

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja • Ministeriö • 2019:25

Maanpuolustuksen kansallisen osaamispohjan ja innovaatiokyvyn vahvistaminen



Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:25

Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan ja innovaatiokyvyn vahvistaminen

Tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehittämissuositukset



Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet



Puolustusministeriö
Försvarsministeriet
Ministry of Defence

Työ- ja elinkeinoministeriö, Puolustusministeriö

ISBN PDF: 978-952-327-413-6

Helsinki 2019

Kuvailulehti

Julkaisija	Työ- ja elinkeinoministeriö, Puolustusministeriö		30.4.2019
Tekijät	Marikaisa Tiilikainen, Kati Vuorenvirta, Pirjo Kutinlahti ja Kirsti Vilén		
Julkaisun nimi	Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan ja innovaatiokyvyn vahvistaminen		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu TEM raportteja 2019:25		
Diaari/hankenumero	-	Teema	Ministeriö
ISBN PDF	978-952-327-413-6	ISSN PDF	1797-3562
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-413-6		
Sivumäärä	46	Kieli	suomi
Asiasanat	puolustustutkimus, innovaatiot, yritykset		
Tiivistelmä	<p>Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan varmistamisesta ja innovaatiokyvyn edistämisestä tehdyt tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehittämisehdotukset keskittyvät niiden kriittisten teknologia-alueiden osaamisen turvaamiseen ja kehittämiseen, jotka on kuvattu valtioneuvoston periaatepäätöksessä Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta. Suomessa on maanpuolustuksen ympärille rakentunutta vahvaa perustutkimukseen liittyvää ja kaupallista osaamista, jonka pohjalta on mahdollista rakentaa mm. teollisen yhteistyön vahvistamana uutta kasvua ja kilpailukykyä.</p> <p>Puolustusministeriö sekä työ- ja elinkeinoministeriö ovat valmistelleet tämän asiakirjan yhteistyössä keskeisten sidosryhmien kanssa. Tavoitteena on vaikuttaa kansallisen tutkimus- kehittämis- ja innovaatiojärjestelmän kehittämiseen ja tavoitteiden toimeenpanoon hallinnonalojen ohjausprosessien kautta.</p> <p>Maanpuolustuksen tarvitsema laaja-alainen osaamisohja rakentuu kansallisen monihallinnollisen työnjaon ja yhteistyön varaan. Tavoitteena on, että Suomessa on tieteellisesti korkeatasoista tutkimusta myös maanpuolustuksen osaamisohjaa tukevilla alueilla, tutkimusta hyödynnetään tehokkaasti innovaatioiden lähteenä ja toimintaympäristö on kannustava alan yrityksille. Korkealuokkainen osaaminen ja dynaaminen yrityskehitys ovat edellytyksiä sille, että Suomi on houkutteleva yhteistyökumppani. Kehittämistoimenpiteet koostuvat maanpuolustusta tukevan kansallisen osaamisen ennakoivasta tunnistamisesta ja kehittämisestä sekä teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta. Tämän pohjalta on mahdollista turvata maanpuolustusta tukeva kriittinen osaaminen sekä edistää tämän osaamisen hyödyntämistä innovaatiotoiminnassa.</p>		
Kustantaja	Työ- ja elinkeinoministeriö, Puolustusministeriö		
Julkaisun myynti/jakaja	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Arbets- och näringsministeriet, Försvarsministeriet		30.4.2019
Författare	Marikaisa Tiilikainen, Kati Vuorenvirta, Pirjo Kutinlahti och Kirsti Vilén		
Publikationens titel	Förstärkning av den nationella kunskapsbasen och innovationsförmågan för landets försvar		
Publikationsseriens namn och nummer	Arbets- och näringsministeriets publikationer ANM rapporter 2019:25		
Diarie- /projektnummer	-	Tema	Ministeriet
ISBN PDF	978-952-327-413-6	ISSN PDF	1797-3562
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-413-6		
Sidantal	46	Språk	finska
Nyckelord	försvarsforskning, innovationer, företag		
Referat	<p>De förslag till utvecklande av forskningen och innovationsverksamheten som gjorts för att säkerställa den nationella kunskapsbasen för landets försvar och främja innovationsförmågan koncentrerar sig på att trygga och utveckla kunskapsbasen på de kritiska teknikområden som beskrivs i statsrådets principbeslut Tryggande av det finska försvarets teknologiska och industriella bas. I Finland finns ett starkt kommersiellt kunnande som anknyter till grundforskningen och som har byggts upp runt försvaret. Utgående från detta kunnande är det möjligt att skapa ny tillväxt och konkurrenskraft som förstärks av bl.a. industriellt samarbete.</p> <p>Försvarsministeriet samt arbets- och näringsministeriet har berett detta dokument i samarbete med de centrala intressentgrupperna. Målet är att påverka utvecklandet av det nationella systemet för forskning, utveckling och innovationer och möjligheterna att uppnå målen genom förvaltningsområdenas styrprocesser.</p> <p>Den vidsträckt kunskapsbas som landets försvar behöver bygger på nationell arbetsfördelning och samarbete mellan flera förvaltningsområden. Målet är att Finland ska ha en vetenskapligt högklassig forskning också inom de områden som stöder försvarets kunskapsbas, att forskningen ska utnyttjas effektivt som källa till innovationer och att miljön ska vara stimulerande för företagen i branschen. Ett högklassigt kunnande och ett dynamiskt företagsfält är förutsättningar för att Finland ska kunna vara en attraktiv samarbetspartner. Utvecklingsåtgärderna består av förutseende identifiering och utvecklande av det nationella kunnande som stöder försvaret samt av tryggande av den tekniska och industriella basen. Utgående från detta är det möjligt att trygga det kritiska kunnande som stöder landets försvar samt främja utnyttjandet av detta kunnande i innovationsverksamheten.</p>		
Förläggare	Arbets- och näringsministeriet, Försvarsministeriet		
Beställningar/ distribution	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Description sheet

Published by	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, Ministry of Defence		30 April 2019
Authors	Marikaisa Tiilikainen, Kati Vuorenvirta, Pirjo Kutinlahti and Kirsti Vilén		
Title of publication	Building a stronger national competence base and innovation capacity for national defence		
Series and publication number	Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment MEAE reports 2019:25		
Register number	-	Subject	Ministry
ISBN PDF	978-952-327-413-6	ISSN PDF	1797-3562
Website address URN	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-413-6		
Pages	46	Language	Finnish
Keywords	defence research, innovations, businesses		
<p>Abstract</p> <p>Proposals for the development of research and innovation activities regarding measures to build stronger national competence base and innovation capacity for national defence focus on safeguarding and developing competence in the critical technology sectors referred to in the Government Resolution on safeguarding the technological and industrial foundation of Finland's national defence. Finland has built strong basic research and commercial competence around defence, thereby allowing further growth and competitiveness to be created with the help of industrial cooperation.</p> <p>The Ministry of Defence and the Ministry of Economic Affairs and Employment have prepared this document in cooperation with key stakeholders. The objective is to use the steering processes of administrative branches to promote the development of a national R&D&I system and to drive the implementation of objectives.</p> <p>The extensive competence base our national defence requires is built on cooperation and the division of roles and responsibilities across multiple administrative sectors. The objective is to establish high-level scientific research in Finland in sectors supporting the competence base of national defence, to use research data as a source of innovation, and to provide an encouraging environment for businesses. To be an attractive partner, Finland must be able to offer cutting-edge competence and a dynamic business environment. Development measures consist of proactive identification and development of competence that supports national defence, and safeguarding the technological and industrial foundation. With these in place, it is possible to ensure competences critical for national defence, and to promote the effective utilisation of such competence for innovation.</p>			
Publisher	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, Ministry of Defence		
Publication sales/ Distributed by	Online version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Publication sales: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Sisältö

Saatesanat	7
Yhteenveto	8
1 Johdanto ja rajaukset	10
2 Maanpuolustuksen tarvelähtökohdat	11
3 Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan muutosvoimat	14
4 Puolustuksen TKI-toiminnan keskeiset toimijat	20
5 Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan turvaaminen	29
5.1 Kriittisen suorituskykyalueiden osaamisen ja keskeisten teknologioiden nykytila	29
5.1.1 Johtamisen ja verkostotoiminnan sekä tiedustelun, valvonnan ja maalittamistuen teknologiat	30
5.1.2 Materiaali- ja rakenneteknologiat.....	32
5.1.3 Moniteknologisten järjestelmien sekä järjestelmähallinnan teknologiat	34
5.1.4 Bioteknologia ja kemian teknologiat	35
5.2 Nykytilan SWOT-analyysi.....	37
6 Kehittämislinjaukset ja toimenpide-ehdotukset	38
6.1 Systemaattisen ennakoinnin ja ajantasaisen tilannekuvan rakentaminen – luonnontieteen ja teknologian osaamisohja	38
6.2 Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan tarpeiden määrittely.....	39
6.3 Osaamisen rakentaminen ja ylläpito	40
6.4 Puolustusalan kilpailukyvyyn ja yritysten innovaatioedellytysten parantaminen	43
Liite 1	44

SAATESANAT

Maanpuolustuksen kansallisen osaamis pohjan varmistamisesta ja innovaatiokyvyn edistämisestä tehdyt tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehittämiss ehdotukset keskittyvät niiden kriittisten teknologia-alueiden osaamisen turvaamiseen ja kehittämiseen, jotka on kuvattu valtioneuvoston periaatepäätöksessä Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta. Suomessa on maanpuolustuksen ympärille rakentunutta vahvaa sekä perustutkimukseen liittyvää että kaupallista osaamista, jonka pohjalta on mahdollista rakentaa mm. teollisen yhteistyön vahvistamana uutta kasvua ja kilpailukykyä.

Puolustusministeriö sekä työ- ja elinkeinoministeriö ovat valmistelleet tämän asiakirjan yhteistyössä keskeisten sidosryhmien kanssa. Valmistelutyöhön osallistuneet ministeriöt vastaavat yhdessä myös kehittämiss ehdotusten toimeenpanosta. Tavoitteena on vaikuttaa kansallisen tutkimus- kehittämis- ja innovaatiojärjestelmän kehittämiseen ja tavoitteiden toimeenpanoon hallinnonalojen ohjausprosessien kautta.

Maanpuolustuksen tarvitsema laaja-alainen osaamis pohja rakentuu kansallisen poikikihallinnollisen työnjaon ja yhteistyön varaan. Tavoitteena on, että Suomessa on tieteellisesti korkeatasoista tutkimusta myös maanpuolustuksen osaamis pohjaa tukevilla alueilla, tutkimusta hyödynnetään tehokkaasti innovaatioiden lähteenä ja toimintaympäristö on kannustava alan yrityksille. Korkealuokkainen osaaminen ja dynaaminen yrityskehittäminen ovat edellytyksiä sille, että Suomi on houkutteleva yhteistyökumppani.

Kehittämistoimenpiteet koostuvat maanpuolustusta tukevan kansallisen osaamisen ennakoivasta tunnistamisesta ja kehittämisestä sekä teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta. Tämän pohjalta on mahdollista rakentaa Suomeen uutta kasvua ja kilpailukykyä.

Työ- ja elinkeinoministeriö
Puolustusministeriö

YHTEENVETO

Tarvelähtökohdat

Maanpuolustuksen tarvitsemaa laaja-alaista osaamis pohjaa ei kyetä ylläpitämään ja kehittämään yksin Puolustusvoimien sisäisellä TK-toiminnalla, ajoittaisella projektirahoituksella tai vapaaehtoisella verkostotoiminnalla.

Maanpuolustuksen ja sen edellyttämän osaamis pohjan säilyttäminen ja kehittäminen ovat kansallisia kysymyksiä. On tarpeen sopia yhteisistä tavoitteista, periaatteista ja työnjaosta. Voimavarojen kohdentaminen vaatii myös koordinoituja painopistevalintoja. Lähtökohtana tarvemäärittelylle on Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen teknologisen ja teollisen perustan turvaaminen (2016). Painopiste on teknillisissä ja luonnontieteissä

Kehittämislinjaukset

Tavoitteena on, että Suomessa on tieteellisesti korkeatasoista tutkimusta myös maanpuolustuksen osaamis pohjaa tukevilla alueilla, tutkimusta hyödynnetään tehokkaasti innovaatioiden lähteenä ja toimintaympäristö on kannustava alan yrityksille. Korkealuokkainen osaaminen ja dynaaminen yritys kenttä ovat edellytyksiä sille, että Suomi on houkutteleva yhteistyökumppani.

Maanpuolustuksen tarvitsema laaja-alainen osaamis pohja rakentuu kansallisen poikikihallinnollisen työnjaon ja yhteistyön varaan. Toimenpiteet koostuvat maanpuolustusta tukevan kansallisen osaamisen ennakoivasta tunnistamisesta, kehittämisestä ja ylläpitämisestä sekä teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta.

Keskeiset toimenpiteet

1. Luodaan vuosittain maanpuolustuksen kansallisen osaamis pohjan ja kehittämisen tilannekuva yhteistyössä PLM:n ja TEM:n hallinnon alan sekä muiden keskeisten sidosryhmien kanssa. Lisäksi VTT Oy:lle annetaan tehtäväksi teknologioiden ja luonnontieteiden systemaattisen ennakkoinnin ja ajantasaisen tilannekuvan rakentaminen, jonka toimii syötteenä kansallisiin prosesseihin mm. Puolustusvoimien teknologiaennakointiin.

2. Varmistetaan maanpuolustuksen osaamisen kehittämisen voimavarat:
 - Esitetään 20 milj. euron ohjelmarahoitusta vuosille 2020-2023 maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjelman ja innovaatiokyvyn vahvistamiseksi. Kansallisen siemenrahoituksen avulla edistetään tiedeyhteisön ja yritysten yhteishankkeita puolustusalan tutkimuksen, tuotekehityksen ja innovaatio-toiminnan edistämiseksi. Ohjelmarahoituksella on tulevana vuosina merkittävä vipuvaikutus epäsuoran teollisten yhteistyön ja EU:n puolustusrahaston hyödyntämiseksi. Rahoitus kohdennetaan hakijoille Business Finlandin koordinoimana kilpailutuksen kautta. (TEM)
 - Varmistetaan VTT:n rahoituksen kehitys siten, että VTT kykenee ylläpitämään ja kehittämään maanpuolustuksen osaamista ja määriteltyjen teknologia-alueiden osaamisohjelman. Lyhyellä aikavälillä painotuksia voidaan tarkistaa VTT:n käytettävissä olevan rahoituksen sisällä, mutta pidemmällä aikavälillä kestävä ratkaisu edellyttää lisäpanostusta VTT:n valtionavustukseen. (TEM)

3. Kehitetään edelleen puolustusalan kilpailukykyä ja yritysten innovaatioedellytyksiä lisäämällä uusien toimijoiden tietoisuutta puolustusmarkkinoista ja niihin liittyvistä liiketoimintamahdollisuuksista sekä edistämällä alan uusyrittäjätoimintaa.

1 Johdanto ja rajaukset

Suomi ylläpitää laaja-alaisesti keskeisiin sotilaallisiin suorituskykyihin liittyvää kansallista teknologista osaamista sekä riittävää huoltovarmuutta ja puolustusteollisuutta¹. Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta määrittää kansallisen puolustuksen kannalta keskeisten suorituskykyjen rakentamiseen ja ylläpitoon vaadittavan teknologisen ja teollisen kyvyn ja osaamisen². Valtioneuvoston periaatepäätöstä toimeenpannaan erilaisin keinoin; muun muassa materiaali- ja hankintapolitiikalla, teollisuuspolitiikalla, puolustusyhteistyöllä sekä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnalla (TKI).

Tässä asiakirjassa kuvataan toimenpiteitä, joilla pyritään yhteisesti varmistamaan maanpuolustuksen edellyttämä kansallinen osaamis pohja ja voimavarat. Tämä edellyttää yhteistä kansallista tahtotilaa sekä poikkihallinnollista yhteistyötä koulutuksen, tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan alueella. Toimenpiteet koostuvat kansallisen osaamisen ennakoivasta tunnistamisesta ja kehittämisestä sekä puolustus- ja turvallisuusteollisuuden kansainvälisen kilpailukyvyn vahvistamisesta strategisen tutkimusyhteistyön sekä osaamiseen markkinoinnin tehostamisen avulla.

