jossa olisi suomalaisyrityksiä mukana. Lisäksi puolustushallinnon rahoitusmekanismien on mahdollistettava monivuotisen hankkeen omarahoitusosuuden allokointi usealle vuodelle yhdellä kertaa.

Konseptia ja teknologiaa demonstroidaan

iMUGS-projektissa järjestettiin kuusi demonstraatiota. Suomessa pidetty demo keskittyi erityisesti tiedonsiirtojärjestelmään. Siinä skenaariona oli toteuttaa UGV:iden (Unmanned Ground Vehicle) ja dronien avulla riskialtista tiedustelua, joka mahdollistaa paremman tilannekuvan luomisen mm. kohteiden nopeammalla ja kattavammalla tunnistuksella ja paikantamisella. Muiden demotapahtumien skenaarioissa esiteltiin UGV:iden käyttötapausina mm. reittipartiointia, logistiikan tehtäviä, haavoittuneen evakuointi, kommunikaatioverkon muodostaminen sekä joukon ballistinen suojaaminen.

iMUGS:n päätavoitteena oli luoda perusteet yhteiseurooppalaiselle järjestelmäarkkitehtuurille, joka kattaisi lentävät ja maalavetit, komento-, ohjaus- ja kommunikaatiojärjestelmät, sensorit, hyötykuormat ja algoritmit. Suomalaisto-

EDIDP-iMUGS-2019: Multipurpose architecture for unmanned ground systems and solutions for systems integration and manned-unmanned teaming.



iMUGS-projektin toteutti 13 yrityksen konsortio seitsemästä maasta. (Kuva: Milrem Robotics)

mijoiden näkökulmasta tärkeimmät edistysaskeleet otettiin tiedonsiirtojärjestelmien sekä parveilualgoritmien alueilla.

Tiedonsiirtojärjestelmä tukee myös elektronista sodankäyntiä

Tiedonsiirtoa varten luotiin skaalautuva monikäyttöinen taktinen verkko, joka hyödyntää myös 4G- ja 5G-teknologioita mahdollistaen liitettävyyden taktisten verkkojen kuuluvuusalueen ulkopuolella. Paikallisten taktisten 4G/5G-kuplien ohella verkkoratkaisu mahdollistaa taktisten verkkojen palvelujen tietoturvallisen käyttämisen myös kaupallisten verkkojen tarjoamien yhteyksien avulla. Tiedonsiirtoon käytettiin Bittiumin TACWIN-aaltomuotoon pohjautuvaa iMUGS-aaltomuotoa, joka integroitiin sotilaan, ajoneuvon ja runkoverkon ohjelmistoradioihin. Verkkoa voi käyttää myös ESSOR-aaltomuodolla, mikä tukee joukkojen yhteistoimintaa eurooppalaisissa yhteisoperaatioissa.

Ajoneuvojen välinen tiedonsiirto toteutettiin Nato-IV-kais-talla käyttäen suuntaavia SBA-antenneja. Niillä päästiin 360 asteen yhteydenmuodostuskykyyn ja samalla jopa 30 dB voimakkaampaan signaaliin kuin ympärisäteilevillä antenneilla, mutta säilytettiin kuitenkin ympärisäteilevien antennien



Osa Bittiumin verkostoitunutta tiedonsiirtoratkaisua Suomen demossa vuonna 2022. (Kuva: Timo Heikkala)

kyky toimia kaikkiin suuntiin MANET-verkossa. Menetelmässä yhteyden muodostaminen on täysin automatisoitu, ja antennikeilat seuraavat ajoneuvojen liikkeitä automaattisesti. Nato-IV-yhteyksien rinnalla käytettiin joustavasti myös Nato-I- ja Nato-III-alueiden yhteyksiä ympärisäteilevillä antenneilla, mikä lisää järjestelmän taistelukestävyyttä ja parantaa kuuluvuutta.

Johtamisjärjestelmän ja tiedonsiirron ratkaisut kehitettiin tukemaan myös elektronista sodankäyntiä. Adaptoituvaa radiorajapinta sekä suuntaavien antennien käyttö parantavat anti-jamming-suorituskykyä. Projekti tuotti myös kognitiivisen spektrin hallinnan edistysaskelia: radioihin integroitiin ominaisuuksia spektrin reaaliaikaiseen monitorointiin ja analysointiin, joka tapahtui automaattisesti häiritsemättä tiedonsiirtoa. Kerätyllä tiedolla parannettiin tilannetietoisuutta johtamisen tueksi sekä kyettiin dynaamisesti optimoimaan taajuushypintää solmukohtaisesti.

Parveilualgoritmit kehittyvät

Parveilua kehitettiin iMUGS-projektissa kahdella tasolla. Keskitetty parveilu soveltuu tilanteisiin, joissa parvea voidaan ohjata keskitetysti datayhteyksien ollessa käytössä. Keskitetyn parveilun ratkaisuja demonstroitiin fyysisillä laveteilla. Koska taistelukentällä kommunikaatio parven ja johtamisjärjestelmien välillä voi olla kokonaan tai tilapäisesti estetty joko häirinnästä tai radiohiljaisuusvaatimuksista johtuen, kehitettiin tällaisiin tilanteisiin hajautettua parveilua: kun parvella ei ole yhteyttä johtokeskukseen, ohjaa parvea lavettien mukanaan kantama algoritmi parven sisältä. Hajautetun parveilun tutkimuskokonaisuuden toteutti suomalainen Insta Advance Oy.

Hajautetun parveilun algoritmiraatkaisuja kehitettiin ja demonstroitiin Instan iSwarm-simulaatioympäristössä, joka mahdollistaa myös simuloitujen skenaarioiden 3D-visualisoinnin. Koneoppimismenetelmiä hyödyntämällä parveilualgoritmeja pystyttiin optimoimaan demonstraatioissa esitelyihin käyttötapauksiin.

Koneoppimisen hyödyntäminen algoritmien optimoinnissa tuotti vaihtelevia tuloksia. Varsinaisen parveilulogiikan, esimerkiksi reittien ja parven kokoonpanon optimoinnin, osalta tulokset olivat positiivisia: koneoppimisella saatiin parempia lopputuloksia kuin ihmisen ohjaamalla optimoinnilla. Käyttötapauksissa, joissa ympäristön tai muiden toimijoiden vaikutus on huomattava, vaatii koneoppimisen hyödyntäminen tarkempaa mallintamista ja optimointiparametrien määrittelyä.