Tämä asiakirja lähtee maanpuolustuksen tarpeista, mutta osaamis pohja ja puolustukseen liittyvät teknologiat ovat usein yhteisiä siviilitoimijoiden kanssa. Vahva osaamis pohja on edellytys Suomen kilpailukyvyllä ja yhteistyölle kansainvälisissä ja kahdenvälisissä kumppanuuksissa ja verkostoissa.

¹ Pääministeri Sipilän hallitusohjelma (s. 34–35)

² Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaaminen, Valtioneuvoston periaatepäätös, PLM 2016

2 Maanpuolustuksen tarvelähtökohdat

Turvallisuusympäristömme on muuttunut epävakaammaksi. Voimapolitiikka ja vastakainasettelu ovat johtaneet tilanteeseen, jossa jännitteet ovat kasvaneet Suomenkin lähialueilla. Useat Euroopan ja Itämeren alueen valtiot ovat reagoineet turvallisuusympäristön muutoksiin parantamalla asevoimiensa valmiutta ja materiaalista suorituskykyä. Sotilaallisen maanpuolustuksen päämääränä on muodostaa ennalta ehkäisevä kynnys sotilaallisen voiman käytölle tai sillä uhkaamiselle sekä kyky torjua maamme kohdistuvat hyökkäykset. Tämä säilyy puolustuksen prioriteettina myös 2020-luvulla. Pitkäjänteisen suunnittelun merkitys painottuu, sillä puolustusjärjestelmä voidaan rapauttaa hyvinkin lyhyessä ajassa, mutta sen uudelleen rakentaminen kestää vuosikymmeniä ja on huomattavasti kalliimpaa kuin tavoitteellinen kehittäminen³. Globaalit osaamisverkostot ja riippuvuudet vaikuttavat kansalliseen kriittiseen osaamiseen ja puolustusyhteistyön merkitys korostuu.

Suomen sotilaallisen puolustuksen toiminnan ja kehittämisen tavoitteet asettavat vaatimukset tarvittavalle osaamiselle. Puolustushallinnon suorituskykyinvestointien suuruus ja pitkäkestoisuus edellyttävät strategista ennakkointia toimintaympäristön sekä sodan- ja taistelunkuvan muutoksista. Strategisen ennakkoinnin avulla pyritään myös ennalta tunnistamaan ne suorituskyvyt ja teknologiat, joissa meidän on hankittava omaa osaamista omavaraisuuden tai etumatkan ja yllätysmomentin hankkimiseksi suorituskykyjen kehittämisessä.

Puolustusmateriaalin teknillistymisen ja monipuolistumisen myötä on kaluston sekä sen järjestelmien ja komponenttien elinkaaren aikainen kehittäminen ja ylläpito muuttunut haasteellisemmaksi. Järjestelmät perustuvat yleensä useiden eri teknologioiden mahdollistamiin ratkaisuihin. Tällaiset moniteknologiset järjestelmät ovat usein suorituskykyjen kannalta kriittisiä, eli niillä on merkittävä vaikutus puolustusjärjestelmän kyvykkyyteen. Tällaisia kriittisiä järjestelmiä ovat esimerkiksi suorituskykyisimmät asejärjestelmät ja -lavetit, johtamisjärjestelmän osat sekä osat tiedustelu-, valvonta- ja maallittamistuen järjestelmästä. Osaamisen näkökulmasta materiaalin hankinnassa keskeisessä roolissa ovat vaatimusten asettaminen ja niiden todentaminen ja toisaalta käytön suhteen keskeistä on integraatio sekä toiminnan ja käyttöperiaatteiden optimointi⁴.

³ Puolustusministeriön tulevaisuuskaatsaus: Turvallisuus ja puolustus – suomalaisen hyvinvoinnin kivijalka, VNK 2018

⁴ Referaatti puolustusministeriön tilaamasta selvitysmiehen raportista, joka koskee puolustushallinnon tutkimustoiminnan verkottumisen haasteita ja mahdollisuuksia eräillä aloilla, PLM Raportti-sarja 1/2013

Maanpuolustuksen tarvitsemaa laaja-alaista osaamis pohjaa ei kyetä ylläpitämään ja kehittämään yksin Puolustusvoimien sisäisellä tutkimus- ja kehittämistoiminnalla (T&K), ajoittaisella projektirahoituksella tai vapaaehtoisella verkostotoiminnalla. Jatkuvuuden hallinnan ja osaamisen kehittämisen kannalta on tarpeen sopia tavoitteista, periaatteista ja työnjaosta kansallisen kriittisen osaamisen ylläpitämisessä. Tarvittava osaaminen ja toimintamalli rakennetaan pitkäjänteisellä ja suunnitelmallisella toiminnalla, ja se edellyttää koko suorituskyvyn elinjakson aikaista ylläpitoa ja tukea. Normaaliolojen yhteistyö luo perustan myös poikkeusolojen toimintakyvylle.

Puolustustutkimuksella tarkoitetaan puolustuskykyä laajasti tukevaa tutkimusta. Puolustuskyky muodostuu puolustusjärjestelmän sotilaallisista suorituskyvyistä sekä kansallisesta viranomaisyhteistyöstä ja kansainvälisestä puolustusyhteistyöstä. Puolustustutkimuksella luodaan tietopohjaa, osaamista ja ymmärrystä suunnittelun ja päätöksenteon perustaksi ja tueksi.

Tutkimus- ja kehittämistoiminta tukee puolustuksen uudistumiskykyä ja on myös keskeinen riskienhallinnan väline, jolla voidaan tunnistaa kehittämisvaihtoehtojen ja -päästösten riskejä ja niiden hallintakeinoja. Suorituskykyä tukevalla tutkimuksella puolestaan pyritään varmistamaan, että järjestelmät ja joukot säilyvät toimintakykyisinä myös poikkeusoloissa. Tutkimus- ja kehittämistoiminnalla on keskeinen rooli myös Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa.

Suomi on pienenä valtiona riippuvainen kilpailukykyisten puolustustarvikkeiden hankinnasta ja saatavuudesta globaaleilta markkinoilta. Koska Suomen oma puolustusteollinen kapasiteetti on rajallinen, monet keskeiset asejärjestelmät ostetaan ulkomailta. Suomella täytyy kuitenkin itsellään olla tarvittava teollinen ja teknologinen osaaminen kriittisten järjestelmien ylläpitämiseksi ja muokkaamiseksi, jotta niiden itsenäinen käyttö voidaan taata kaikissa olosuhteissa. Toimintaympäristön haasteet huomioiden meillä tulee olla myös kyky ymmärtää ennakoivasti muiden käyttämiä järjestelmiä ja niihin liittyviä teknologioita. Pääosin tämä osaaminen on kotimaisessa puolustusteollisuudessa ja sitä täydentää kotimainen tiedeyhteisö. Puolustusvoimat keskittyvät kehittämään ja ylläpitämään osaamista, jota pitää löytyä Puolustusvoimilta itseltään tai jota ei ole muualta saatavissa.

Suomelle riittävän puolustusteollisen ja -teknologisen perustan ylläpitäminen edellyttää myös tiivistä kansainvälistä yhteistyötä. Kansainvälisiin hankkeisiin osallistuminen on merkityksellistä myös uusien teknologisten kyvykkyyksien kehittämiseksi. Yhteistyötä tehdään niin viranomaisten kuin koti- ja ulkomaisen puolustusteollisuuden kesken. Puolustusteknologian nopea kehitys edellyttää jatkuvaa osaamisen ylläpitoa, joka onnistuu mm. aktiivisella yhteistyöllä ulkomaisen puolustusteollisuuden kanssa. Tutkimus- ja kehittämishankkeissa yhteistyön perustana on oma osaaminen, joka on vaihdannan välineenä välttämätön.

Puolustushallinto valmistelee parhaillaan kahta merkittävää strategista puolustushankintaa (Laivue 2020 ja HX), joihin molempiin puolustusministeriö on päättänyt liittää teollisen yhteistyön velvoitteen. Hankittavaan kalustoon tullaan elinkaaren aikana tekemään huomattava määrä merkittäviä parannuksia ja järjestelmämuutoksia, jotka johtuvat sekä kansainvälisestä teknologiakehityksestä että Suomen oman puolustuksen kehittämisen tarpeista. Suomen toimintavapauden ja sotilaallisen huoltovarmuuden lisäksi yhä tärkeämmäksi käy kaluston kansainvälinen ja kansallinen yhteensopi- vuus ja yhteistoimintakyky. Tämä edellyttää kotimaista valmiutta ja kykyä vaativiin, eri valmistajien ja standardien mukaisten tuotteiden ja järjestelmien integrointiin. Suora teollinen yhteistyö tuottaa edellytykset hankittavan kaluston ylläpidolle ja kehittä- miselle, mutta se tarvitsee rinnalleen pitkän aikavälin toimintavapautta turvaavaa alan tutkimusta ja teknologiakehitystä. Epäsuora teollinen yhteistyö antaa hyvät mahdolli- suudet alan osaamisen ja tutkimuksen kehittämiseen suomalaistoimijoiden ja ulko- maalaisten puolustustarviketoimittajien kesken.

3 Maanpuolustuksen kansallisen osaamis pohjan muutosvoimat

Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa -raportissa (2017) kuvataan nykyistä huoltovarmuuden osaamis pohjaa ja siihen liittyviä haasteita⁵. Raportissa tuodaan esille se, että strategisten osaamisten ja kriittisten teknologioiden merkitys on tunnistettu Suomessa pitkän prosessin aikana ja perusteita osaamistarpeille on esitetty jo 1990-luvun puolivälissä pitkän tähtäimen suunnitelmissa ja eri työryhmien raporteissa. Osaamisen merkityksen laajamittainen ymmärtäminen yhdistettynä puolustuksen toimintaympäristön muutokseen ovat perusta osaamis pohjan pitkäjänteiselle kansalliselle kehittämiselle ja ylläpitämiselle.

Vaikka Puolustusvoimat on kehittänyt systemaattisesti maanpuolustuksen osaamista muun muassa neljän Puolustusvoimien teknologiaohjelman kautta (vuosina 2003–2016) ja Puolustusvoimien viimeisin tutkimusohjelma (vuosiksi 2017–2020) on toteutuksessa, eivät puolustushallinnon voimavarat yksin riitä kiihtyvän teknologisen kehityksen ymmärtämiseen ja siihen tarvittavan kompleksisen osaamisen ylläpitämiseen. Vuoropuhelu kansallisen turvallisuuden tarvelähtökohtien ja osaamista tuottavien toimijoiden välillä sekä yhteinen ymmärrys painopisteistä on edellytys ennakoivan ja yhdenmukaisen osaamis pohjan rakentumiselle.

Uudet ilmiöt ja teknologian kehittyminen

Teknologiamurros ja uudet toimintaulottuvuudet, kuten kyber ja avaruus, vaikuttavat puolustuksen kaikille osa-alueille. Tämä aiheuttaa kasvavia vaatimuksia joukoille, yksittäisen sotilaan osaamiselle ja toimintakyvyille, johtamiselle, puolustuksen järjestelmille ja materiaaliselle valmiudelle sekä logistiikalle. Digitalisaatio, tekoäly, koneautonomia ja esineiden internet haastavat yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja ja kriittistä infrastruktuuria, johon myös sotilaallinen maanpuolustus tukeutuu. Muutokset tuotanto-, valmistus- ja energiateknologioissa mahdollistavat uudenlaisen omavaraisuuden, mutta edellyttävät uudenlaista osaamista. Erilaiset riippuvuudet ja haavoittuvuudet edellyttävät uudenlaista varautumista ja globaalien toimitusketjujen hahmottamista ja hallintaa⁶.

⁵ Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 81/2017.

⁶ Puolustusministeriön tulevaisuuskaatsaus: Turvallisuus ja puolustus – suomalaisen hyvinvoinnin kivijalka, VNK 2018

Maanpuolustus tukeutuu entistä enemmän nopeasti kehittyviin, kuluttajatarpeista lähteviin, siviiliteknologioihin. Puolustusvoimissa pyritään keskittämään omat voimavarat edellä mainittujen teknologioiden ympärille rakennettavien toimintakonseptien kehittämiseen ja ylläpitoon esimerkiksi taistelun johtamisen järjestelmät.

Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatioympäristön muutos

Maanpuolustuksen osaamisen kehittäminen nojaa kansalliseen TKI-järjestelmään ja sen kykyyn tuottaa uutta tietoa ja teknologioita. Vahva kansallinen osaamis pohja on edellytyksenä myös kansainväliselle yhteistyölle ja sen kautta syntyvien kumppanuuksien rakentamiselle.

Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiojärjestelmämme on viime vuosina käynyt läpi merkittäviä rakenteellisia uudistuksia, joista keskeisimpiä ovat yliopisto- ja tutkimuslaitosuudistus, VTT:n yhtiöittäminen sekä tutkimusrahoitusjärjestelmässä tehdyt uudistukset muun muassa strategisen neuvoston rahoitusvälineen perustaminen. Näiden uudistusten lisäksi julkiseen TKI-rahoitukseen tehdyt määrärahaileikkaukset ovat vaikuttaneet niin puolustusvoimien omaan kuin sen keskeisten yhteistyökumppaneiden, yliopistojen ja tutkimuslaitosten kykyyn kehittää puolustukseen liittyvää osaamista.

Nykyinen yliopistojen rahoitusmekanismi ja sen kannusteet korostavat tieteellistä julkaisemista ja kansainvälisesti korkeatasoisen tutkimuksen kärjen tavoittelua. Ulkopuolinen rahoitus on keskeistä tutkimuksen jatkuvuuden kannalta, mutta hankkeiden tulee olla entistä enemmän yliopistojen strategian mukaisia, eivätkä yliopistojen strategiset painopisteet tule välttämättä puolustuksen kannalta tärkeitä osaamisalueita.

Suomalaiset yliopistot myös kansainvälistyvät⁷, mikä tulee huomioida kansallisen osaamisen jatkuvuuden hallinnassa. Kansainvälisesti suuntautunutta tiedeyhteisöä ei välttämättä kiinnosta niukasti rahoitettu ja tieteellisiä tuotoksia (eli julkaisuja ja opinnäytetöitä) vähäisesti tarjoava yhteistyö Puolustusvoimien kanssa. Avoimen tieteen tavoitteiden⁸ edistäminen asettaa myös haasteita puolustustutkimukselle, sillä julkisuuslainsäädännön vaatimukset paikoin rajoittavat yhteistyömahdollisuuksia. Puolustusvoimien tarpeisiin vastaavalla TKI-toiminnalla ei myöskään kaikilta osin ole liiketoiminnallista potentiaalia.

⁷ Avoin ja kansainvälinen Suomi, OKM 5.2.2018

⁸ Avoimen tieteen ja tutkimuksen tavoitteena on avoimuuden keinoin edistää tiedettä ja lisätä sen yhteiskunnallista vaikuttavuutta parantamalla tutkimuksen tuottaman tiedon hallintaa ja hyödyntämistä. Lisäksi tavoitteena on, että vuoteen 2017 mennessä Suomi nousee yhdeksi johtavista maista tieteen ja tutkimuksen avoimuudessa ja että avoimen tieteen mahdollisuudet hyödynnetään laajasti yhteiskunnassamme.

Puolustushallinnon T&K-menojen supistaminen on vähentänyt Puolustusvoimien ostopalveluja yliopistoilta tai tutkimuslaitoksilta. Määrärahaileikkaukset ovat heikentäneet myös VTT:n mahdollisuuksia tehdä puolustuksen osaamistarpeisiin liittyvää tutkimusta. Soveltavan tutkimuksen rahoitusta on yhä vähemmän tarjolla, mikä lisää painetta yksityisen sektorin omiin panostuksiin. Yksityisellä sektorilla TKI-investoinnit tehdään liiketaloudellisin perustein, mutta kansallisen turvallisuuden kannalta kriittiset osaamiset eivät ole aina kaupallisesti merkityksellisiä. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa puolustuksen kriittisen osaamisen rakentamiseen tarvitaan kansallista ohjausta ja sitoutumista.