Johtopäätös: UGV-autonomia kypsyy hitaasti

Siinä missä dronit pystyvät jo laajamittaiseen autonomiseen toimintaan, miehittämättömien maa-ajoneuvojen autonomia ei vielä yllä mullistavalle tasolle. iMUGS-demonstraatioiden perusteella UGV:t selviytyvät vaikeasta metsämaastosta yleisen liikkuvuutensa puolesta hyvin, mutta edellyttävät ihmisoperaattorin ohjausta. Aidosti autonomista liikkuvuutta pystyttiin luotettavasti demonstroimaan vasta kaupunkimaisissa tai avoimissa maastoissa, missä esteet ovat selkeästi tunnistettavia. UGV:t pystyvät tukemaan jou-

kon suorituskykyä valikoiduissa käyttötapauksissa – aidon autonomian disruptio on maarobotiikassa vielä näkemättä.

iMUGS-projektin työstä valtaosa oli yritysten aiempien ratkaisuiden soveltamista miehittämättömien järjestelmien skenaarioihin. Yhteiseurooppalainen tutkimus ja standardointityö lisäsivät kuitenkin kaikkien osaamista, ja iMUGS voi helpottaa yhteensopivien järjestelmien hankintoja ja yhteiskäyttöä tulevaisuudessa. Tavoiteltu yhteiseurooppalaisen arkkitehtuuripohjan standardointi edellyttää vielä työtä, jota voitaisiin toteuttaa esimerkiksi EDF-jatkoprojektin muodossa.

Kirjoittajat:

Yhteiskuntatieteiden maisteri Sami Järvinen toimii erityisasiantuntijana Pääesikunnan suunnitteluosastolla.

Diplomi-insinööri Mikko Miettinen toimii miehittämättömien ja autonomisten järjestelmien erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastolla Asejärjestelmien tutkimusalalla.

Ajatushautomato NATO CCDCOE



Kaikessa toiminnassa saumaton yhteistyö on keskiössä. (Kuva: Kristi Sits/CCDCOE)

Ajatushautomato NATO CCDCOE (Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence) on Naton akkreditoima Tallinnassa toimiva tutkimusyhteisö, jossa niin liittolaiset kuin kumppanit tekevät yhteistyötä kyberpuolustuksen eteen. Viisitoista vuotta sitten perustettu keskus on vuosien mittaan kasvanut ja on tänä päivänä suurin Naton piirissä toimiva osaamiskeskus (COE). Keskukseen 39 jäsenmaata tekevät tutkimusta teknologian, strategian ja lainkäytön alueilla. Tutkimustuloksia julkaistaan ja käytetään tiedonlähteenä kansainvälisten harjoitusten suunnittelussa. Toisaalta harjoituksista kertyvää dataa käytetään tutkimuksen raaka-aineena. Täten tutkimustuloksia hyödynnetään välittömästi käytännön toteutuksissa samalla kun opitaan teorian toimivuudesta käytännössä.

CCDCOE:n neljä lippulaivaa ovat harjoitukset Locked Shields ja Cross Swords, konferenssi CyCon sekä kansainvä-

lisen lain tulkintakokoelma Tallinn Manual. Lisäksi keskus järjestää käytännönläheisiä kurseja vastaavista aihepiireistä.

Suomi panostaa CCDCOE:n toimintaan osallistumalla harjoituksiin ja konferenssiin sekä yhden teknologiatutkijan työpanoksella Tallinnan tutkimuskeskuksessa. Lisäksi keskuksessa työskentelee toinen suomalainen tutkija lakiosastolla. Suomalainen aktiivisuus näkyy positiivisella tavalla CCDCOE:n toiminnassa. Seuraavaksi esitellään eri tutkimusaloilla tehtävää tutkimusta sekä keskuksen monialainen konferenssi.

Teknologia

Teknologiatutkimuksen keskiössä on harjoitusmateriaalin tuottaminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä. Osa tutkimuksesta liittyy suoraan harjoitusmateriaalin tuotekehitykseen, kun taas toinen osa julkaistaan raporteissa tai tieteellisissä

julkaisuissa. Siten esimerkiksi forensiikkatutkijat etsivät ja kehittävät uusia haasteita jokaiseen harjoitukseen erikseen. Vastaavasti teollisuusautomaatiojärjestelmien hyökkäysvektoreita muokataan uuden kokemus- ja tutkimustiedon perusteella. Harjoituksissa on kymmeniä yhteistyökumppaneita teollisuudesta ja tutkimuslaitoksista ympäri maailman. Näin myös suomalaisia yrityksiä tai niiden työntekijöitä osallistuu yhteistyöhön. Jokaisen harjoituksen ohjelmisto- ja laitteistokehitysprojektit ovat valtavia ponnistuksia. Ei riitä, että eri järjestelmien yhteensopivuus ja toimintakyky varmistetaan, vaan pitää myös jatkuvasti seurata uusia haavoittuvuuksia ja hyökkäystapoja ja siten luoda mielekkäitä uhkia puolustajille torjuttavaksi. Tämä vaatii kyberkentän kattavaa ja pitkäjännitteistä seuraamista. Hyökkäys- ja puolustusmenetelmät kehittyvät jatkuvasti nopeassa syklissä, ja tätä tutkimuksen tulee seurata.

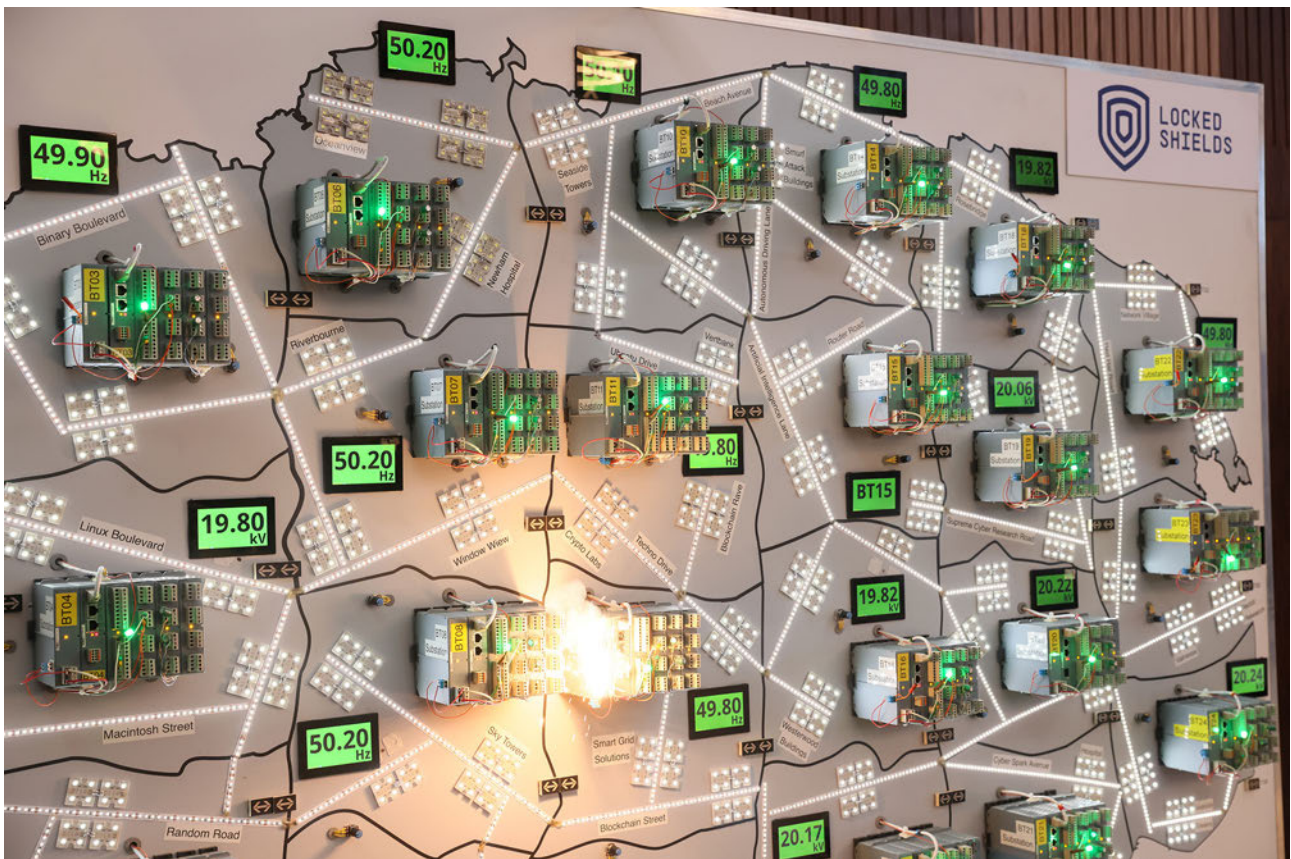
Teknologian alueella on muun muassa tutkittu kriittiseen infrastruktuuriin tai autonomisiin merikuljetuksiin kohdistuvia hyökkäyksiä. On myös tutkittu avoimen lähdekoodin haittaohjelmätietojen jakamisalustoja (engl. Malware Information Sharing Platform, MISP), hajautettujen palvelustohyökkäysten torjuntaa ja tekoälyn käyttöä esimerkiksi tietoturvapoikkeamien hallintaan tai reaaliaikaisen internetliikenteen hyökkäysvektoreiden havainnointiin. Harjoit-

tuksen aikaista internetliikennettä on tallennettu, ja näin syntyneet laajat data-aineistot soveltuvat jatkotutkimukseen esimerkiksi vapaasti saatavilla ohjelmistoilla. Tutkimushaara on syntynyt useita tieteellisiä julkaisuja ja väitöskirjoja TalTechissä (Tallinnan teknillisessä korkeakoulussa).

Meneillään olevasta uudemmasta tutkimusyhteistyöstä Puolustusvoimien ja CCDCOE:n välillä mainittakoon lennokit, kuntoutus ja 5G. Uutisista tiedämme, että lennokit ja lennokkiparvet ovat nykypäivää sodankäynnissä. Tällaisten järjestelmien kommunikoinnin suojaamisesta tehdään parhaillaan alustavaa tutkimusta. Vastaavasti pohditaan, miten kybersodankäyntiin osallistuvia henkilöitä tulisi kuntouttaa, kun he palaavat siviilitehtäviin. Kummassakin hankkeessa suomalaisilla tutkijoilla on johtava asema.

Viidennen sukupolven matkapuhelinverkot (5G) laajenevat nopeasti, ja siksi niiden ympärille on perustettu erillinen tutkimushanke. Tällaisia verkkoja tullaan jatkossa käyttämään sekä siviili- että sotilasympäristöissä. Kehitteillä on ominaisuuksia, jotka vastaavat erityisesti sotilaallisiin käytötapauksiin. Kiinnostus kohdistuu vaikkapa federoitujen verkkojen rakentamiseen yksityisten verkkojen (Non-Public Networks, NPN) varaan siten, että sekä paikallisiin että kotimaisiin palveluihin järjestyy turvallinen pääsy esimerkiksi

Kriittinen infrastruktuuri on osa kokonaispuolustusta Locked Shields -harjoituksessa. (Kuva: Kristi Sits/CCDCOE)



ulkomaisesta sotilastukikohdasta käsin. Keskuksen tutkimus keskittyy 5G-verkkojen kyberturvaan. Verkkojen haavoittuvuudet ovat enimmäkseen teknistä laatua, mutta myös eräiden valtioiden harjoittama valvonta tai sotilaalliset liikkeet ovat tutkimuksen kohteina. Tietävästi ensimmäinen transatlanttinen 5G NPN -verkkovierailuratkaisu toteutettiin CCDCOE:n (Viron) ja Idaho National Laboratoryn (USA:n) välille. Vuoden 2023 aikana Puolustusvoimien ja CCDCOE:n välillä on tehty kahdenvälistä 5G-tutkimusyhteistyötä. Kuten edellä on mainittu tutkimuksesta yleensä, myös 5G-verkko on osa harjoituksissa käytettävää infrastruktuuria.

Strategia

Kaiken kaikkiaan keskus pyrkii varmistamaan, että tekniikka ja strategia sekä sotilas- ja siviiliorganisaatiot toimivat aukottomasti yhteen. Tukeakseen jäsenmaitaan ja Natoa kyberpuolustuksessa keskuksen tulee ylläpitää kyberturvallisuuden huippuosaamista. Paras tieto löytyy usein teollisuudesta, ja siksi keskus ylläpitää laajamittaista yhteistyöverkostoa teollisuuskumppaneidensa kanssa. Siten se pystyy kehittämään huippuluokan kyberkyvykkyyksiä sekä osallistumaan tiedon ja resurssien jakamiseen. Vastavuoroisuuden merkeissä kumppanit osallistuvat harjoituksiin, työpajoihin ja tapahtumiin.

Keskuksella on tutkimusprojekti, joka selvittää nopeasti kehittyvän kaksikäyttökäytännön vaikutuksia Naton ja kumppaneiden kyberalaan. Projektissa tarkastellaan, miten liittoumassa voitaisiin käyttää tällaista teknologiaa säilyttämällä kuitenkin teknologinen etumatka ja integroimalla paremmin kybertoiminnot monialaoperaatioihin. Edelleen tutkitaan väärinkäytön mahdollisuuksia, jotka voisivat heikentää Naton pelotetta ja puolustusta. Kyberturvallisuus ja toimintavarmuus ovat tärkeitä kaikissa puolustushaaroissa, ja näin ollen nopeasti kehittyvän teknologian synnyttämiin uusiin haasteisiin tulee tarttua välittömästi.

Kaksi toisiinsa liittyvää projektia, kyberkomentajan käsikirja (Cyber Commanders Handbook) ja liittouman doktriinituki (Allied Joint Publication, AJP-3.20), kuuluvat CCDCOE:n tehtäviin. Käsikirja pyrkii olemaan käytännön opas sotilaallisissa operaatioissa kohdattavien kyberhaasteiden käsittelemiseen. Doktriinin ylläpitovastuullisena keskus pyrkii varmistamaan, että kybernäkemys sisältyy tarkoituksenmukaisella tavalla doktriiniin.