Kansainvälinen tutkimusyhteistyö edellyttää vahvaa kansallista osaamista. Esimerkiksi Eurooppalainen puolustustutkimus tai NATO:n Science and Technology -työryhmissä mukanaolo edellyttää kansallista kontribuutiota. Kansainvälisen yhteistyön hyöty voidaan lunastaa vain vahvan oman kansallisen tutkimuspanoksen kautta.

Puolustusteollisuuden piirteitä ja kehityskulkuja

Puolustusteollisuusalan markkinat ovat luonteeltaan erityiset. Puolustusteollisuus kytkeytyy läheisesti valtiollisen olemassaolon keskeisiin intresseihin, jolloin valtiot suojelevat myös omia puolustusalan yrityksiä. Puolustusteollisuus kytkeytyy valtioiden väliseen kilpailuun vaikutusvallasta, ja sotilaallinen ja taloudellinen mahti ovat edelleen vaikutusvallan keskeisiä pilareita. Suuret maat dominoivat alaa, eikä pienistä maista ymmärrettävästi nouse ns. systeemioperaattoritason toimijoita. Vahva elinkeinorakenne ja teollinen perusta luovat pohjaa myös puolustusteollisuuden menestykselle.

Maailman noin kahden tuhannen miljardin dollarin vuotuisista puolustusmenoista USA:n osuus on vajaa puolet ja Euroopan osuus noin neljännes. Kiina, Venäjä, Ranska ja Britannia ovat maatarkastelussa USA:n ohella kärjessä. Venäjän asevientien merkittävyys on Kiinan taloudellinen nousu on edennyt tasatahtia sen puolustusteollisuuden kanssa.

Yhdysvaltain suurvalta-aseman keskeinen tekijä on ollut teknologiaylivoiman säilyttäminen. Elinkeinoelämän ja puolustusteollisuuden yhteistyö on ollut merkittävä osa amerikkalaista taloutta. Digitalisaation aikakaudella puolustusteollisuus joutuu yhä useammin kääntymään siviiliyritysten puoleen, jotta kehittyvän digitalisaation mahdollisuuksia voidaan hyödyntää asejärjestelmissä.

Eurooppalaiset asejärjestelmät ovat tyypillisesti kansallisia ja markkina on pirstaloitunut. Kansainvälinen kilpailu edistää alan eurooppalaista yhdentymiskehitystä, ja kilpai-

lukuvoiman säilymistä edellytyksenä onkin alan yhdentymiskehityksen jatkuminen. Euroopassa puolustusteollisuutta on haluttu tuoda asteittain yhteismarkkinoiden piiriin sääntelyn keinoin.

Valmisteilla oleva Euroopan puolustusteollisuuden kehittämissuunnitelma asettaa tavoitteeksi kilpailukykyyn ja innovatiivisuuden ohella Euroopan puolustusteollisuuden strategisen autonomian. Strategisen autonomian käsitettä ei määritellä tarkemmin, mutta todellisuudessa sitä tulee tarkastella edellä kuvatussa kilpailukehyksessä. Euroopan globaalistrategiassa Euroopan puolustuksen lähtökohdaksi asetetaan transatlanttinen yhteistyö, mutta tarvittaessa tavoitellaan kykyä itsenäiseen toimintaan. Toisaalta halutaan, että eurooppalainen puolustusteollisuus on kilpailukykyinen maailmanmarkkinoilla.

Markkinoiden hidaskin avautuminen palvelee pienten maiden etuja. Pienet maat, kuten Suomi, pitävät tärkeänä päästä mukaan alan toimitusketjuihin. Parhaassa tapauksessa pienistä maista tulevat innovatiiviset pienet ja keskiuuret yritykset voivat uudistaa suuria järjestelmäoperaattoritason toimijoita. Suomen näkökulmasta kyse onkin parhaimmillaan juuri tästä. Ideaalitalanne Suomen elinkeinoelämän kannalta olisi se, että Suomi pääsee paremmin mukaan kansainvälisiin toimitusketjuihin omilla vahvuuksillaan ja erityisosaamisillaan.

Puolustusteollisuus on Suomen elinkeinorakenteen kokonaisuuden mittakaavassa pienehkö toimija. Elinkeinoelämän kokonaisuuden näkökulmasta puolustusteollisuus on joiltakin osin keihäänkärki, jonka erityisosaamiset ja kyvykkyydet tulevat myös siviilipuolella käyttöön. Esimerkiksi Nokian matkapuhelinliiketoiminnassa puolustusteollisella yhteistyöllä oli merkittävä rooli. Puolustusvoimien kriittiset teknologiakärjet ovat hyvin linjassa Suomen teollisuuden ja elinkeinorakenteen uudistumistarpeiden kanssa. Puolustusvoimien strategiset hankinnat ja niihin liittyvä teollinen yhteistyö sekä toisaalta alan eurooppalaiset kehittämissuunnitelmat ovat mahdollisuuksia myös Suomelle.

Perinteisesti Suomessa puolustusteollinen tuotanto on suuntautunut kotimaan markkinoille ja käytännössä lähes kaikki alan yritykset ovat pieniä tai keskiuuria. Viime vuosina viennillä on kuitenkin ollut jo merkittävä osuus teollisuuden liikevaihdosta. Muutos kotimaisen teollisuuden toimintakentässä on vaikuttanut myös Suomen sotilaallisen huoltovarmuuden turvaamiseen. Puolustusvoimien hankinnat eivät yksistään pysty ylläpitämään kotimaista alan teollisuutta.

Yksi tulevaisuuden haasteista on avainosaaminen, joka voi tutkimushankkeiden kautta siirtyä myös kilpailijamaiden asiantuntijoille. Tällaisista korkean teknologian osaamisalueista esimerkkinä on tekoälyyn liittyvä osaaminen. Ulkomaalaisen osaajan

kynnys lähteä takaisin kotimaahansa tai kansainväliseen yritykseen töihin on sitä matalampi, mitä hankalampaa ulkomaalaistaustaisten maisterien ja tohtorien työllistyminen on suomalaisissa yrityksissä. Tämä lisää halukkuutta lähteä Suomesta tutkinnon suorittamisen jälkeen, mikä nostaa painetta panostaa aiempaa enemmän ulkomaalaistaustaisten jatko-opiskelijoiden integraatioon. Tutkijoiden palaaminen kotimaahan tai siirtyminen muualle ulkomaille on esimerkiksi useimmissa kehittyvissä talouksissa järjestetty huomattavasti systemaattisemmin kuin oletamme⁹.

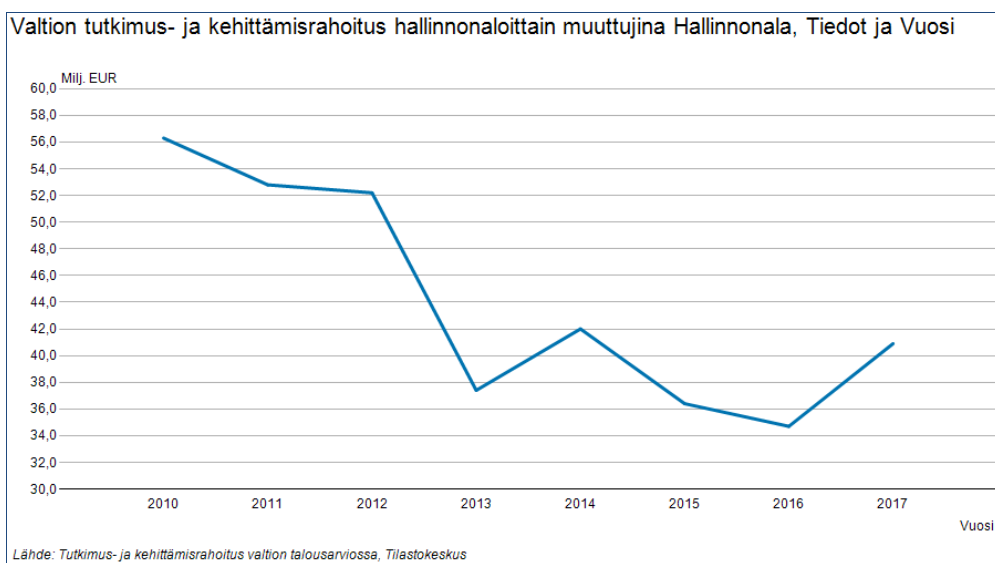
TKI-voimavarojen muutokset

Julkisen rahoituksen leikkaukset ja tutkimusrahoitusjärjestelmässä tapahtuneet muutokset ovat vaikuttaneet voimakkaasti niin Puolustusvoimien omaan kuin keskeisten yhteistyökumppaneiden tutkimuslaitosten (erityisesti VTT:n) ja yliopistojen tutkimuksen voimavaroihin.

Puolustusmäärärahojen supistaminen on vähentänyt Puolustusvoimien ostopalveluja, ja esimerkiksi Valtion tutkimuslaitosten ja -rahoituksen kokonaisuudistus (TULA-uudistus) vähensi mm. VTT:n strategista tutkimusrahoitusta. VTT:n määrärahoista yli 20 miljoonaa euroa siirrettiin rahoitusuudistuksessa Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoitusvälineeseen. Tämän seurauksena VTT:n mahdollisuudet osallistua esimerkiksi maanpuolustuksen osaamisohjelman rakentamiseen heikentyivät. Soveltavan tutkimuksen rahoitusta on yhä niukemmin tarjolla, mikä lisää painetta yksityisen sektorin omiin panostuksiin. Yksityisellä sektorilla panostukset tapahtuvat liiketaloudellisin perustein, mutta kansallisen turvallisuuden kannalta kriittiset osaamiset eivät ole aina kaupallisesti merkityksellisiä. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa puolustuksen osaamisohjelman rakentamiseen ja turvaamiseen tarvitaan kansallista ohjausta ja sitoutumista.

Samaan aikaan, kun tarve uuden tiedon, osaamisen sekä teknologioiden hyödyntämiselle on kasvanut, on puolustushallinnon omakin tutkimus- ja kehittämisrahoitus laskenut tasaisesti vuodesta 2010 lähtien (Kuva 1). Puolustuksen kriittisen osaamisen kannalta kehitys aiheuttaa merkittäviä kielteisiä kumulatiivisia vaikutuksia ja riskejä kansalliseen osaamisohjaan ja innovaatiokykyyn sekä osaamisen huoltovarmuudelle.

⁹ Tekoälyn kokonaiskuva ja kansallinen osaamiskartoitus -loppuraportti, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 4/2019.



Kuva 1. Valtion tutkimus- ja kehittämisrahoitus, puolustusministeriön hallinnonala 2010-2017¹⁰.

Nykyisellään puolustusministeriön hallinnonalan tutkimus- ja kehittämisrahoituksesta (Kuva 1) suurin osa kohdentuu Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen palkkamenoihin. Ulkopuolelta tilattavien ostopalvelujen osuus kokonaisuudesta on noin 9 miljoonaa euroa (vuonna 2017).

¹⁰ Valtion tutkimus- ja kehittämisrahoitus hallinnonaloittain vuosina 1984-2017, muuttujana hallinnonala, T&K-rahoitus käyvin hinnoin ja vuosin, Tilastokeskus.

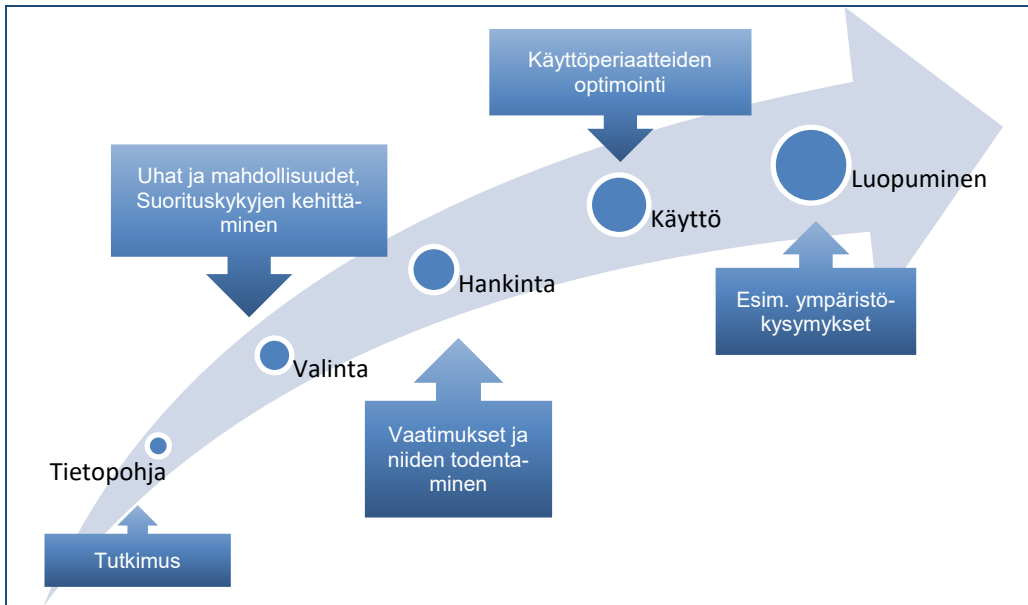
4 Puolustuksen TKI-toiminnan keskeiset toimijat

Puolustushallinto

Puolustusvoimat tekee ensisijaisesti sellaista tutkimusta, jota ei ole muualta saatavissa tai jossa omavarainen asiantuntemus on kriittisen tärkeää. Puolustusvoimien tekemä tutkimus on pääosin soveltavaa teknologista tutkimusta sekä konseptien kehittämistä ja kokeilutoimintaa. Suuri osa tästä tutkimuksesta tehdään Pääesikunnan ohjaamassa Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa. Tutkimuslaitoksen tehtävänä on tuottaa vaativia tutkimus- ja testauspalveluja strategian ja sotataidon sekä käyttäytymistieteiden ja useiden eri teknologioiden alueille. Tutkimuslaitos kehittää Puolustusvoimille strategisoperatiivisen tason käyttö- ja toimintaperiaatteita ja teknisiä ratkaisuja sekä varmistaa niiden toimivuuden, vaatimustenmukaisuuden ja yhteensopivuuden. Lisäksi tutkimuslaitos vastaa mm. henkilöstön ja Puolustusvoimien tehtäviin ja koulutukseen pyrkivien soveltuvuusarvioinneista ja eräistä muista Puolustusvoimien operatiivisista tehtävistä. Laitos on hallinnollisesti Pääesikunnan alainen sotilaslaitos, jossa on noin 200 työntekijää. Lisäksi puolustushaarat ja Sotilaslääketieteen keskus tekevät omaan toimialaansa liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa.

Osa puolustustutkimuksesta on perustutkimusta, jonka tavoitteena on lisätä ymmärrystä uudesta ilmiöstä ilman, että tutkimukselle on vielä näköpiirissä välittömiä sovelluksia. Perustutkimusta Puolustusvoimissa tehdään lähinnä Maanpuolustuskorkeakoulussa, joka vastaa upseerien koulutuksesta ja sotatieteellisestä tutkimuksesta. Tutkimuksen painopiste on erityisesti tulevaisuuden uhkakuvissa ja Suomen puolustusjärjestelmän kehittämisessä.

Muilta osin osaamisen rakentaminen perustuu Puolustusvoimien tilaustutkimukseen sekä kansalliseen ja kansainväliseen verkottumiseen tutkimuslaitosten, teollisuuden ja tiedeyhteisön kanssa. Maanpuolustuksessa käytettävät tekniset ratkaisut perustuvat yleensä useiden eri teknologioiden tuottamiin ratkaisuihin, mikä asettaa kriittisiä vaatimuksia myös osaamisverkostojen hallinnalle. Puolustushallinnon yksi ratkaisu osaamisverkostojen hallinnassa on Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta (MATINE). Vapaaehtoisuuteen perustuva MATINEn verkosto on ollut edelläkävijä kansallisessa toimintatavassa, jolla pyritään tukemaan puolustuksen edellyttämää laajaa osaamispohjaa ja innovaatioiden mahdollisuutta.



Kuva 2. Osaamisen liityntäpintoja Puolustusvoimien materiaalin elinkaareen.

Kuvassa 2 on esitetty tiedon ja erilaisten osaamisten kytkeytymistä Puolustusvoimien toimintaan materiaalien elinkaaren eri vaiheissa¹¹. Aluksi korostuu suorituskykyihin liittyvä yleinen uhkien ja mahdollisuuksien analyysi, olemassa olevien vaihtoehtojen kartoitus sekä luonnollisesti teknologioiden tutkimus ja kehitystrendien seuranta ja ennakointi. Materiaalin hankinnassa keskeistä on vaatimusten asettaminen sekä niiden todentaminen. Materiaalin käytössä oleellista osaamista ja tieteellisiä liityntäpintoja ovat integraatio sekä toiminnan ja käyttöperiaatteiden optimointi.

Käytännössä ymmärrystä uhkista ja vaihtoehtoista lisätään Puolustusvoimien kehittämisohjelmissa ja tutkimusohjelmissa. Kehittämisohjelmat ovat kokonaisuuksia, joilla kehitetään Puolustusvoimien suorituskykyjä, ja tutkimusohjelmat ovat kartoittavia ja valmistelevia tutkimus- ja kehityskokonaisuuksia. Tutkimus- ja kehittämisohjelmat ovat pääosin julkisuuslain (621/1999) mukaan salassa pidettäviä. Tutkimusohjelmia edeltävää julkista tutkimusta tehdään esim. MATINEn verkostossa.

¹¹ Referaatti puolustusministeriön tilaamasta selvitysmiehen raportista, joka koskee puolustushallinnon tutkimustoiminnan verkottumisen haasteita ja mahdollisuuksia eräillä aloilla, PLM Raportti-sarja 1/2013

Muut hallinnonalat ja tutkimusverkostot

Opetus- ja kulttuuriministeriö ohjaa korkeakoulujärjestelmää ja tiedelaitosten toimintaa sekä tukee tutkimusorganisaatioiden toimintamahdollisuuksia¹². Korkeakouluilla ja tutkimuslaitoksilla on keskeinen rooli puolustuksen tarvitseman laaja-alaisen osaamis-pohjan rakentamisessa ja ylläpitämisessä. Yhteistyö puolustushallinnon kanssa perustuu sekä tilaustutkimukseen että tavoitteelliseen verkottumiseen sekä valikoituihin yhteisprofessuureihin yliopiston ja Maanpuolustuskoerkeakoulun kesken.

Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan kehittämisen haasteena on se, että suomalaiset korkeakoulut keskittyvät yhä enemmän perustutkimukseen ja tieteelliseen julkaisemiseen. Ulkopuolinen rahoitus on yliopistoille edelleen tärkeää, mutta sillä tehtävän tutkimuksen toivotaan johtavan julkaistaviin tuloksiin. Suomalaiset yliopistot myös kansainvälistyvät¹³, mikä tulee huomioida kansallisen osaamisen jatkuvuuden hallinnassa. Kansainvälisesti suuntautunutta tiedeyhteisöä ei välttämättä houkuttele projektiluonteinen yhteistyö Puolustusvoimien kanssa. Lisäksi avoimen tieteen tavoitteiden edistäminen asettaa haasteita puolustustutkimukselle, sillä julkisuuslainsäädännön vaatimukset paikoin rajoittavat yhteistyömahdollisuuksia.

Yliopistojen strategiset prioriteetit ja pyrkimys korkeaan tieteelliseen laatuun ja avoimuuteen eivät välttämättä tue puolustuksen osaamistarpeista lähtevää kansallisten osaamisten kehittämistä, mikä perustuu usein uuden tiedon ja teknologioiden soveltamiseen ja jossain määrin myös salassa pidettävään tutkimukseen¹⁴.

Suomen Akatemia edistää korkealaatuista, vastuullista ja vaikuttavaa tutkimusta yhteiskunnan parhaaksi. Se myöntää rahoitusta tieteelliseen tutkimukseen, tutkijankoulutukseen ja tutkimusedellytysten kehittämiseen avoimen haun ja kilpailullisen menettelyn kautta¹⁵. Suomen Akatemian rahoitus tukee kuitenkin ensisijaisesti perustutkimusta, jonka lähtökohdat ovat yliopistojen omissa strategisissa painopisteissä ja valinnoissa. Suomen Akatemian sisältöpainotuksia ei siten määritetä julkisen hallinnon kuten puolustuksen tarvelähtökohdista, vaikka joillain ohjelmilla on välillisiä vaikutuksia osaamisohjan muotoutumiseen ja kasvattamiseen (esim. luonnontieteet ja tekniikka). Rahoitusprosessin luonteen vuoksi Suomen Akatemian rahoituksella ei nykyisellään tueta osaamisohjan jatkuvuuden hallintaa.

¹² <https://minedu.fi/korkeakoulutus-ja-tiede>

¹³ Avoin ja kansainvälinen Suomi, OKM 5.2.2018

¹⁴ Referaatti puolustusministeriön tilaamasta selvitysmiehen raportista, joka koskee puolustushallinnon tutkimustoiminnan verkottumisen haasteita ja mahdollisuuksia eräillä aloilla, PLM Raportti-sarja 1/2013

¹⁵ www.aka.fi

Suomen Akatemian yhteydessä toimiva **strategisen tutkimuksen neuvosto** rahoittaa ongelmakeskeistä tutkimusta, jonka tavoitteena on löytää ratkaisuja merkittäviin yhteiskunnan haasteisiin ja ongelmiin. Valtioneuvosto päättää strategisen tutkimuksen neuvoston aloitteesta tutkimusteemat, jotka muokataan tutkimusohjelmiksi. Tutkimusaiheet voivat liittyä esimerkiksi elinkeinoelämän uudistamiseen ja kilpailukyvyyn parantamiseen, työelämän edistämiseen tai julkisen sektorin kehittämiseen. Strategisen tutkimuksen neuvosto päättää itsenäisesti tutkimuksen ohjelmarakenteesta, ohjelmien rahoituksesta ja tutkimushankkeiden valinnasta. Rahoitettavat hankkeet valitaan kilpailun kautta tieteellisen laadun ja tutkimushankkeen yhteiskunnallisen merkittävyyden arvioinnin perusteella. Strategiseen tutkimusrahoitukseen oli käytettävissä noin 57 miljoonaa euroa vuonna 2017. Turvallisuudesta tehtävä tutkimus tukee turvallisuusympäristössä tapahtuvien muutosten seurantaa, analysointia ja ennakointia sekä uudenlaisten turvallisuusriskien huomioimista. Puolustusta tukevan kriittisen osaamisen kannalta strategisen tutkimuksen instrumentin vaikutus on kuitenkin toistaiseksi ollut hyvin välillinen.

Työ- ja elinkeinoministeriön ohjauksessa toimivalla **Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:**llä on ollut tehtäviä, jotka monessa muussa maassa kuuluvat laajemmin resursoidulle puolustustutkimuslaitokselle. Esimerkiksi Ruotsissa FOI Totalförsvarets forskningsinstitut ja Norjassa FFI Forsvarets forskningsinstitut vastaavat osaltaan viranomaisina puolustuksen tarvitsemasta tutkimuksesta. Suomessa Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tehtävä on tältä osin rajatumpi. VTT:n rooli maanpuolustuksen teknologisen osaamisen kehittämisessä ja ylläpitämisessä on ollut kriittinen ja mahdollistanut laaja-alaisen tietopohjan sekä luottamuksellisen yhteistyön.

VTT on toiminut vuoden 2015 alusta valtion erityisyhtiönä, jonka tehtävänä on riippumattomana ja puolueettomana tutkimuslaitoksena edistää tutkimuksen ja teknologian laaja-alaista hyödyntämistä sekä kaupallistamista elinkeinoelämässä ja yhteiskunnassa. Teknologian kehittämisen ja soveltavan tutkimuksen lisäksi VTT tekee myös tutkimukseen ja teknologiaan liittyvää ennakointitoimintaa (strateginen tutkimus) sekä toimii metrologian kansallisena tutkimusorganisaationa.

Yhtiöittämisellä lisättiin VTT:n taloudellista autonomiaa ja kykyä toimia nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Yhteistyö puolustusalan tutkimuksessa on edelleenkin VTT:lle tärkeää. Uudessa strategiassa turvallisuus on määritelty yhdeksi strategiseksi painopistealueeksi. Monialaisena tutkimuslaitoksena VTT:llä on useita osaamisalueita, joita maanpuolustuksessa voidaan hyödyntää. Lisäksi se on kokenut ja luotettava tilaustutkimuksen tekijä, joka voi tarvittaessa toteuttaa myös kansallisen puolustuksen edellyttämää salassa pidettävää tutkimusta. VTT:n kansainväliset tutkimusverkostot ja menestys Euroopan tutkimusohjelmissa hyödyttävät myös maanpuolustuksen osaamispuheen kehittämistä.

Yhteistyötä puolustushallinnon kanssa rajoittaa se, millä tavoin saadaan sovitettua yhtiön taloudellinen kannattavuus ja puolustuksen tutkimuksen kautta syntyvän osaamisen hyödyntäminen muissa toimeksiannoissa. VTT käyttää sille myönnettävää valtionavustusta strategiseen tutkimukseen, jonka pohjalle uudet asiakkuudet ja toimeksiannot voivat tulevaisuudessa rakentua. Työ- ja elinkeinoministeriöllä on omistajaohjaajana mahdollisuus ilmaista valtion tahtotila kansallista erityistarkastelua vaativissa kysymyksissä. Puolustuksen osaamis pohjan kehittämisessä VTT:llä on selkeästi osaamista ja vahvuuksia, joita tulee voida hyödyntää jatkossakin. Tasapaino yhteiskunnallisten tutkimustarpeiden ja liiketoimintaa ja toimeksiantoja tuottavien asiakkuuksien välillä on kaikkien etu. Vaikka puolustukseen liittyvällä TKI-toiminnalla ei kaikilta osin ole välitöntä liiketoimintaa tukevaa potentiaalia, voi kehittämisen kautta syntyä uutta osaamista, jota voidaan hyödyntää välillisesti muissa hankkeissa.

Business Finland on työ- ja elinkeinoministeriön alainen rahoitusorganisaatio, jonka tehtävänä on edistää teollisuuden ja palvelujen kehittymistä teknologian, innovaatioiden ja kasvurahoituksen keinoin. Business Finlandin tavoitteena on luoda mahdollisuuksia globaaliin kasvuun, edistää asiakkaiden uudistumista, tukea nousevia liiketoimintaekosysteemejä, rakentaa kumppanien kanssa huipputason innovaatioympäristö sekä tarjota asiakkaille reitti markkinoille. Tärkein kohderyhmä on kansainvälisiltä markkinoilta uudistavaa kasvua hakevat yritykset, joilla on halu ja kyky menestyä.

Business Finlandin toimintatapa- ja sisältöpainotuksia ovat luonnonvarat ja resurssitehokkuus, digitaalisuus elinkeinojen uudistajana, hyvinvointi ja terveys, uudet liiketoimintaekosysteemit sekä markkinoille vienti. Digitaalisuus sekä aineettomuus ja arvontuonti vaikuttavat laajasti koko kenttään. Business Finlandin rahoitus kohdentuu enenevässä määrin yhteistyössä tehtävään TKI-toimintaan ja kasvuekosysteemien edistämiseen. Rahoituksen jakaminen perustuu pääosin asiakkaiden aloitteisiin ja valittuihin sisällöllisiin painopisteisiin. Business Finland rahoittaa tutkimusta ja kehitystoimintaa lähtökohdista yritysten innovaatiovetoisen liiketoiminnan edistäminen. Puolustusalan yritykset voivat saada Business Finlandin rahoitusta, kun nämä edellytykset täyttyvät.

Huoltovarmuuskeskus (HVK) on työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan laitos, jonka tehtävänä on maan huoltovarmuuden ylläpitämiseen ja kehittämiseen liittyvä suunnittelu ja operatiivinen toiminta. Huoltovarmuuskeskuksen toimintaa johtaa sen hallitus. Toiminnan perustana on valtion talousarvion ulkopuolinen huoltovarmuusrahasto, josta rahoitetaan varmuusvarastointi ja eräät teknisen infrastruktuurin turvaamiseksi toteutetut varajärjestelyt.

Valtioneuvoston päätöksessä huoltovarmuuden tavoitteista¹⁶ todetaan julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuuden merkittävä rooli huoltovarmuustoimenpiteiden toteutuksessa ja onnistumisessa. Yksityisen sektorin vapaaehtoisuuteen perustuvan kumppanuuden lisäksi huoltovarmuutta turvataan eräillä toimialoilla myös velvoittavilla sääöksillä. Puolustushallinto ylläpitää yhteistyössä Huoltovarmuuskeskuksen kanssa tärkeimpien sodanajan kulutusmateriaalien, kuten ruutien ja ampumatarvikkeiden, tuotantokapasiteettia sekä välttämättömiä maanpuolustusta tukevia varmuusvarastoja. Puolustushallinto kehittää kriittisen puolustusmateriaalin ja järjestelmien elinjakson hallintaa hyödyntäen kumppanuusjärjestelyjä. Puolustusvoimien hankinnoissa varmistetaan huoltovarmuuden turvaaminen järjestelmien koko elinjakson ajan. Elinjakson hallinnan avulla hankittavan materiaalin ylläpito- ja huoltovarmuusvaatimukset määritellään riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta mahdolliset kotimaassa toimivaan teollisuuteen kohdistuvat osaamisvaatimukset voidaan tunnistaa. Maanpuolustuksen kannalta keskeisen materiaalin saatavuus sekä Puolustusvoimien suorituskyvyn kannalta kriittisten järjestelmien integraatio-, ylläpito- ja huoltokyky tulee olla käytettävissä myös poikkeusoloissa riittävässä laajuudessa ja tarvittavalla nopeudella. Kaikkein kriittisimpien järjestelmien itsenäinen käyttö tulee varmistaa kaikissa olosuhteissa.

Puolustusministeriön ohjauksessa toimii **Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta (MATINE)**, vapaaehtoisuuteen pohjautuva tieteellinen verkosto, jolla pyritään tukemaan puolustuksen edellyttämää laajaa osaamis pohjaa ja innovaatioiden mahdollisuutta. MATINE-verkostossa on asiantuntijoita kaikista Suomen yliopistoista ja korkeakouluista sekä maanpuolustuksen kannalta keskeisistä tutkimuslaitoksista. Verkostossa puolustushallinto voi olla suoraan vuoropuhelussa tiedeyhteisön kanssa. MATINEn edistämä innovatiivinen tieteellinen tutkimus korostaa tulosten vaikuttavuutta ja hyödynnettävyyttä; toteutettavuustutkimuksilla luodaan pohjaa osaamista ja -lostaville jatkohankkeille. MATINEn rahoitus kohdistuu erityisesti niille osa-alueille, joille on muutoin vaikea saada rahoitusta. Puolustussektorin tarpeisiin tehty tutkimus on pitkäjänteistä toimintaa, jossa eri toimijoilla on oma roolinsa: MATINEn hankkeet kohdistuvat tutkimusketjun alkupäähän, jossa epävarmuus on suurta tai kehityksen ennakointi on vielä haastavaa. Puolustusministeriö rahoittaa vuosittain tutkimusta MATINEn määrärahaaun kautta noin 850 000 eurolla.

Maa- ja metsätalousministeriön ohjauksessa toimiva **Maanmittauslaitos (MLL/Paikkatietokeskus FGI)** tekee innovatiivista paikkatietoalan tutkimus- ja asiantuntijatyötä¹⁷, joka ylläpitää ja luo osaamis pohjaa ja ratkaisuja, joita hyödynnetään myös puolustuksen tarpeisiin. Kaukokartoitusmenetelmien ja -sensoreiden kehittäminen, uusien aineistojen laatututkimukset ja näiden käyttöönnoton edistäminen Suo-

¹⁶ Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista, 5.12.2018.