Keskus osallistuu tarkkailijan ja konsultin roolissa monikansalliseen valmiuksien kehittämissyhteistyöhön (Multinational Capability Development Campaign, MCDC). Kun MCDC havaitsi heikosti määritellyn liittouksen kyber- ja muiden operaatioalueiden välissä (Integrating Cyber into Multi-domain Operations, ICMO), se perusti ratkaisun-

kehitystyöryhmän (Solution Development, SDW), johon muun muassa CCDCOE osallistuu. Hankkeeseen osallistuu 23 osapuolta (maita ja kansainvälisiä organisaatioita). Sen tavoitteena on kattavan näkemyksen kautta kehittää organisointi-, harjoitus- ja liikekannallepanon ratkaisuja, jotka tukevat suunnittelua, päätöksentekoa ja toteutusta jatkossa.

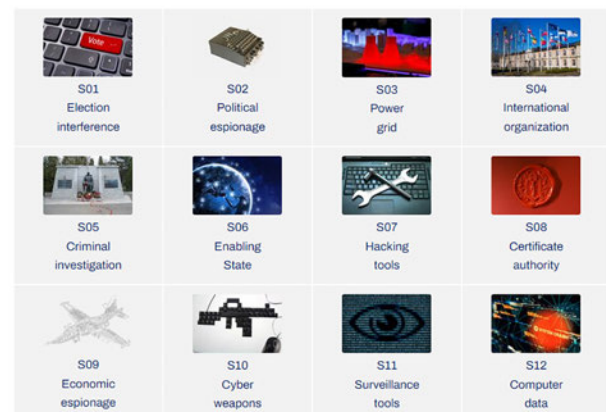
Laki

Lakiosasto tuottaa tutkimusta, julkaisuja ja koulutuksia sekä tukee kyberpuolustusharjoituksia edistääkseen ymmärrystä kyberoperaatioihin sovellettavasta kansainvälisestä laista. Osaston tunnetuin julkaisu on Tallinn Manual. Siitä on olemassa laajennettu, toinen painos Tallinn Manual 2.0. Kirja kerää yksin kansiin asiantuntijoiden näkemykset siitä, miten kansainvälistä lakia tulisi soveltaa kyberoperaatioihin rauhan ja sodan aikana. Koska kyberoperaatioihin sovellettava kansainvälinen laki muuttuu koko ajan, ei liene yllätys, että Tallinn Manual 3.0 on jo työn alla.

Tämän lisäksi lakiosasto ylläpitää työkalupakkia (Interactive Cyber Law Toolkit), jonka avulla on mahdollista tutustua tarkemmin siihen, miten eri valtiot todennäköisesti soveltisivat kansainvälistä lakia tietyissä realistisissa skenaarioissa, kuten laajamittaisissa kyberhyökkäyksissä kriittistä infrastruktuuria vastaan. Työkalupakkia päivitetään jatkuvasti, ja vuosittaiset isot päivitykset tuovat tullessaan 3–5 uutta skenaariota, kun taas pienemmät päivitykset lisäävät esimerkiksi valtioiden uusia näkemyksiä lain soveltamisesta.

Lakiosastolla on useita eri tutkimusprojekteja, jotka keskittyvät kyberoperaatioiden luomiin haasteisiin kansainvälisen lain saralla. Yksi urauurtava esimerkki on lakiosaston tuottama tutkimuskokoelmakirja The Right to Privacy and Data Protection in Times of Armed Conflict, joka yhtenä ensimmäisistä maailmassa pureutui kansainvälisen lain sekä ihmisoikeuksien tarjoaman yksityisyyden ja tietosuojan sovel-

Cyber law scenarios



Ruutukaappaus näyttää kyberlakityökalupakin skenaariot.



Laaja yhteistyökumppaniverkosto hyödyttää kaikkia osapuolia. (Kuva: Kristi Sits/CCDCOE)

tamiseen sodan aikana. Teokselle on jo työn alla jatko-osa, joka soveltaa aihepiirin lainsäädäntöä käytännönläheisestä näkökulmasta sodan aikana.

Vuoden 2023 aikana lakiosasto seurasi kansainvälisen lain kehitystä analysoimalla keskusteluja ja ehdotuksia YK:n työryhmässä Open-Ended Working Group. Venäjän ehdotus uudeksi kansainväliseksi sopimukseksi kyberoperaatioihin sovellettavasta kansainvälisestä laista ja sen mahdollisista seuraamuksista tutkittiin perinpohjaisesti julkaisussa *Unnecessary Repetition: Russia's Latest Attempt at a New UN Convention Cyberspace*. Muita käsiteltyjä aiheita olivat toimitusketjujen turvallisuus, kyberoperaatioiden tuottama eskalaatio ja kansallisten tietoturvaloukkausten käsittelyryhmien (CSIRT) organisointi Nato-maissa kansallisella tasolla.

Joka vuosi lakiosasto tukee keskuksen järjestämiä kyber-turvallisuusharjoituksia. Harjoituksiin lakiosasto kehittää muun muassa innovatiivisia mutta realistisia lisätehtäviä, jotka haastavat harjoitusyleisön osaamisen simuloitussa kriisitilanteessa. Osallistujien vastaukset lisätehtäviin kartoittavat lain harmaita alueita. Tämä mahdollistaa tutkimustyön kohdistamisen alueisiin, joissa on selviä eroavaisuuksia lain soveltamisessa.



Informaatiovaikuttaminen on osa Locked Shields -harjoitusta. (Kuva: Kristi Sits/CCDCOE)

Konferenssi – CyCon

Vuosittainen CyCon-konferenssi on teemoineen keskittynyt esimerkiksi kyberhaasteisiin kuljetuksissa, kriisitilanteissa, yhteiskunnassa tai sodan runtelemassa Ukrainassa. Aina on kuitenkin löytynyt tilaa kyberaiheita käsitteleville artikkeleille laajemminkin. Konferenssissa on perinteisesti kolme rinnakkaista tutkimushaaraa: laki, teknologia ja strategia/politiikka. Järjestäjä vastaanottaa vuosittain määräraakaan mennessä noin parisataa tiivistelmää, joiden joukosta valitaan lupaavimmat ehdotukset. Näille tarjotaan mahdollisuus lähettää täysi artikkeli arvioitavaksi. Ne, jotka läpäisevät kaksoisokkovertarvioinnin, julkaistaan kirjana ja esitetään konferenssissa. Tilaisuus tarjoaa upeat puitteet verkostoitua oman alan vaikuttajien kanssa. Suomesta osallistuu vuosittain kävijöitä, esiintyjiä tai paneeliosallistujia.

Kirjoittajat:

Tekniikan lisensiaatti Christina Lassfolk toimii tutkijana CCDCOE:lla teknologian tutkimusalalla.