¹⁷ <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus>

messa, geoinformatiikan ja kartografian alueella paikkatietojen hallinnan ja prosessoinnin menetelmät ja tehokkaat, suurille paikkatietoaineistoille skaalautuvat analyysimenetelmät ja niihin liittyvät visualisointimenetelmät ovat tutkimusalueita, joissa kansallisen osaamisen ylläpito on strategisesti tärkeää ja tutkimusyhteistyö on välttämätöntä.

Navigoinnin ja paikannuksen kehittäjänä Paikkatietokeskuksella on merkittävä rooli uusien navigointi- ja paikannusratkaisujen löytämisessä. Esimerkkejä tällaisista ovat uudet paikannusalgoritmit ja uusien paikannussensoreiden mahdollisuudet. Puolustusvoimien näkökulmasta keskeistä kansallista osaamista on erityisesti satelliitti- ja radionavigoinnin, jokapaikan paikannuksen, monisensorijärjestelmien integrointimenetelmien, kontekstietoisuuden ja liikkuvan kartoituksen alueilla. Paikkatietokeskuksen osaamiseen pohjautuvia projekteja ovat kokonaan tai osin rahoittaneet niin Puolustusvoimat kuin MATINEkin.

Liikenne- ja viestintäministeriön ohjauksessa toimivalla **Ilmatieteen laitoksella** on Puolustusvoimien kanssa mm. jatkuvaa lentosäähän liittyvää viranomaisyhteistyötä. Operatiivisen yhteistyön lisäksi Ilmatieteen laitoksella on puolustuksen näkökulmasta merkittävää kansallista osaamispääomaa erilaisten leviämismallien, meritieteellisten sovellusten ja kaukokartoitushavaintojen alueella. Kansallisesti keskeistä osaamista ovat esimerkiksi polaarialueiden ja lähiavaruuden tutkimus ja niihin liittyvien teknologioiden ja uusien havaintomenetelmien kehittäminen. Ilmatieteen laitoksen kanssa tehdään tutkimusyhteistyötä myös MATINEn rahoituksella, mutta tämän siemenrahoituksen osuus osaamispääoman rakentumisesta on marginaalinen.

Puolustusalan yritystoiminta

Maanpuolustuksen kannalta kriittinen teknologia tulee olla saatavissa ja käytettävissä myös poikkeusoloissa. Teknologian saatavuus sekä kyky integroida uutta teknologiaa ja teknisiä ratkaisuja kustannustehokkaasti osaksi puolustusjärjestelmää edellyttää kansallista teollista osaamista sekä tarkoituksenmukaista tuotantokykyä. Puolustushallinnon kannalta elinvoimainen, osaava, kilpailukykyinen ja jatkuvasti kehittyvä kotimainen puolustusteollisuus on ensiarvoisen tärkeää sotilaallisen huoltovarmuuden turvaamisessa. Viimeisen vuosikymmenen aikana teollisuuden rooli kriittisten järjestelmien ylläpidosta ja kehittämisestä on kasvanut ja teollisuuden vastuualue on tältä osin laajentunut.

Myös muiden kuin perinteisten puolustusalan yritysten merkitys puolustuksen kannalta on kasvanut. Esimerkiksi ns. kaksikäyttöteknologioihin liittyviä kyvykkyyksiä voidaan hyödyntää sekä siviili- että puolustusmarkkinoilla. Huomion arvoista on myös suomalainen erityisosaaminen arktisissa olosuhteissa toimimisesta, ja Suomi olisikin

potentiaalinen alue, jossa kansainväliset toimivat voisivat testata monia teknologiasovelluksia.

Digitalisaatioon ja mahdollistaviin teknologioihin liittyvät kyvykkyydet ovat entistä kysyntempiä puolustusmarkkinoilla. Mahdollistavien teknologioiden sovellusalueet ovat laajat (esim. kyber, tekoäly, avaruus ja mobiiliverkot). Kvanttilaskennan ja tekoälyn yhdistävät kyvykkyydet tulevat olemaan kriittisen tärkeitä kyberturvallisuuden edellytyksiä, sillä laskentanopeuksien kasvaessa radikaalisti on tekoälyavusteinen tietoturva ainoa mahdollinen keino tulevaisuuden tietoturvahkien torjuntaan. Viiveettömiä tietoliikenneyhteyksiä puolestaan tarvitaan esimerkiksi nopeassa tekoälyavusteisessa tilannekuvan muodostamisessa ja välittömiin uhkiin reagoinnissa.

Puolustusallalla tarpeiden avoin kommunikointi ja markkinoiden ennustettavuus ovat haasteita. Kyvykkäät kasvuyritykset keskittävät tuotekehitystyönsä ja parhaat resurssinsa ennustettaviin kasvumahdollisuuksiin, joiden tuottoja voidaan sijoittaa uudistamiseen ja kyvykkyyksien kehittämiseen.

Yrityksillä on motivaatio panostaa kyvykkyyksien kehittämiseen, jos tuotteiden ja teknologioiden sovellusalue ja potentiaalinen markkina ovat riittävän isot. On kiinnitettävä huomiota siihen, että erityiset uudet potentiaaliset yritykset ovat tietoisia puolustusmarkkinasta. Erityispiirre puolustusmarkkinassa on, että ratkaisut pitää aina kehittää asiakkaan tarpeeseen sopiviksi ja esimerkiksi yhteensopivuusvaatimukset toimintaympäristön kanssa ovat kriittisiä. Tästä näkökulmasta innovatiivisten julkisten hankintojen logiikka ja yhteistyö ulkomaisten puolustustahojen kanssa on tärkeää. Yhteiskehittäminen potentiaalisten tilaajien kanssa on avain myöhempään kauppoihin. Tarvittavien teknologisten kyvykkyyksien kehittyminen edellyttäisi verkostomaisempaa tutkimus- ja kehitystyötä yhteistyössä uusien kumppanien kanssa.

Puolustusalan teollinen yhteistyö

Teollinen yhteistyö on väline sotilaallisen maanpuolustuksen, valtion turvallisuuden ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen kannalta kriittisen puolustus- ja turvallisuusteollisen tuotannon, teknologian ja osaamisen kehittämisen ja ylläpidon sekä kansallisen huoltovarmuuden parantamiseksi ja turvaamiseksi.

Teollisella yhteistyöllä voidaan varmistaa, että hankinnan kohteena olevaan puolustustarvikkeeseen liittyvä huoltovarmuuskriittinen teknologia ja osaaminen ovat puolustusvoimien käytössä myös kriisin aikana ja siihen verrattavissa poikkeusoloissa.

Teollinen yhteistyö voi olla suoraa tai epäsuoraa. Suorasta yhteistyöstä on kyse silloin, kun ulkomaisen ja kotimaisen teollisuuden yhteistyö liittyy hankittavaan järjestelmään; yhteistyöllä voidaan varmistaa, että hankinnan kohteena olevaan puolustustarvikkeeseen liittyvä huoltovarmuuskriittinen teknologia ja osaaminen ovat puolustusvoimien käytössä myös kriisin aikana ja siihen verrattavissa poikkeusoloissa.

Epäsuora teollinen yhteistyö tarkoittaa yhteistyötä, joka ei suoraan liity puolustusmateriaalin hankinnan kohteeseen, vaan yhteistyö kohdistuu valtion keskeisten turvallisuusasetusten kannalta tärkeän teknologian ja osaamisen siirtoon Suomen puolustus- ja turvallisuusteollisuudelle, puolustushallinnolle, tutkimus- ja tiedeyhteisöille tai yliopistoille ja korkeakouluille.

Puolustusvoimissa on määritelty strategisten hankkeiden epäsuoran teollisen yhteistyön painopistealueet, joiden katsotaan olevan tärkeitä maanpuolustuksen kannalta sekä tulevaisuudessa itsenäisen toimintakyvyn ja osaamisen huoltovarmuuden kannalta ottaen huomioon myös jo olemassa oleva kansallinen teollinen perusta. Teollisella yhteistyöllä haetaan ennen kaikkea pitkäaikaisia kumppanuuksia suomalaisen teollisuuden ja ulkomaisen tarjoajaehdokkaan sekä sen alihankintaketjujen kanssa.

Hävittäjähankintoihin liittyvä teollinen yhteistyö on mahdollisuus houkutella puolustus-alalle merkittävä määrä uusia yrityksiä, kehittää kyvykkyyksiä ja siirtää suomalaisille yrityksille teknologiaa ja osaamista edelleen jalostettavaksi. Lähivuosina yrityksillä ja tutkimuslaitoksilla on poikkeuksellisen hyvä mahdollisuus tiivistää yhteistyötä kansainvälisten puolustusalan suuryritysten kanssa. Business Finland on käynnistänyt HXIP projektin mahdollisuuden hyödyntämisen ja toimijajoukon laajentamisen tueksi vuosiksi 2019-2020.

5 Maanpuolustuksen kansallisen osaamis pohjan turvaaminen

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaaminen kuvataan periaatteet, joilla varmistetaan se, että itsenäisen kansallisen puolustuksen turvallisuuden edellyttämä osaaminen säilyy Suomessa. Kötimaisella teknologiaosaamisella on merkittävä vaikutus puolustusjärjestelmän kokonaistoimintaan ja sotilaalliseen huoltovarmuuteen. Kriittisiä suorituskykyalueita ovat johtaminen ja verkostotoiminta, tiedustelu, valvonta ja maalittamistuki, vaikuttaminen sekä suoja. Näiden kohdalla tulee varmistaa, että Suomessa säilyy tarvittava teknologinen osaaminen, järjestelmien elinjakson hallinta, tuotanto, tutkimus ja kehitys, suunnittelu, integraatio-, huolto-, ylläpito- sekä kriisiajan vauriokorjauskyky. Järjestelmien kehittäminen vaatii kykyä ymmärtää perusteet niissäkin teknologioissa, joita lopulta ostetaan kaupasta. Esimerkiksi taistelunkestävän tutkaverkon periaatteet ja ratkaisut on tunnettava syvällisesti, vaikka verkon komponentteja hankittaisiinkin valmiina.

5.1 Kriittisen suorituskykyalueiden osaamisen ja keskeisten teknologioiden nykytila

Selvityksessä Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa todetaan, että kansallisessa toimintaympäristössä on meneillään muutoksia, jotka vaikuttavat myös osaamisen huoltovarmuuteen. Esimerkkeinä tällaisista kehityskuluista on selvityksessä nostettu¹⁸:

- *”Yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa viime vuosina tapahtuneet merkittävät rakennemuutokset, jotka ovat osin aiheuttaneet osaamisen häviämistä ja siirtymisiä. Osaamisen kokonaiskuva ja koordinaatio ovat myös alakohtaisesti muutosten myötä heikentyneet.*
- *Tenure track -järjestelmän yleistymisen yliopistojen urajärjestelmänä ja rekrytointimenettelynä saattaa määräaikausautensa ja kansainvälisyytensä vuoksi hankaloittaa maanpuolustuksen kannalta kriittisen tutkimuksen tekemistä yliopistoissa.*
- *Julkisen t&k-rahoituksen leikkaukset, jotka ovat heikentäneet korkean osaamisen ja sovellettavuuden kehittymistä ainakin osalla kriittisiä teknologia-alueita.*

¹⁸ Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 81/2017.

- *Perustieteenalojen opetus korkeakouluissa ja sen mahdollinen väheneminen. Selvityksessä kerätty aineisto antaa viitteitä siitä, että perustieteenalojen, kuten fysiikan, kemian ja matematiikan, opetus olisi vähentynyt korkeakouluissa. Tätä kysymystä ei kuitenkaan ole voitu kattavasti tarkastella tämän selvityksen puitteissa ja se vaatii erillistä tarkastelua.”*

Puolustusvoimien suorituskykyjen kehittäminen on pitkäjänteistä työtä, ja lisäksi suorituskyvyn ylläpitäminen velvoittaa osaamisen uudistumiseen ja säilymiseen koko elinjakson ajan. Esimerkiksi strategiset suorituskykyhankkeet sitovat tiettyjä teknologiaratkaisuja pitkään ja sitä kautta ne vaikuttavat myös kansallisen osaamisen rakentamiseen ja elinjakson hallintaan. Uuden suorituskyvyn rakentumisen kannalta on riski, jos keskeistä osaamista katoaa kesken prosessin.

Monet teknologiat kehittyvät myös enenevässä määrin hyvin kuluttajavetoisesti. Suomessa kehittämiseen liittyvää osaamista on tiedeyhteisön lisäksi pienissä ja keskisuurissa yrityksissä, ja saatavilla olevan osaamisen jatkuvuus on vaikeasti hallittava kokonaisuus.

Puolustuksen kannalta kriittisten teknologioiden osaamis pohjaa ja toimijoita sensori-, materiaali- ja CBRN-teknologioissa on yksityiskohtaisemmin havainnollistettu VN TEAS Osaamisen huoltovarmuus -raportista kootussa taulukossa (Liite 1).

5.1.1 Johtamisen ja verkostotoiminnan sekä tiedustelun, valvonnan ja maalittamistuen teknologiat

Teknologian koko ja hinta ovat koko ajan pienentyneet, mistä ovat esimerkkinä kaikkialla läsnä olevat pienet sensorit. Myös taistelutiloissa toimivat järjestelmät ja muut teknisen kehityksen mukanaan tuomat sovellukset mahdollistavat uusia tapoja toteuttaa tilan valvontaa, maalin paikannusta, tulenkäyttöä, suojautumista ja logistiikkaa. Uudet teknologiat luovat mahdollisuuksia ja toisaalta vastustajan käytössä potentiaalisia uhkia, joilta suojautumiseen ja joiden torjuntaan on myös kehitettävä osaamista ja keinoja. Teknologia-alueella on siten yhtäältä strateginen merkitys ase-, tiedustelu-, valvonta- ja maalittamisjärjestelmien kannalta ja toisaalta monikäyttöpotentiaali (laserkeilaus, hyperspektrikuvaus, painettava ja puettava elektroniikka, ajoneuvoelektroniikka jne.)¹⁹, ja vahvalla tutkimusosaamisella voidaan luoda myös uusia innovaatioita ja teollisia työpaikkoja.

Informaatioteknologian kehittyminen on mahdollistanut erilaisten palveluiden tuottamisen erillään käyttökohteesta. Toimintoja voidaan uudella tavalla hajauttaa, kun käyttö

¹⁹ Puolustusvoimien tutkimusagenda, 2015.

tapahtuu tietoverkkojen välityksellä. Verkostoitumiskehityksellä on suuri merkitys niin siviilimaailman liiketoimintamalleihin kuin puolustusjärjestelmien rakentamiseen ja suorituskykyjen käyttämiseen. Verkostoitumisen myötä myös tietoa on saatavilla enemmän kuin ihminen pystyy käsittelemään²⁰. Tämä tarkoittaa haastetta tiedon käsittelyssä ja hallinnassa, mikä puolestaan haastaa algoritmi- ja tekoälypohjaisten ratkaisujen kehittämiseen ja soveltamiseen myös puolustuksen toimintaympäristössä.

Sensorijärjestelmiin liittyvä osaaminen pohjautuu elektroniikan, komponenttivalmistuksen ja tiedonsiirron teknologioiden hallintaan ja osaamiseen. Osaamisen pohjana ovat luonnontieteistä myös matematiikka, fysiikka ja kemia. Sensoritiedon eli signaalinkäsittelyyn liittyvät valmiudet ja osaaminen pohjautuvat taas numeeriseen laskentaan ja matematiikan osaamiseen. Järjestelmien ja signaalinkäsittelyn osaaminen ovat edellytys kriittisen infrastruktuurin suojaamiselle nykyaikaisessa toimintaympäristössä. Tämä edellyttää kotimaista osaamista ja järjestelmäymmärrystä esim. satelliittiriippumattomasta paikannuksesta ja modernista tutkateknologiasta sekä mm. monipaikkatutkiiin liittyvää osaamista. Myös tietoverkon suorituskyvyn optimointiin, synkronointiin, tiedonsiirtoratkaisuihin ja signaalinkäsittely- ja datafuusiomenetelmien osaamiseen on edelleen panostettava²⁰.