Diplomi-insinööri Urmas Ruuto toimii tutkimusalojohtajana CCDCOE:lla teknologian tutkimusalalla.

Everstiluutnantti, oikeustieteen tohtori Damjan Štruel toimii tutkijana CCDCOE:lla strategian tutkimusalalla.

Komentaja Vasco Prates toimii tutkijana CCDCOE:lla strategian tutkimusalalla.

Oikeustieteen maisteri Aleks Kajander toimii tutkijana CCDCOE:lla oikeustieteen tutkimusalalla.

Filosofian maisteri Ginger Guzman toimii päättiedottajana CCDCOE:lla.

Tekniikan tohtori Mart Noorma toimii CCDCOE:n johtajana.

Vikasietoisuutta vedenalaisiin akustisiin tiedonsiirtoverkkoihin itsestään säätävällä protokollapinolla EDA-SALSA (2018–2022)



SALSA tutkimusprojekti tehtiin yhteistyönä Hollannin, Saksan, Norjan, Ruotsin ja Suomen kesken. Teollisuuden toimijoista mukana olivat Saab, Kongsberg Maritime, Patria, ATLAS Elektronik, ELAC Sonar ja Develogic. Tutkimuslaitoksia edustivat hollantilainen TNO, saksalaiset Fraunhofer FKIE ja WTD71, Norjan FFI, Ruotsin FOI ja Padovan yliopistoon kuuluva CFR Italiasta. Projektin tavoitteena oli kehittää protokollapino vikasietoisia vedenalaisia akustisia tiedonsiirtoverkkoja varten ja standardisoida se tutkimusprojektin päättyttyä.

Hankkeen taustaa

Älykkäät vedenalaiset robotit, kuten autonomiset vedenalaiset kulkuneuvot (AUV), voivat suorittaa pitkäkestoisia ja työläitä tehtäviä vaarallisilla alueilla miehittyjen alusten ja erikoisjoukkojen sijasta. Yleisesti ottaen liikkuvien miehittämättömien alusten rooli sotilaallisissa tehtävissä (REA, MCM, ISR, ASW, SOF) on tulossa yhä tärkeämmäksi. Toiminnan kannalta on oleellista liittää pinta-alukset, sukellusveneen sekä pohjassa ja välivedessä toimivat laitteet ja poijut saumattomasti samaan tiedonsiirtoverkkoon. Tämä edel-

lyttää vedenalaisia akustisia verkkoja, jotka mahdollistavat ad-hoc-liittymisen, verkossa toimimisen ja siitä poistumisen. Lisäksi tiedonsiirtoverkon ja sen jäsenten pitää pystyä itsenäisesti mukautumaan ajan myötä vaihtuviin viestintäolosuhteisiin, esimerkiksi taajuuskaistaa vaihtamalla ja siirtonopeutta sopeuttamalla. Tällaisella mukautuvalla toimintatavalla verkkoressurit ovat käytettävissä pitkiäkin aikoja yhtäjaksoisesti, ilman tarvetta luoda verkkoa aina uudelleen.

Yllä kuvatut joustavat ja itsestään säätävät vedenalaiset akustiset verkot vaativat älykkään mukautuvan protokollapinon, joka on kehitetty SALSA-projektissa.

Hankkeen tekniikkaa

Fyysisellä tasolla, jossa bitit muunnetaan ääneksi ja päinvastoin, käytetään JANUS-standardia (STANAG 4748/ANEP-87) yhteyttä muodostettaessa. Tämän jälkeen siirrytään käyttämään FRSS-modulaatiota, joka on vikasietoisempi ja joustavampi. Verkkokerros käyttää monipuolista GUWMANET-reititysprotokollaa ja sovelluskerros GUWAL-protokollaa. Mukautuvat toiminnallisuudet on

toteutettu verkkokerroksessa olevan erillisen moduulin avulla.

Suomalaisten osallistujien tavoitteena hankkeessa on ollut kehittää vedenalaisten modeemien tekniikkaa ja luoda tiedonsiirtoelementti vedenalaisten miehittämättömien järjestelmien uusien suorituskykyjen käyttöön ottamiseksi. Suomen matala ja sokkeloinen vesistö on haastava toimintaympäristö kaikelle vedenalaistoiminnalle, ja akustinen kommunikointi edellyttää hyvin vaihteleviin ympäristöolosuhteisiin sopeutuvaa järjestelmää.

Kenttäkokeet tutkimusprojektin huipennuksena

EDA-SALSA-konsortio suoritti 4. toukokuuta 2022 onnistuneen itsestään säätyvän vedenalaisen akustisen verkon demonstraation Osloonvuonossa Norjassa. Demonstraatiossa testatut vedenalaisen tiedonsiirtoverkon toiminnallisuudet sisälsivät ad hoc -verkon laajennuksen, datan välittämisen AUV:n kuljettamana, reitityksen usean eri taajuuskaistan ja verkkotopologian välillä, sekä mukautuvan modeemin konfiguraation:

1. Kaksi AUV:ta liittyi vedenalaiseen akustiseen verkkoon JANUS-protokollaa käyttäen
2. Datat kuljetus AUV:illa kahden eri verkkosolmun välillä.
3. Kahden erillisen akustisen taajuuskaistan käyttö veden alla ja kahden erilaisen radiolinkin käyttö vedenpinnan yläpuolella GUEWMANET-reititysprotokollaa hyödyntäen.
4. Akustisten viestintäolosuhteiden mittaus lähetystehon ja siirtonopeuden optimoimiseksi vallitseviin olosuhteisiin FRSS-protokollaa hyödyntäen.

Nämä toiminnallisuudet demonstroitiin ISR- ja MCM-skenaarioiden muodossa. Verkossa oli parhaimmillaan 20 verkkosolmua (6 pinta-alusta, 9 pohjasolmua, 3 AUV:ta, 2 poijua). Noin 20 VIP-vierasta viidestä osallistujavaltiosta seurasi demonstraatiota pinta-alukselta ja maalla sijainneesta operaatiokeskuksesta. Seuranta helpotti tilannekuvajärjestelmä, josta pystyi seuraamaan verkon tilaa, ja esimerkiksi eri verkkosolmujen sijaintia. Vedenalaisessa verkossa liikkuneet viestit vastaanotettiin ilma-vesirajapinnassa toimivien yhdyskäytävöijujen välityksellä.

Kuvitteellisessa ISR-skenaariossa pohjasolmut havaitsivat niiden valvomalle alueelle tunkeutuneen RIB-veneeseen, ja MCM-skenaariossa koalueella autonomisesti liikkuneet AUV:t havaitsivat pohjamiinoja. Päivän aikana RIB-venettä käytettiin useaan otteeseen myös häiritsemään verkon toimintaa ylittämällä alue suurella nopeudella, melua aiheuttaen. Häirinnän tarkoituksena oli pakottaa verkko mukautumaan muuttuneisiin viestintäolosuhteisiin.

Osloonvuonossa tehdyissä kokeissa havainnointi erotettiin viestinnästä, jotta tutkimuksen turvallisuustaso pysyisi luokittelemattomana. Kokeissa havaitseminen tarkoitti "havaintoviestien" vastaanottamista. MCM-skenaariossa AUV:t eivät käyttäneet oikeita miinojen havaitsemiseen tarkoitettuja sensoreita, vaan jotkin pohjasolmut lähettivät havaintoviestejä ja viestien vastaanottaminen tulkittiin havainnoiksi.

Tutkimusprojektista teollisuusstandardiksi

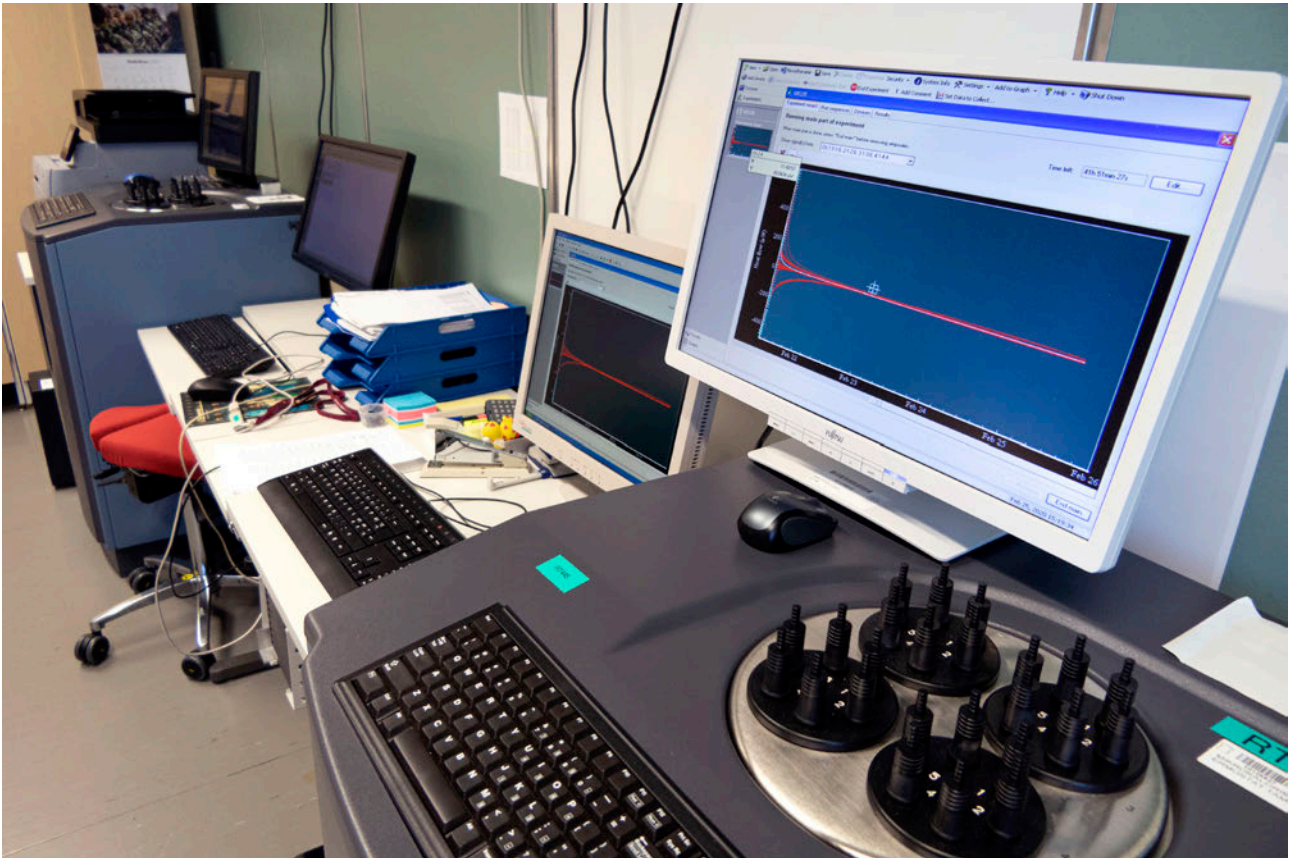
Viiden projektiin osallistuneen maan merivoimat kansallisten tutkimuslaitostensa (TNO, Fraunhofer, WTD71, FFI, FOI) tukemana aikovat tehdä SALSA-projektissa kehitetyn vedenalaisen tiedonsiirtoverkon protokollaratkaisusta ehdotuksen Naton standardointisopimukseksi (STANAG). Tämän standardin mukaisten modeemien tekniseen toteuttamiseen on sitoutunut vähintään kuusi SALSA:an osallistunutta yritystä (ELAC Sonar, ATLAS Elektronik, Develogic, Kongsberg Maritime, Saab ja Patria).

Lyhenteet	
ASW	Anti-submarine warfare, sukellusvenentorjunta
ISR	Intelligence, surveillance and reconnaissance, tiedustelu ja valvonta
MCM	Mine countermeasures, miinantorjunta
REA	Rapid environmental assessment, nopea ympäristöanalyysi
RIB	Rigid inflatable boat, kovapohjainen kumivene
SALSA	Smart Adaptive Long and Short Range Underwater Acoustic Network, adaptiivinen vedenalainen lyhyen ja pitkän kantaman akustinen tiedonsiirtoverkko
SOF	Special operations forces, erikoisjoukot

Kirjoittaja:

Insinööriomentajakapteeni Tero Lehtinen toimii tutkijana Merisotakoulussa, Meritaistelukeskuksen vedenalaisen sodankäynnin tutkimuskeskuksella.

Räjähdeturvallisuuden kehittäminen ja standardointi



Tutkimuslaitoksen mikrokalorimetriä (HFC, heat flow calorimeter) käytetään mm. kemiallisen yhteensopivuuden ja stabiilisuuden määrittämiseen. (Kuva: Mario Malm)

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen (PVTUTKL) räjähd- ja suojelutekniikkaosaston Energeettiset teknologiat -tutkimusala tuottaa Puolustusvoimille sotilasaräjähteiden, räjähdysaineiden, ruutien ja pyroteknisten massojen sekä niitä sisältävien välineiden asiantuntija-, koe-, testaus-, evaluointi- ja tutkimuspalveluja. Painopisteen alueina ovat räjähdeturvallisuus, räjähteiden ja improvioidujen räjähteiden suorituskyky, asevaikutukset, suoja ja sotavarustuksen ylläpidon tuki. Tutkimuksen kohteita ovat Puolustusvoimissa käytössä olevat tai hankittavat materiaalit, välineet ja järjestelmät. Viranomaisyhteistyötä tehdään mm. poliisin kanssa erityisesti siviiliräjähteisiin ja improvioiduihin räjähteisiin liittyvissä tehtävissä tukipyynnöihin perustuen.