Kehittyvät teknologiat haastavat myös nykyisin käytössä olevat elektronisen sodankäynnin (ELSO) teknologiat. Tarvitaan uusia menetelmiä ja kykyä hyödyntää innovatiivisesti teknologiaa omien kustannustehokkaiden kykyjen luomiseksi. Elektronisen sodankäynnin alueella yhdistyy usean tieteenalan soveltaminen esim. signaalinkäsittelyn osaamisen lisäksi ja mm. materiaaliin vuorovaikutuksen ja sähkömagneettisen säteilyn vuorovaikutuksen tuntemus²⁰. Elektroniseen sodankäyntiin liittyvää syvällistä tietoa ja osaamista ei ole käytännössä saatavissa kansainvälisessä yhteistyössä vaan kyvykkyydet rakennetaan kansallisin keinoin. Elektronisen tilannekuvan muodostaminen tulevaisuuden signaaliympäristössä asettaa vaatimuksia esim. dynaaminen spektrin hallinnan, vaihtuvien aaltomuotojen ja salattujen viestiyhteyksien osaamiselle. Meillä tulee olla osaamista ohjelmistoradioteknologian lisäksi myös kaupallisten kuluttajaradiojärjestelmien ominaisuuksien kehityksestä. Elektronisen sodankäynnin keskeistä osaamista on mm. sensoridatan fuusiointi ja modernien datatieteen menetelmien hyödyntäminen tilannekuvan luomisessa ja maalitiedon käsittelyssä. Myös kyberkyvyt on huomioitava osana elektronisen sodankäynnin keinovalikoimaa.

Kybertoimintaympäristö ja uhkien luonne korostavat yhteistyötä²¹, ja toimintaympäristöön liittyy viranomaistoiminnan ohella paljon yritystoimintaa (myös start-up-yrityksiä). Kyberturvallisuuden kokonaisuus muotoutuukin yhteistoiminnassa viranomaisten ja

²⁰ Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 81/2017.

²¹ Suomen kyberturvallisuusstrategia, Valtioneuvoston periaatepäätös 1.12.2013.

yriyten kesken. Tämä on haaste tavoitteellisen ja kokonaisvaltaisen osaamisen rakentumisessa ja ylläpidossa.

5.1.2 Materiaali- ja rakenneteknologiat

Suomen Akatemian Tieteen tila -arviointiraportissa 2012 todetaan, että materiaalitieteiden ja niihin liittyvien luonnontieteiden taso on Suomessa varsin hyvää kansainvälistä tasoa²². Raportin mukaan meillä on myös osa-alueita (esim. materiaalien mallinnus ja simulointi), jotka ovat selkeästi kansainvälisellä huipulla. Uusimman Tieteen tila 2018 -katsauksen mukaan materiaalitiede ja -tekniikka poikkesi julkaisuyhteistyössä muista tieteenalaryhmistä, sillä kotimaiset yhteisjulkaisut ovat kansainvälisiä yhteisjulkaisuja vaikuttavampia²³. Kun materiaaliteknologiaan liittyvää osaamista heijastellaan puolustuksen spesifeistä tarvelähtökohdista, on huomioitava monen sovellusalueen osaamisen yhdistyminen ja sovelluskohteen toimintaympäristön tuntemus. Tämä johtaa siihen, että osajilla on usein selkeä niche-alue ja saman alueen osajia ei löydy montaa²⁴.

Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta tarkentuu materiaali- ja rakenneteknologiassa häveteknisen ja ballistisen suojan materiaaliteknologioihin sekä herätteiden hallinnan teknologioihin, erikoismateriaalien teknologioihin ja vauriokorjauskykyyn, sotilaskäyttöön tarkoitettujen energieettisten materiaalien teknologioihin, itämerellisen tai Suomen pohjoisen sijainnin erityisolosuhteiden materiaali- ja rakenneteknologioihin, rakenteiden mekaniikkaan ja niihin liittyvä mallinnus- ja simulointikykyyn²⁵.

Tutkimus- ja kehitystoiminta on keskeisessä roolissa osaamisen kehittämisessä ja ylläpitämisessä myös kaikilla rakenne- ja materiaaliteknologian osa-alueilla. Eri osa-alueilla on kuitenkin hyvin suuret erot siinä, missä määrin julkista tutkimus- ja kehitysrahaa on saatavilla, mikä asettaa paineita osaamisen kehittämiseksi yritysten oman tutkimuksen ja tuotekehityksen suuntaan. Sovellusalueista häivemateriaalit, ballistinen suoja ja vauriokorjauskyky ovat esimerkkejä alueista, joissa julkinen rahoitus on ollut pitkälti puolustushallinnon omaa rahoitusta. Sovellusalueella olisi kuitenkin potentiaalia innovaatioille ja yritystoiminnan kasvulle, mutta rahoitus on ollut projektikohtaista

²² Tieteen tila 2012, Tieteenalaraportti: Materiaalitiede ja -tekniikka

²³ Tieteen tila 2018, raportti.

²⁴ Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 81/2017.

²⁵ Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaaminen, Valtioneuvoston periaatepäätös, PLM 2016

puolustushallinnon (Puolustusvoimat ja MATINE) rahoitusta, mikä ei auta yrityksiä pitkäjänteisessä osaamisen kehittämisessä ja ylläpitämisessä. Yleisemmille sovellusalueille, esim. meriteknologian mallinnus- ja simulointiosaamisen kehittämiseksi, on puolestaan tarjolla enemmän julkista rahoitusta.

Suomen perinteisesti vahvalla osaamisella laivojen ja lentokoneiden rakenneteknologiassa on ollut siviilisovellusten lisäksi suuri merkitys puolustushaarojen pääasejärjestelmien elinjakson hallinnassa. Arktisen alueen merkityksen korostuessa tämä kokonaisuus voi olla vahva erityisosaamisen alue. Laivojen ja lentokoneiden rakenneteknologioissa on huomioitava sellaisten erikoismateriaalien ja esim. muovikomposiittimateriaalin käyttö, jotka vaativat erityistä osaamista myös vauriokorjauksessa. Komposiittimateriaalit, erilaiset pinnoitteet ja vaimentavat rakenteet ovat myös maailmalla jatkuvan kehitystyön kohteena ja esim. nanoteknologian avulla uusia ratkaisuja on saatavissa. Uudet ratkaisut vaativat edelleen tutkimusta ja rahoitusta, esimerkkinä keraamin käyttö komposiittirakenteissa ballistisena suojamateriaalina, jota on mm. MATINEn rahoituksella edistetty.

Uusista materiaaliteknologian alueista nanoteknologia vaatii sekä laajaa teoreettista että valmistusteknistä osaamista. Nanoteknologia on osa tulevaisuuden materiaaliratkaisuja, ja nanomateriaalien valmistukseen ja ominaisuuksien hallintaan liittyvään perus- ja huippuosaamiseen tulee panostaa. Osaaminen luo pohjaa häiveteknisten ja energieettisten materiaalien osaamisen varmistamiseen kotimaassa ja luo kasvumahdollisuuksia uudentalaiselle teolliselle tuotannolle. Myös metamateriaalit ja niihin liittyvä osaaminen ovat sovellusalue, jossa monet ideat pohjautuvat nano- ja mikroskaalan ominaisuuksien räätälöintiin.

Materiaali- ja rakenneteknologioiden näkökulmasta kiinnostava tulevaisuuden alue ovat myös paikalliset valmistusteknologiat, esim. 3D-tulostus. Osaamista tarvitaan itse valmistusteknologiaan esim. jauhemaisten tulostettavien metalliraaka-aineiden tai digitaalisten varaosien valmistuksesta kuin uudentalaisen paikallisen tuotannon huomiointina osana logistiikkaa ja varaosien saatavuutta.

Materiaalitieteen ja -tekniikan erityispiirteinä on mallinnuksen lisäksi myös kokeellisen toiminnan keskeinen rooli. Alalle luonteenomaista on, että osaaminen kehittyy vasta työssä oppimisen kautta. Tällöin osaamisen ylläpito yrityksissä edellyttää jatkuvaa tilauskantaa ja projekteja. Pelkästään tilauskannan varaan rakentuva osaaminen on kuitenkin riski silloin, kun kyseessä on turvallisuuden ja puolustuksen kannalta tärkeä, mutta ei kaupallisesti merkittävästi hyödynnettävissä oleva osaaminen, jonka tarvesykli on usein pitkä tai ajoittainen.

5.1.3 Moniteknologisten järjestelmien sekä järjestelmähallinnan teknologiat

Tietojenkäsittely-, sensori- ja elektroniikkateknologioiden kehittymisen myötä koneiden älykkyys ja tietoisuus ympäristöstään on kasvanut ja kasvaa merkittävästi. Kun ymmärrämme eläinmaailman ja ihmisen rakenteita ja toimintoja syvällisemmin, voidaan nykyisten ajoneuvopohjaisten miehittämättömien järjestelmien valikoimaa täydentää uudentyyppisillä hajautetuilla ratkaisuilla. On huomattava, että koneiden kehittymisen ohessa myös ympäristön älykkyys kehittyy. Ympäristö kykenee havaitsemaan autonomisen järjestelmän ja tarjoamaan sille tietoa ja palveluita. Tällaisella autonomisista toimijoista ja älykkästä infrastruktuurista muodostuvalla verkostolla voi olla täysin uudenlaisia sovelluskohteita²⁶.

Autonomisia piirteitä omaavat järjestelmät (ml. tekoäly), ja niiden hyödyntäminen edellyttävät poikkileikkaavaa ja monitieteistä osaamista²⁷. Haasteellisia osaamisalueita ovat järjestelmien käyttö ja ihmisen integroiminen osaksi järjestelmää sekä osajärjestelmien toiminta ja autonomisten yksilöiden parveilu. Tulevaisuudessa järjestelmät integroituvat yhä tiiviimmin ja haasteeksi tulee ymmärtää niin ihmisen ja koneen rajapinta kuin useiden osakokonaisuuksien (ml. Ihminen osana järjestelmää) yhteinen kognitiivinen kyvykkyys²⁸.

Yhteiskunnan digitalisaatio johtaa lisääntyvään automaatioon kaikilla arkielämän osa-alueilla. Samalla myös kasvava osa asejärjestelmien toiminnoista perustuu ohjelmistoihin. Suomella ei todennäköisesti ole resurssia rakentaa järjestelmiä kaikilta osin itse, vaan järjestelmiä ja niiden osia tullaan hankkimaan valmiina eri toimittajilta. Kun ostetaan valmista, puolustuksen näkökulmasta tulee ymmärtää teknologiat sovellusten taustalla, jotta järjestelmän vahvuudet ja heikkoudet voidaan huomioida suorituskyvyn rakentamisessa. Esimerkiksi tekoälyjärjestelmiä kyetään harhauttamaan eri menetelmin ja näiden vaikutusmenetelmien tutkimus ja kehitys tulee maailmalla kiihtymään. Tarvitaan myös kansallinen kyky rakentaa ja ylläpitää järjestelmäkokonaisuuksia, joissa on autonomisia toimintoja, mutta joissa ihmisen rooli kriittisissä päätöksentekopisteissä on mahdollista myös säilyttää. Tällainen kyvykkyys edellyttää perinteistä osaamista esimerkiksi matematiikan, fysiikan ja tieto- ja tietoliikennetekniikan alueilla, mutta toisaalta uudenlaista osaamisen yhdistämistä esimerkiksi kognitiotieteen, luonnollisen kielen ja puheentunnistuksen sekä oikeustieteen alueilla.

²⁶ Puolustusvoimien tutkimusagenda, 2015.

²⁷ Tekoälyn kokonaiskuva ja kansallinen osaamiskartoitus -loppuraportti, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 4/2019.

²⁸ Korvaako keinoäly ja kone ihmisen? J. Kosola, Sotilasajakauslehti s. 62–66, 4/2018.

Myös avaruusteknologia sensoreista satelliittiratkaisuihin ja tiedonsiirtoon on etsimässä kotimaista kokonaisuuden hallitsijaa. Piensatelliittien myötä myös Suomessa on havahduttu avaruuden kaupalliseen potentiaaliin. Suomella on jo menestystä ja kasvumahdollisuuksia avaruusosaamisensa kautta. Avaruus on uutena toimintaympäristönä kaikkien ulottuvilla, mikä näyttäytyy myös puolustus- ja turvallisuusviranomaisien laajentuneena osaamistarpeena. Tulevaisuudessa avaruuden laajempi hyötykäyttö vaatii osaamisen jatkuvaa kehittämistä ja jalostamista ja toisaalta ymmärrystä mahdollisuuksista ja toimintaympäristöön liittyvistä uhista. Lähitulevaisuudessa myös järjestelmähallinnan näkökulmasta tarvitaan kasvavassa määrin sensorijärjestelmien, tiedonsiirron sekä materiaalien ja rakenteiden osaamista.

5.1.4 Bioteknologia ja kemian teknologiat

Bioteknologia on innovatiivinen ja aktiivisesti kehittyvä toimiala. Erilaisten biologisten uhkien hallinta ja torjunta ovat osa kokonaisturvallisuutta. Uhkan ilmaisu, suojautuminen sekä saastuneiden kohteiden puhdistaminen on kokonaisuus, jonka on mukauduttava toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Toimijakenttä tällä aihealueella muodostuu alan perustieteitä opettavista yliopistoista, tutkimuslaitoksista ja osaamiskeskittymistä, yliopisto- ja keskussairaaloista, pelastuslaitoksista sekä alan yrityksistä ja Puolustusvoimista.

Osaamisen huoltovarmuutta koskevassa raportissa arvioitiin kansallista osaamista erityisesti biologisten (B) ja kemiallisten (C) uhkien näkökulmasta painottaen terveydenhuollon näkökulmaa. Suomessa biologisiin ja kemiallisiin uhkiin liittyvät tehtävät löytyvät useammasta lainsäädännöstä. Näin sekä B- että C-uhkiin varautuminen ja reagointi on organisoitu useamman toimijan yhteistyönä²⁹. Suomessa kansallisina asiantuntijaorganisaatioina toimivat Biologisten uhkien osaamiskeskus, joka on Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Puolustusvoimien yhteishanke, sekä Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskus (C-osaamiskeskus), joka on Työterveyslaitoksen koordinoima yhteistyöverkosto.

Suomen terveydenhoidon valmiutta B- ja C-uhkien hallinnassa on arvioitu WHO:n maaraportissa³⁰. Suomessa valmiutta on hoidettu hyvin ja tarvittavat toiminnot on rakennettu kansainvälisten sopimusten mukaisesti, mutta kehitettävääkin on mm. osaamisen säilymisen varmistamisessa tulevaisuudessa.

²⁹ Osaamisen huoltovarmuus Suomen puolustuksen teknologisen ja teollisen perustan turvaamisessa, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 81/2017.

³⁰ Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of the Republic of Finland, World Health Organization, 2017.

BC-osaaminen perustuu perustieteisiin ja varsinaisen osaaminen kehittyy vasta työelämässä. Osaamista kehittävä toimijakenttä on myös vahvasti kansainvälisesti verkottunut. Toiminta on globaalia ja kansainvälisistä yhteyksistä keskeisiä ovat BWC (Biologisten aseiden kiellettosopimus, Biological Weapons Convention), OPCW (Kemiallisten aseiden kieltojärjestö, Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons) ja WHO (Maailman terveysjärjestö, World Health Organization). Erilaisia kansainvälisiä yhteyksiä hyödynnetään laajasti EU:n sisältä ja mm. USA:n ja Kanadan kanssa on yhteistyötä. Yhteistyössä korostuu luottamuksellisuus ja viranomaisten rooli.

Viranomaistoimijoiden lisäksi Suomessa on myös tutkimusryhmiä ja yrityksiä, jotka eivät toimi C- tai B-uhkien aihealueella, mutta joiden osaaminen hyödyttäisi alan kehitystä ja uusien osaamisyhdistelmien syntymistä. Yksi mielenkiintoinen ja puolustuksen näkökulmasta tärkeä yhdistelmäosaamisen alue on synteettinen biologia. Se on yleisnimitys erilaisille tekniikoille, joilla voidaan luoda sellaisia biologisia organismeja, joita luonnossa ei esiinny, tai tekniikoille joilla voidaan vaihtoehtoisesti muokata esimerkiksi luonnollisten organismien toiminnallisuuksia. Synteettisen biologian kehityksen ajurina toimii lääketiede ja lääketeollisuus. Synteettinen biologia hyödyntää insinööritieteistä tuttua systeemistä lähestymistapaa ja sen vuoksi myös suunnittelu-, simulointi- ja mallinnusosaaminen korostuvat. Synteettisen biologian mahdollisuudet ja uhkat näyttävät erilaisina sovelluksina, joita ovat uusia kemiallisia ja fyysisiä ominaisuuksia sisältävät aineet, uudenlaiset sensorit ja tallennuselementit, energiantuotanto ja ihmisen suorituskykyä parantavat organismit. Sovelluskohteena ovat myös bioaseet ja niiden vasta-aseet, joihin perinteinen CBRN-puolustus ei ole varautunut ³¹.

³¹ Onko biologinen dimensio sodan uusi taistelutila? J. Kosola Sotilasaikakauslehti s. 66–70, 9/2018

5.2 Nykytilan SWOT-analyysi

Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan kehittämistä koskeva SWOT-analyysi on laadittu marraskuussa 2018 pidetyn sidosryhmätyöpajan pohjalta. Suomella on monia erityisvahvuuksia, joita ei ole pystytty täysimääräisesti hyödyntämään. Tällaisia ovat esimerkiksi korkea teknologiaosaaminen ja tiivis yhteistyö viranomaisten, tutkimusorganisaatioiden ja yritysten välillä. Heikkoutena on puolustusalan TKI-rahoituksen vähyys ja epäjatkuvuus, jotka vaikeuttavat osaamisohjan pitkäjänteistä kehittämistä ja ylläpitoa sekä yhteistyöhön sitoutumista. Puolustusalan liiketoimintamahdollisuuksien realisoituminen edellyttää riskirahoitusta ja systemaattista vuoropuhelua puolustushallinnon ja elinkeinoelämän välillä.

Taulukko 1. Maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan kehittämistä koskeva SWOT-analyysi

VAHVUUDET	HEIKKOUEDET
<ul style="list-style-type: none"> • Korkea teknologia- ja muu osaaminen • Tiivis yhteistyökulttuuri viranomaisten, tutkimusorganisaatioiden ja yritysten välillä • Ainutlaatuinen huoltovarmuusmalli • Puolustusteollisuuden osaaminen ja osaamisen soveltaminen kehittyvät pitkäjänteisessä dialogissa puolustushallinnon kanssa • Vahva kansallinen konsensus maanpuolustuksen ja kansallisen turvallisuuden tärkeydestä 	<ul style="list-style-type: none"> • Koherentin TKI-politiikan puuttuminen - TKI-rahoituksen epäjatkuvuus ja tempoilevuus sekä valintojen puute • Hallinnon ja TKI-rahoituksen ohjausmekanismit hitaita ja jäykkiä • Markkinan erityisluonne – pitkät TKI- kehityskaudet • Suurten kokonaisuuksien puuttuminen ja erilaisen osaamisen ja osaajien yhdistäminen – osaoptimointi • Rajalliset ja pirstoutuneet resurssit – kriittinen massa
MAHDOLLISUUDET	UHAT
<ul style="list-style-type: none"> • Luonnontieteiden vahva perusosaaminen ja tutkimus luovat edellytykset muuntautumiskyvylle ja ketterälle soveltamiselle • Osaamis- ja alustatalous (digitalisaatio) • Kokeilukulttuuri ja riskinoton hyväksyminen • Kansainvälinen yhteistyö ja osaamisalustat, esim. NATO • Uudet EU-instrumentit puolustuksen alueella → syntyvä osaaminen ja sen hyödyntäminen puolustuksen tarpeisiin • Teollinen yhteistyö ja strategiset hankkeet • Puolustuksen kansallinen TKI-ohjelma, joka suuntaa eri toimijoiden voimavaroja ja osaamista puolustuksen tarvelähtökohtien mukaisesti sekä luo edellytykset tiiviimmälle kansalliselle ja kansainväliselle yhteistyölle 	<ul style="list-style-type: none"> • Kansallisen TKI-toiminnan hiipuminen, osaamisohjan rapautuminen ja kansainvälisen yhteistyön ja teollisten mahdollisuuksien menettäminen • Ennakoinnin puute → väärät painopisteet, valinnat – ei kyetä varautumaan teknologisiin tai muihin murroksiin (disruptiot, kuten kvanttietokone) • Rahoitus ohjaa tutkimusta muihin kuin maanpuolustuksen tarpeisiin – perusosaamisohja rapautuu ja kyky soveltaa heikkenee • Pienet ja selvitysluonteiset hankkeet eivät johda puolustussovelluksiin eivätkä tue innovaatiokykyä ja osaamisen ylläpitämistä • TKI-toiminnan resurssit jäävät pysyvästi alhaiselle tasolle

6 Kehittämislinjaukset ja toimenpide-ehdotukset

Maanpuolustuksen tarvitsema laaja-alainen osaamis pohja rakentuu kansallisen poik-kihallinnollisen työnjaon ja yhteistyön varaan.

Tavoitteena on, että Suomessa on tieteellisesti korkeatasoista tutkimusta myös maanpuolustuksen osaamis pohjaa tukevilla alueilla, tutkimusta hyödynnetään tehokkaasti innovaatioiden lähteenä ja toimintaympäristö on kannustava alan yrityksille. Korkealuokkainen osaaminen ja dynaaminen yritys kenttä ovat edellytyksiä sille, että Suomi on houkutteleva yhteistyökumppani.

Toimenpiteet koostuvat maanpuolustusta tukevan kansallisen osaamisen ennakoinnista ja kehittämisestä, myös teknologisen ja teollisen perustan turvaamisesta. Tämän pohjalta on mahdollista rakentaa uutta kasvua ja kilpailukykyä.

6.1 Systemaattisen ennakkoinnin ja ajantasaisen tilannekuvan rakentaminen – luonnontieteen ja teknologian osaamis pohja

VTT Oy:lle annetaan tehtäväksi osana kansallisen ennakkoinnintilannekuvan kehikkoa vastata yleisestä teknologiaennakkoinnin prosessista. (TEM)

Systemaattinen ennakkointi ja ajantasainen tilannekuva ovat osaamisen kehittämisen keskeinen edellytys niin puolustus alalla kuin muillakin sektoreilla. VTT Oy:llä tulee olla riittävä ymmärrys kansallisesta strategisesta osaamisesta ja kyky kytkeä perustutkimukseen liittyvät ideat sovelluksiksi. Tämän tyyppinen strateginen kyvykkyys ei kehity ja säily projektiresursseilla vaan vaatii systemaattista ja pitkäjänteistä suunnittelua, osaamisen kehittämistä ja resursointia. Tämä toimintamalli edellyttää järjestelmällistä dialogia eri toimijoiden välillä.

6.2 Maanpuolustuksen kansallisen osaamis pohjan tarpeiden määrittely

Puolustuksen kriittisen osaamis pohjan tarpeiden määrittely sisällytetään Puolustusvoimien suunnitteluprosessin osaksi. (PLM)

Suomen sotilaallisen puolustamisen tavoitteet ja reunaehdot asettavat vaatimukset tarvittavalle osaamiselle. Osaamis pohjan tarpeiden määrittely tulee olla systemaattinen osa Puolustusvoimien suunnitteluprosessia. Puolustusvoimien yhteyshenkilöt pitävät yllä kriittisen osaamisen tilannekuvaa teknologia-alueittain. Tilannekuva muodostaa keskeisen syötteen Puolustusvoimien ennakointi- ja suunnitteluprosessiin. Kehittäminen kohdennetaan havaittuihin osaamispuutteisiin.

Puolustusvoimat valmistelee vuosittain kriittisen osaamisen tilannekatsauksen ja ministeriöt määrittelevät tarvittavat poikkihallinnolliset ohjaustoimenpiteet. (PLM)

Puolustusvoimien laatima tilannekatsaus käsitellään Puolustusvoimien teknologianeuvostossa. Tilannekatsaus esitellään ministeriötason poikkihallinnolliselle ohjausryhmälle, joka määrittelee hallinnonalojen tarvittavat ohjaustoimenpiteet. Ohjaus tapahtuu pääsääntöisesti hallinnonalojen toiminnan ja talouden suunnitteluprosesseissa. Poikkihallinnollinen ohjausryhmä vastaa myös tämän asiakirjan tavoitteiden ja toimenpanon seurannasta.

6.3 Osaamisen rakentaminen ja ylläpito

Huolehditaan julkisen rahoituksen riittävydestä osaamisohjan varmistamiseksi ja innovaatiokyvyn edistämiseksi. (TEM, PLM)

- Puolustusvoimien T&K-voimavaroja kohdennetaan siten, että T&K-toiminta tukee organisaation innovaatio- ja ennakointikykyä, suorituskykyjen kehittämistä, kansainvälisen tutkimusyhteistyön edellytyksiä sekä puolustukselle tärkeän kriittisen osaamisen rakentamista ja ylläpitämistä. (PLM)
- Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan toimintaa kohdennetaan puolustustutkimukseen, millä tuetaan puolustuksen osaamisohjan uudistumista ja innovaatiokykyä. Tavoitteena on osaajien verkottaminen ja asiantuntijuuden ja kumppanuuksien kehittäminen eri sektoreiden välillä; asiantuntijaverkoston systemaattinen vahvistaminen kriittisillä osaamisalueilla vuorovaikutuksen lisäämiseksi. (PLM)
- Tuetaan maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjan kehittämistä ja innovaatiotoimintaa kansallisilla rahoitusvälineillä ja tulosoikeuksien keinoin:
 - Tuetaan Business Finlandin TKI-rahoitusvälineillä puolustuksen kriittisillä osaamisalueilla tutkimus- ja innovaatiohankkeita sekä puolustusteollisuuden referenssihankkeita.
 - Varmistetaan VTT:n rahoituksen kehitys siten, että VTT kykenee ylläpitämään ja kehittämään maanpuolustuksen osaamista ja määriteltyjen teknologia-alueiden osaamisohjaa. Lyhyellä aikavälillä painotuksia voidaan tarkistaa VTT:n käytettävissä olevan rahoituksen sisällä, mutta pidemmällä aikavälillä kestävä ratkaisu edellyttää lisäpanostusta VTT:n valtionavustukseen. Tasapaino yhteiskunnallisten tutkimustarpeiden ja liiketoimintaa ja toimeksiantoja tuottavien asiakkuuksien välillä on kaikkien etu. Vaikka puolustukseen liittyvällä TKI-toiminnalla ei kaikilta osin ole välitöntä liiketoimintaa tukevaa potentiaalia, kehittämisen kautta voi syntyä uutta osaamista, jota voidaan hyödyntää välillisesti VTT:n muissa hankkeissa. VTT:llä on tärkeä rooli osaamisen siirtämisessä tutkimuksesta elinkeinoelämän hyödynnettäväksi. Lisäksi VTT:llä on kasvava rooli yritysten verkottamisessa EU:n tutkimusohjelmiin. (TEM)
 - VTT:lle on varmistettava kansallisen teknologiaennakoinnin koordinaattorin resurssit.
 - Maanpuolustuksen osaamisohjan kokonaisvaltainen kehittäminen edellyttää merkittävää julkista lisäpanostusta. Esitetään seuraavalle hallituskaudelle lisärahoitusta maanpuolustuksen kriittisten osaamisalojen kehittämiseen ja teollisen innovaatioyhteistyön vahvistamiseen. Rahoituksen kohdentaminen tehdään poikkihallinnollisessa valmistelussa määritellyille painopistealueille kts. 6.2. (TEM, PLM)

- Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) rahoitusinstrumentin yhteiskunnallisesta relevanssista ja vaikuttavuudesta on tehtävä riippumaton arviointi, jossa tulee tarkastella rahoitusvälineen merkitystä ja potentiaalia yhteiskunnan turvallisuuden, myös maanpuolustuksen näkökulmasta.
- Esitetään 20 milj. euron ohjelmarahoitusta vuosille 2020-2023 maanpuolustuksen kansallisen osaamisohjelman ja innovaatiokyvyn vahvistamiseksi. Kansallisen siemenrahoituksen avulla edistetään tiedeyhteisön ja yritysten yhteishankkeita puolustusalan tutkimuksen, tuotekehityksen ja innovaatio toiminnan edistämiseksi. Ohjelmarahoituksella on tulevana vuosina merkittävä vipuvaikutus epäsuoran teollisten yhteistyön ja EU:n puolustusrahaston hyödyntämiseksi. Rahoitus kohdennetaan hakijoille Business Finlandin koordinoimana kilpailutuksen kautta. (TEM)
- Kansallisesti pyritään huolehtimaan riittävästä perusluonnontieteiden osaamisen kehittämisestä. Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM), -kiinnostusta ja -ymmärrystä kohottavia toimenpiteitä on jo käynnistetty. Lisäksi luonnontieteen ja tekniikan osaamisen merkitystä kansalliselle TKI-toiminnalle pidetään myös aktiivisesti esillä.)

Hyödynnetään osaamisen kehittämisessä uusia keinoja.

Vahvistetaan puolustusalan viranomaisten, tutkijoiden ja yritysten yhteistyötä vaikuttavuuden lisäämiseksi esim. asiantuntijavaihdon avulla. Tämä lisää myös Suomen houkuttelevuutta tutkimus- ja innovaatio toiminnan kumppanina sekä tukee alan liiketoiminnan kasvua³².

Hyödynnetään tehokkaasti Euroopan unionin rahoitusta. (PLM, TEM)

Euroopan puolustusrahasto on osa laajempaa EU:n puolustusaloitteiden kokonaisuutta. Tähän kokonaisuuteen kuuluvat muun muassa komission 30.11.2016 julkaissama tiedonanto Euroopan puolustusalan toimintasuunnitelmasta³³ ja EU:n globaali-strategia³⁴. Puolustusrahasto koostuu tutkimus- ja suorituskykykokonaisuuksista. Molemmissa kokonaisuuksissa on parhaillaan käynnissä tai valmisteilla esivaihe, jonka tavoitteena on testata menettelyjä ennen varsinaista ohjelmaa vuodesta 2021 eteenpäin.

Käynnissä on kolmivuotinen (2017–2019) puolustustutkimuksen valmistelutoimi, jonka rahoitus on yhteensä 90 miljoonaa euroa. Rahoitus on 25 miljoonaa vuonna 2017, 40

³² Ilmiölähtöinen prosessi kansallisten TKI-painopisteiden valitsemiseksi, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 9/2019.

³³ Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Defence Action Plan, COM(2016) 950 final.

³⁴ Euroopan unionin ulko- ja turvallisuuspoliittinen globaalistrategia, 2016.

miljoonaa vuonna 2018 ja 25 miljoonaa vuonna 2019. Vuoden 2019 hankehaku alkaa maaliskuussa, ja valinnat tehdään myöhemmin vuoden aikana.

Puolustusrahaston suorituskykykokonaisuuden esivaiheeseen kuuluvaa Euroopan puolustusteollista kehittämissuunnitelmaa (European Defence Industrial Development Program, EDIDP) valmistellaan siten, että tavoitteena on hankehakujen toteuttaminen vuoden 2019 alussa. Ohjelmaan on varattu yhteensä 500 miljoonaa euroa vuosina 2019 ja 2020. Haut EDIDP-ohjelmaan käynnistyvät keväällä 2019.

Puolustusrahastoa koskevat asetusneuvottelut ovat käynnissä.