Räjähdeturvallisuutta joka päivä

Räjähteiden sotilaallisten suorituskykyjen elinjaksot ovat pääsääntöisesti varsin pitkiä. Sotilasaräjähteiden elinjaksoa määrittävät voimakkaasti räjähdeturvallisuuden asettamat vaatimukset ja velvoitteet. Tutkimuslaitos tuottaa elinjakson aikana räjähdeturvallisuuden varmistamiseen liittyviä tutkimuksia ja selvityksiä. Tätä varten Puolustusvoimien logistiikkalaitos laatii etukäteen tutkimuksen vuosisuunnitelman. Tutkimuslaitos tutkii, lausuu ja raportoi, mutta ei tee päätöksiä esimerkiksi elinjakson jatkamisesta.

Räjähdeturvallisuutta määräävät tekijät on huomioitava jo hyvin varhaisessa elinjakson vaiheessa. Ennen hankintapäätöksen tekoa tulee hankittavan räjähteen räjähdysaineen olla kvalifioitu eli todennettu räjähdeturvallisuuden näkö-

kulmasta soveltuvaksi aiottuun käyttötarkoitukseen. Räjähteen kemiallinen yhteensopivuus muiden räjähdysaineeseen kontaktissa olevien materiaalien kanssa tulee olla varmistettu ja räjähteen suorituskyvyn tulee olla varmennettu, jotta räjähdde täyttää operatiivisen suunnittelun sille osoittamat vaatimukset.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksella on merkittävä rooli näiden tietojen tuottajana, sillä se vastaa niin räjähteiden kvalifiointitutkimusten kuin kemiallisen yhteensopivuuden varmistavien tutkimusten toteuttamisesta ja menetelmien ylläpitämisestä. Suorituskyvyn varmistamiseksi tutkimuslaitos tekee myös käytännön kokeita ja mittauksia sekä teoreettista mallintamista ja laskentaa.

Käyttöturvallisuuden takaamiseksi räjähteiden käyttö ohjeistetaan Puolustusvoimissa varomääräyksin, jotka perustuvat tarvittaessa tutkimuksella tuotettuun tietoon räjähteen aiheuttamista vaikutuksista. Varomääräyksistä, ohjeistuksesta ja testauksesta huolimatta valitettavasti toisinaan sattuu onnettomuuksia tai virhetoimintoja, jotka voivat johtaa vakaviinkin seurauksiin. Tutkimuslaitos osallistuu onnettomuus- ja häiriötapausten tutkintaan ja selvitystyöhön, jotta virhetoimintoon johtaneet syyt voidaan selvittää ja korjaavat toimenpiteet ohjeistaa. Onnettomuuksien ja virhetoimintojen selvitystyössä räjähteen toiminnan tuntemus ja selvittäminen ovat ensiarvoisen tärkeitä, jotta tutkimus osataan kohdentaa oikeisiin tekijöihin.

Räjähdetutkimusten lähtökohtana tutkimuslaitoksessa on turvallisuus, jota kehitetään jatkuvasti uusimalla ohjeistusta sekä laatimalla työohjeita ja koetoimintamääräyksiä, joihin sisällytetään riskitarkastelu. Kaikkein räjähteillä toteutettavaan koetoimintaan laaditaan koetoimintamääräykset, jotka perehdytetään osallistuvalla henkilökunnalle. Koetoimintamääräykset hyväksyy räjähteiden käytöstä vastaava johtaja. Koetoiminnan johtaja johtaa räjäytystutkimuksia.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asiantuntijoiden räjähddeosaamista hyödynnetään kansallisesti ja kansainvälisesti. Räjähdeturvallisuustyön kehittämiseen osallistutaan mm.

Lyhenteet	
MSB:	räjähdetoimikunta, Munition Safety Board
SARP:	turvallisuusarviointilautakunta, Safety Assessment Review Panel
CASG:	CNAD Ammunition Safety Group
CNAD:	The Conference of National Armaments Directors
MSIAC:	Munitions Safety Information Analysis Center
SGA/A EMT:	Subgroup/A Energetic Materials Team

räjähdetoimikunnassa (MSB) ja turvallisuusarviointilautakunnassa (SARP). Kansainväliseen räjähdetutkimusstandardien kehittämistyöhön osallistutaan Naton AC/326-työryhmän alatyöryhmässä SGA EMT (Energetic Materials Team). Näihin palaamme tarkemmin myöhempanä.

Määrävät asiakirjat

Puolustusministeriölle kuuluu sotilasräjähteitä koskevien asioiden ylin johto ja ylin ohjaus. Pääesikunta johtaa ja valvoo sotilasräjähteitä koskevia asioita Puolustusvoimissa. Puolustushaaraesikunnat, Puolustusvoimien logistiikkalaitos ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos (toiminnanharjoittajat) hoitavat kemikaaliturvallisuuslaissa toiminnanharjoittajalle säädettyjä tehtäviä. Toiminnanharjoittaja vastaa siitä, että räjähteisiin liittyvät asiat hoidetaan lakien, asetusten ja Puolustusvoimien normien mukaisesti.

Räjähdeturvallisuutta säätelevät lait, asetukset ja Puolustusvoimien normit, jotka määräyksinä ohjaavat toimintaa. Näitä ovat laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) ja puolustusministeriön asetus sotilasräjähteistä (956/2014). Räjähdeturvallisuuden osalta tärkein puolustushaaroja ja sotilaslaitoksia ohjaava asiakirja on Sotilasräjähdemääräys (SRM2022).

Vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetun lain (390/2005) tarkoituksena on ehkäistä ja torjua vaarallisten kemikaalien sekä räjähteiden valmistuksesta, käytöstä, siirrosta, varastoinnista, säilytyksestä ja muusta käsittelystä aiheutuvia henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahinkoja sekä lisäksi edistää yleistä turvallisuutta.

Puolustusministeriön asetuksessa (956/2014) tarkennetaan kemikaaliturvallisuuslakia (390/2005) Puolustusvoimien osalta. Puolustusministeriön asetuksessa säädetään puolustusvoimien sotilaalliseen käyttöön tarkoitetuista räjähteistä (sotilasräjähteistä). Siinä edellytetään, että hankittavat ja käyttöön otettavat sotilasräjähteet täyttävät sekä kemikaaliturvallisuuslaissa mainitut yleiset että kyseistä sotilasräjähdettä koskevat Pääesikunnan asettamat erityiset turvallisuusvaatimukset.

Kansallinen räjähdeturvallisuustyö Puolustusvoimissa

Räjähdeturvallisuuden kehittämiseksi Puolustusvoimiin on perustettu kaksi pysyvää asiantuntijaelintä: MSB ja SARP, joissa molemmissa on edustus Puolustusvoimien tutkimuslaitoksesta.

Räjähdetoimikunnan (MSB, Munition Safety Board) tehtävänä on räjähteiden elinjaksonaikaisen turvallisuuden toteutumisen edistäminen Puolustusvoimissa yhtenäistämällä

räjähteisiin ja räjähdeturvallisuuteen liittyviä käytäntöjä ja linjauksia linjaorganisaatioiden päätöksenteon tueksi. Tehtäväänsä se toteuttaa käsittelemällä räjähdeturvallisuuden toteuttamiseen liittyviä kysymyksiä, varmistamalla räjähteiden soveltuvuudesta suunniteltuun käyttöympäristöönsä ja koordinoimalla ohjeistustyötä. MSB:tä johtaa Puolustusvoimien räjähdeturvallisuuspäällikkö.

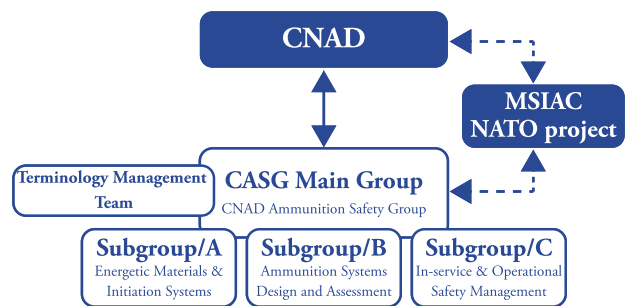
Turvallisuusarvointilautakunta (SARP, Safety Assessment Review Panel) tukee Puolustusvoimien räjähdeturvallisuuspäällikköä räjähteiden elinjaksonaikaisen turvallisuuden arvioinnissa. Räjähteiden hankintaan, hallintaanottoon ja käyttöönhyväksyntään liittyvissä arvioinneissa otetaan huomioon räjähteiden ja niiden sisältämien räjähdysaineiden testausten kattavuus ja tulokset suhteessa niille suunniteltuun elinjaksoprofiiliin. Arviointia peilataan PELOGOS:n normin Puolustusvoimien sotilasaräjähteiden räjähdeturvallisuusvaatimukset (HK1047) vaatimuksiin. Lautakunnan lausunnot ja selvitykset antavat perusteita räjähde-toimikunnan kannanotoille sekä Puolustusvoimien räjähdeturvallisuuspäällikön ja linjaorganisaatioiden päätöksenteon tueksi. PVTUTKL:n edustaja toimii SARP:n puheenjohtajana.

Kansainvälinen räjähdeturvallisuustyö

Standardointityöryhmän CASG / CNAD (Ammunition Safety Group) toiminta liittyy Naton tavoitteisiin tukea jäsen- ja kumppanimaita sotilaallisissa operaatioissa yhdenmukaistamalla materiaalia ja toimintatapoja. Standardoinnilla voidaan parantaa käytettävän materiaalin palvelusturvallisuutta ja soveltuvuutta palveluskäyttöön minimoimalla räjähteisiin liittyviä turvallisuusriskejä ja varmistamalla räjähteiden yhteensopivuus sekä vaihtokelpoisuus.

Naton standardointityöryhmä AC/326 koostuu päätyöryhmästä (MG, Main Group) ja neljästä alatyöryhmästä (SG/A EMT, SG/B, SG/C ja Terminology Management Team). Työryhmiin voivat osallistua Naton jäsenmaat sekä kumppanimaat. Osallistumisella työryhmätoimintaan luodaan ja ylläpidetään verkostoa sekä saadaan mahdollisuus vaikuttaa standardien (AOP, STANAG, SRD) sisältöön jo niiden laatimisvaiheessa.

SG/A EMT (Energetic Materials Team) -työryhmä valmistaa ja ylläpitää räjähdeturvallisuuteen liittyviä STANAG/AOP



Naton standardointityöryhmän CASG / CNAD (Ammunition Safety Group) rakenne.

-standardeja. Standardien avulla ohjataan räjähdysaineiden mekaanisten ominaisuuksien sekä herkkyys-, stabiilisuus- ja räjähdeominaisuuksien testaamista sekä energieettisten materiaalien kvalifointia ja spesifikaatioita. Työryhmän valmistelemia standardeja käytetään räjähteiden ja räjähdysaineiden ohjeina vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen niiden elinjakson aikana.

Naton MSIAC (Munitions Safety Information Analysis Center) on tietopalveluja ja koulutusta järjestävä organisaatio räjähdeturvallisuuden ja -teknologian alalla. MSIAC on jäsenvaltioidensa rahoittama projektitoimisto (NATO Project Office), joka toimii Naton yhteydessä olematta kuitenkaan osa Naton organisaatiota. Suomessa puolustusministeriö (PLM) on maksanut MSIAC:n jäsenmaksua vuodesta 2002 ja saanut jäsenenä edustajan jäsenvaltioista koostuvaan johtokuntaan. Jokaisella jäsenmaalla on myös oma kansallinen yhteyshenkilö (NFPO, National Focal Point Officer), jonka tehtävänä on jakaa tietoa MSIAC:n tietotarjonnasta.

Standardointi

Naton standardeja on käytetty Puolustusvoimissa parikymmenen vuoden ajan räjähde-tutkimuksen ja testauksen sekä hankintojen ohjeistuksena. Nyt kun olemme Naton jäsenvaltio, Suomen oletetaan ratifioivan virallisesti käyttöön hyväksymämme standardit. PLM tulee antamaan ratifioinnille aikataulun. Ratifioinnin jälkeen tulee toimeenpano (implementointivaihe), jolloin Puolustusvoimien toimintaohjeita muutetaan tarvittavilta osin. Standardointityö on nyt aluillaan ja tehtävä on uusi, joten mielenkiinnolla odotamme tulevia aikoja Naton jäsenenä.

Kirjoittaja:

FM Terhi Meriläinen toimii tutkimusalojohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa räjähde- ja suojelutekniikan osastolla energieettiset teknologiat -tutkimusallalla.

Vuosikirjan jakelun huomautukset: puolustusvoimientutkimuslaitos@mil.fi

Maanpuolustuskorkeakoulu

Santahamina
PL 7
00861 Helsinki

**Maasotakoulu
Maavoimien tutkimuskeskus**

Kadettikoulunkatu 7
PL 54
49401 Hamina

**Merisotakoulu
Meritaistelukeskus**

Suomenlinna
PL 5
00191 Helsinki

Puolustusvoimien logistiikkalaitos

Hatanpäänvaltatie 30
PL 69
33100 Tampere

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Riihimäen toimipiste
Tykkikentäntie 1
PL 10, 11311 Riihimäki

Tuusulan toimipiste
Rantatie 66, Tuusula
PL 5, 04401 Järvenpää

Ylöjärven toimipiste
Paroistentie 20
PL 5, 34111 Lakiala



Puolustusvoimat
puolustusvoimat.fi