- Euroopan unionin rahoitusmahdollisuuksien hyödyntämistä tulee kansallisesti fasilitoida ja koordinoita ottaen huomioon mm. puolustustutkimuksen uudet EU-rahoitusmahdollisuudet.
- Puolustusrahaston painopisteisiin vaikutetaan Suomen kansallisten painopiste-alueiden ja tarpeiden mukaisesti. Valmistelua koordinoidaan EU-valmistelija-ostorakenteissa (puolustusjaosto, EU-11).

Luodaan tukitoimia, jotka kohdistuvat erityisesti hakemusten laadun ja hyödynnettävyyden vahvistamiseen. Tähdätään lupaavimpien hakemusten valikoivaan fasilitointiin ja sparraukseen hyödyntäen kansallista ammattimaista osaamista ja kokemusta puiteohjelmista ja niihin hakeutumisesta. Tässä tulee hyödyntää sekä olemassa olevia vahvoja ekosysteemejä ja kumppanuuksia että myös luoda uusia näiden kokemusten pohjalta³⁵.

- Selvitetään mahdollisia rahoitusinstrumentteja, joita voidaan hyödyntää kattamaan hankkeiden rahoitusosuutta, jota puolustusrahasto ei kata, ks. 6.3.

Parannetaan kansallista kykyä osallistua joustavasti puolustustutkimuksen kansainväliseen yhteistyöhön.

Kansainvälinen tutkimusyhteistyö on tärkeä keino verkottua ja kehittää omaa osaamista. Osallistuminen puolustusalan organisaatioiden konkreettiseen tutkimus- ja kehittämisyhteistyöhön (esim. EDA ja NATO) edellyttää vahvaa kansallista osaamis pohjaa. Se edellyttää myös riittävän joustavaa rahoituskäytäntöä, jolla määrärahoja voi kohdentaa avautuviin mahdollisuuksiin tarvittaessa nopeastikin.

³⁵ How can the EU Framework Programme for Research and Innovation increase the economic and societal impact of RDI funding in Finland? Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 8/2018.

6.4 Puolustusalan kilpailukyvyn ja yritysten innovaatioedellytysten parantaminen

Puolustushankintoihin liittyvän teollisen yhteistyön vahvistaminen. (TEM, PLM)

Sotilaallisen huoltovarmuuden ja puolustushankintoihin voidaan liittää teollisen yhteistyön velvoite silloin, kun valtion keskeiset turvallisuusedut vaativat velvoitteen asettamista. Teollisen yhteistyön tavoitteena on erityisesti kriittisen teknologian saatavuuden turvaaminen kaikissa olosuhteissa. Tätä voidaan edesauttaa mm. ulkomaalaisen puolustusmateriaalin toimittajien ja kansallisen puolustusteollisuuden välisellä yhteistyöllä. Puolustus- ja turvallisuushankinnoista annetun lain (1531/2011) voimaantulon jälkeen teollisen yhteistyön velvoitteen asettaminen perustuu aina tapauskohtaiseen harkintaan.

- TEM, Business Finland, PLM ja Puolustus- ja ilmailuteollisuus PIA ry tukevat suomalaista teollisuutta sen pyrkimyksissä osallistua HX-hankintaan liitettävään suoraan ja epäsuoraan teolliseen yhteistyöhön. Tämän edistämiseksi on jo käynnistetty Business Finlandin kasvukiihdytinohjelma, HXIP-projekti, jonka tavoitteena on maksimoida vuonna 2021 päätettävään Suomen hävittäjähankintaan liittyvä epäsuora teollinen yhteistyö maanpuolustuksen kriittisen teknologian tueksi ja aktivoida teollisen yhteistyön kannalta potentiaalisia kansallisia yrityksiä ja tutkimusyhteisöjä. (TEM, PLM)
- Teollisen yhteistyön instrumenttia käytetään systemaattisena maanpuolustuksen osaamis pohjan varmistamisen välineenä puolustuksen kannalta kriittisillä teknologia-alueilla. Puolustusministeriö harkitsee teollisen yhteistyön velvoitteen asettamista, kun puolustushankintaan liittyy kriittisiä huoltovarmuudellisia tai muita kansallisen turvallisuuden kannalta kriittisiä vaatimuksia. (PLM, TEM)

Lisätään yritysten ja erityisesti uusien toimijoiden tietoisuutta puolustusmarkkinasta. (TEM, PLM)

- Hyödynnetään Business Finlandin rahoitusvälineitä tutkimusorganisaatioiden, puolustushallinnon ja elinkeinoelämän verkottamiseksi ja edelleen puolustusmarkkinoita koskevan tiedon jakamiseksi.
- Kehitetään toimintamalleja, joilla avataan puolustusmarkkinoihin liittyvien liiketoimintamahdollisuuksia eri alojen yrityksille. Tuetaan alalle syntyvää uusyrittötoimintaa.

Liite 1

Taulukko 1. Osaamis pohja toimijoita: Koostetaulukko sensori- materiaali- ja CBRN teknologiat (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 81/2017)

Osaamis pohja	Toimijat
Sensorijärjestelmät	
<p>Sensorijärjestelmien osaaminen pohjautuu elektroniikan, komponenttivalmistuksen ja tiedonsiirron teknologioiden hallintaan ja osaamiseen. Osaamisen pohjana luonnontieteistä matematiikka, fysiikka ja kemia. Osaamis pohjaan on vaikuttanut mm. elektroniikkatuotannon siirtyminen Kaukoitään ja Intiaan, jolloin suunnittelu, prosessi ja tuotanto-osaaminen erityisesti puolijohdetekniikassa on heikentynyt.</p>	<p>Sensorijärjestelmien osaamista on Suomessa sekä tutkimusorganisaatioissa, että yrityksissä. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: Aalto-yliopisto, Advacam, Ajat, Ametek Finland, Asqella, Detection Technologies, Environics, Helsingin yliopisto, Hitachi High-Tech Analytical Science, Jyväskylän yliopisto, Murata Electronics, Okmetic, Oulun yliopisto (Centre for Wireless Communications, CWC), Oxford Instruments Technologies, Senop, Specim Spectral Imaging, Spectral Engines, Säteilyturvakeskus, Tampereen teknillinen yliopisto, Timegate Instruments, Turun yliopisto, Vaisala ja VTT.</p>
Sensoritiedon käsittelyn teknologiat (signaalinkäsittely)	
<p>Signaalinkäsittely perustuu numeeriseen laskentaan ja matematiikan osaamiseen. Suomessa signaalinkäsittelyn pohjaosaamista edistää tietoliikenneosaaminen, jossa matkapuhelinteknologiakehityksellä on edelleen merkittävä rooli. Muita merkittäviä osaamis pohjaa ylläpitäviä sovellusalueita ovat esimerkiksi teollisuusautomaatio, kuvankäsittely ja interaktiivinen pelimaailma sekä lääketieteen kuvantamissovellukset (kasvavassa määrin).</p>	<p>Sensoritiedon käsittelyn (signaalinkäsittelyn) osaamista on Suomessa sekä tutkimusorganisaatioissa että yrityksissä. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: Aalto-yliopisto, Bittium, Coriant, Ericsson, Helsingin yliopisto, Huawei, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, Nokia Bell Labs, Oulun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Telete, Turun yliopisto, Vaisala ja VTT.</p>
Häiveteknisen suojan materiaalitieteelliset teknologiat sekä herätteiden hallinnan teknologiat	
<p>Häivemateriaalisissa ratkaisuissa on kyse sähkömagneettisen säteilyn ja materiaalien vuorovaikutuksesta ja ratkaisuissa tarvitaan sekä signaalinkäsittelyn että materiaalitieteellistä osaamista. Aihealue on hyvin poikkiteknologinen ja vaatii erilaisten osaamisten yhdistämistä. Perustieteidenaloja, joihin osaaminen perustuu, ovat erityisesti antennitekniikka, sähkömagnetiikka (RF-taajuudet) ja tietoliikennetekniikka sekä materiaalitieteelliset teknologiat. Lisäksi on huomioitava, että häivetekniset ratkaisut riippuvat sovelluskohteesta (laivat, lentokoneet, ajoneuvot jne.), mikä asettaa lisää vaatimuksia sovellukseen liittyen.</p>	<p>Häivetekniseen suojaan liittyvää materiaalitieteellistä osaamista on sekä korkeakouluissa, tutkimuslaitoksissa että yrityksissä ja Puolustusvoimien taistelukeskuksissa. Osaamisen huoltovarmuusraportissa tarkasteltiin seuraavia organisaatioita: Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Oulun yliopisto, VTT, Puolustusvoimien tutkimuslaitos, FY-Composites, Patria, Scantarp ja Conlog.</p>

Osaamisohja	Toimijat
Ballistisen suojan materiaalitekniikat sekä herätteiden hallinnan teknologiat	
Ballistisen suojan materiaalitekniikan osaamisen kannalta keskeisiä perustieteidenaloja ovat teknillinen mekaniikka/lujuusoppi, materiaalitekniikka, metallurgia sekä yleisemmin fysiikka ja kemia. Erityisen tärkeää on ymmärrys materiaalien käyttäytymisestä sekä energian absorptiosta.	Ballistisen suojan materiaalitekniikan osaaminen on Suomessa keskittynyt tutkimuslaitoksiin ja muutamisiin yrityksiin. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: VTT, Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Tampereen teknillinen yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, FY Composites, Exote, Patria, SSAB/Ruukki, Outokumpu, Miilux, Scantarp, Fincon, Protolab, Verseidag Ballistic Protection Oy, Kimmelux, Conlog ja C.P.E. Production Oy.
Erikoismateriaalien teknologiat ja -materiaalien vauriokorjauskyky	
Tieteenaloista erikoismateriaalien teknologioihin liittyvä osaaminen kytkeytyy erityisesti lentotekniikkaan (aeronautical engineering) ja koneenrakennukseen (kevytrakenteet, erityisesti muovikomposiittirakenteet, mekaniikka, lujuusoppi, mittausmekaniikka, materiaalitekniikka, virtausdynamiikka).	Yliopisto- ja tutkimuspuolella erikoismateriaalien teknologioihin ja -materiaalien vauriokorjauskykyyn liittyvä kenttä on viime vuosina ollut myllerryksessä. Taustalla on erityisesti Aalto-yliopistossa 2010-luvun alussa tehdyt lentotekniikan ja komposiittien opetukseen ja tutkimukseen tehdyt muutokset, jonka seurauksena mm. kevytrakennetekniikan laboratorio lopetettiin. Alueeseen liittyvää osaamista on Suomessa yliopistoissa, tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, VTT, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu, Ilmavoimat, Patria, Finflo, Finnair, TrueFlaw, Emmecon, Millidyne ja Insta ILS.
Sotilaskäyttöön tarkoitettujen erigeettisten materiaalien teknologiat	
Energeettisten materiaalien teknologioiden osaamisen kannalta keskeisessä roolissa ovat kemian ja materiaalitekniikan osaaminen. Räjähdetekniikka perustuu ennen kaikkea kemian osaamiseen. Patruunoiden, kranaattien ja miinojen kannalta tärkeitä osaamisaloja ovat metallurgia, materiaalitekniikka, konepajatekniikka ja valmistusteknologiat.	Energeettisten materiaaleissa tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Nammo Lapua Oy, Nammo Vihtavuori Oy, Forcit Oy, Raikka Oy ja Sako sekä eräitä viranomaistoimijoita (Keskusrikospoliisi, Turvatekniikan keskus).
Itämerellisen tai Suomen pohjoisen sijainnin erityisolosuhteiden materiaali- ja rakennetekniikat	
Aihealueen osaamisessa keskeisiä osa-alueita ovat lujuusoppi, metallioppi, virtausmekaniikka, jäämekaniikka, laivahydrodynamiikka ja laivanrakennus. Aihealueen keskeisin materiaali on teräs (erityisesti erikoislujuus seokset) sen mekaanisten (jää) ja termisten (kylmyys) kuormitusten kestävyysnäkökulmasta. Muista materiaaleista jään ja kylmän kestävyysnäkökulmasta alumiini ja komposiittit ovat tärkeitä verrattuna hauraampiin. Titaani puolestaan on kalliimpi. Potkureiden kohdalla mm. pronssi on tärkeä.	Alan osaamista on Suomessa laajasti yritys- ja tutkimusorganisaatioissa. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: Aalto-yliopisto, Oulun yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, VTT, Ilmatieteen laitos, Aker Arctic, Arctech Helsinki Shipyard, Rauma Marine Constructions, Meyer Turku, Elomatic, Deltamarin, ABB Marine & Ports, Rolls Royce, Tevo, Steerprop, Wärtsilä, SSAB, Uudenkaupungin työvene sekä Puolustusvoimat ja eräät viranomaistahot (esim. Trafi).

Osaamisohja	Toimijat
Rakenteiden mekaniikka ja niihin liittyvä mallinnus- ja simulointikyky	
Rakenteiden mekaniikan ja materiaalien mallinnuksen ja simuloinnin osaaminen perustuu ennen kaikkea materiaalitekniikkaan ja ohjelmisto-osaamiseen (koodaus). Rakenteiden mekaniikka edellyttää fysiikan, lujuusopin ja materiaalitieteen osaamista. Mallinnuksessa ja simuloinnissa avainasemassa on koodausosaaminen ja laskennallinen osaaminen. Mallinnus- ja simulointiosaamista voidaan pitää pitkälti myös työkaluna rakenne- ja materiaalitekniikat - kokonaisuuden muille osa-alueille	Materiaalitekniikan mallinnus- ja simulointiosaamista on Suomessa sekä tutkimusorganisaatioissa että yrityksissä. Tässä selvityksessä tarkasteltiin mm. seuraavia organisaatioita: VTT, Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, Helsingin yliopisto, Oulun yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä eräitä yrityksiä.
Kemialliset ja biologiset uhat terveydenhuollossa sekä niihin liittyvät osaamiset	
Tällä aihealueella osaaminen perustuu perustieteisiin ja varsinainen osaaminen kehittyvä vasta työelämässä. Osaamista kehittävä toimijakenttä on myös vahvasti kansainvälisesti verkottunut. Toiminta on globaalia ja kansainvälisistä yhteyksistä keskeisiä ovat BCW (Biological Weapons Convention), OPCW (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons) ja WHO (World Health Organization). Erilaisia kansainvälisiä yhteyksiä hyödynnetään laajasti EU:n sisältä ja mm. USA:n ja Kanadan kanssa on yhteistyötä.	Toimijakenttä tällä aihealueella koostuu alan perustieteitä opettavista yliopistoista, alaan liittyvistä tutkimuslaitoksista ja osaamiskeskittymistä, yliopisto- ja keskussairaaloista, pelastuslaitoksista sekä alan yrityksistä ja puolustusvoimista. Tässä selvityksessä tarkasteltiin Biologisten uhkien osaamiskeskityksen (BUOS), Suomen bioturvaverkoston, Vakavien kemiallisten uhkien osaamiskeskityksen (C-osaamiskeskitys) ja Zoonosikeskuskeskuksen toimintaa, sekä mm. seuraavia organisaatioita: Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL), Työterveyslaitos (TTL), Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsingin yliopiston Kemiallisen aseiden kielto- ja turvallisuuskeskuksen instituutti (Verifin), Myrkytystietokeskus, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Pelastusopisto, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), Huoltovarmuuskeskus, Puolustusvoimien yksiköistä Sotilaslääketieteen keskus (SOTKL) ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos (PVTUTKL), Environics Oy, Samplion Oy ja CBRN-Finland. Suomessa on myös yrityksiä, jotka eivät toimi C- tai B-uhkien aihealueella, mutta joiden osaaminen hyödyttäisi kehitystä. Erityisesti teknologisen kehityksen tuomat uudet mahdollisuudet luovat tarvetta uusille osaajille, osaamisyhdistelmille ja yrityksille.

**Maanpuolustuksen
kansallisen osaamispohjan ja
innovaatiokyvyn vahvistaminen**

ISSN 1797-3562 (verkojulkaisu)

ISBN 978-952-327-413-6

julkaisut.valtioneuvosto.fi



Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet