

# Sotatekninen arvio ja ennuste 2025

## **STAE 2025, osa 2**

Puolustusjärjestelmien kehitys



Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos  
Julkaisuja 15

**Sotatekninen arvio ja ennuste 2025  
STAE 2025**

**osa 2**

# **Puolustusjärjestelmien kehitys**

Toimittajat

Mikko Kari  
Arto Hakala  
Elisa Pääkkönen  
Markku Pitkänen



Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos  
Ylöjärvi 2008

© Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos

Taitto: Heidi Paananen/TKKK  
Kansi: Annele Palonen/TKKK

**ISBN 978-951-25-1891-3**  
**ISSN 1457-3938**

Edita Prima Oy  
Helsinki  
2008

# SISÄLLYS

<b>ALKUSANAT</b> .....	<b>8</b>
<b>1. TEKNIikka SODANKÄYNNIN OSANA</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 JOHDANTO</b> .....	<b>9</b>
1.1.1 Johtopäätökset: Mitä tekniikka on sodankäynnin osana? ...	9
1.1.2 Luvusta "Tekniikka sodankäynnin osana" yleensä.....	11
1.1.3 Mitä sodankäynti on? .....	12
1.1.4 Mitä tekniikka on? .....	13
<b>1.2 SODANKÄYNNIN KOKONAISUUS</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 Sodankäynti yleisesti systeeminä, järjestelmänä .....	13
1.2.2 Suhteellinen etu rekursiivisen järjestelmän sovellutuksena .....	15
1.2.3 Suhteellinen etu ja sodankäynnin tekniikka .....	17
1.2.4 Sota evolutiivisena järjestelmänä .....	20
<b>1.3 TEKNIikka OSANA SODANKÄYNTIÄ HISTORIALLISESTI TARKASTELTUNA</b> .....	<b>21</b>
1.3.1 Historialliset vaiheet .....	21
1.3.2 Arvio kehityksestä vuoteen 2020.....	23
<b>1.4 SODANKÄYNNIN FYYSISET ULOTTUVUUDET JA TEKNIikka</b> .....	<b>24</b>
1.4.1 Tarkastelumalli .....	24
1.4.2 Tekniikan merkitys sodankäynnin fyysisissä ulottuvuuksissa .....	25
<b>1.5 SODANKÄYNNIN TOIMINNALLISET ULOTTUVUUDET JA TEKNIikka</b> .....	<b>27</b>
1.5.1 Määritelmä, teoria ja tarkastelumalli.....	27
1.5.2 Tekniikka, teknologia .....	29
1.5.3 Doktriini, sodankäynnin perusidea.....	29
1.5.4 Organisaatio .....	30
1.5.5 Logistiikka, virrat.....	31
1.5.6 Tieto, informaatio .....	31
1.5.7 Ihminen .....	32
1.5.8 Aika, energia ja tila .....	33
1.5.9 Yhdistelmät .....	34
<b>1.6 SIVILI- JA SOTILASTEKNOLOGIAN EROISTA</b> .....	<b>35</b>
<b>1.7 MEGATRENDEISTÄ JA TEKNOLOGISISTA LÄPIMURROISTA</b> .....	<b>37</b>
<b>1.8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>38</b>
1.8.1 Vastaukset johdannon peruskysymyksiin .....	38
1.8.2 Johtopäätöksiä luvuista 1.1.–1.7. ....	40
1.8.3 Johtopäätöksiä Martin van Creveldin kirjasta "Technology and War" .....	45
<b>2. TIEDUSTELU- JA VALVONTAJÄRJESTELMÄT</b> .....	<b>47</b>
<b>2.1 JOHDANTO</b> .....	<b>47</b>
<b>2.2 TIEDUSTELU- JA VALVONTA</b> .....	<b>48</b>
2.2.1 Yleistä.....	48
2.2.2 Tiedustelun ja valvonnan tavoitteet .....	48
2.2.3 Tiedustelulajit .....	49
<b>2.3 TIEDUSTELU- JA VALVONTAJÄRJESTELMÄT</b> .....	<b>52</b>
2.3.1 Yleinen kehitys.....	52
2.3.2 Tiedonkeräysjärjestelmät.....	53
2.3.3 Tiedon prosessointi, analysointi ja jakaminen.....	55
<b>2.4 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ</b> .....	<b>57</b>
<b>2.5 TEKNOLOGISET MEGATRENDIT</b> .....	<b>58</b>

<b>3.</b>	<b>JOHTAMISJÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>59</b>
3.1	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>59</b>
3.2	<b>PERUSTEET .....</b>	<b>60</b>
3.3	<b>KEHITYS LÄHITULEVAISUUDESSA .....</b>	<b>62</b>
3.3.1	Integraatio ohjaavana tavoitteena .....	62
3.3.2	Tiedonsiirtojärjestelmät ja infrastruktuuri .....	66
3.3.3	Johtamisjärjestelmät .....	67
3.3.4	Sovelluskehitysmallit .....	71
3.3.5	Tietoturvan kehittyminen .....	73
3.3.6	Lähiajan kehitymisennuste .....	75
3.4	<b>PITKÄ AIKAVÄLI .....</b>	<b>77</b>
3.4.1	Yhdysvallat ja NCW tiennäyttäjänä .....	78
3.4.2	Naton NNEC-doktriini .....	79
3.5	<b>KEHITYS SUOMEN KANNALTA .....</b>	<b>81</b>
3.5.1	Nykytila .....	81
3.5.2	Kehitysnäkymät johtamisessa ja johtamisprosesseissa .....	81
3.5.3	Johtamisjärjestelmien kehittyminen .....	83
3.5.4	Parveilu esimerkkinä toimintatavan muutoksen mahdollisuudesta .....	84
<b>4.</b>	<b>ELEKTRONISEN SODANKÄYNNIN KEHITYS 2010-LUVULLA .....</b>	<b>87</b>
4.1	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>87</b>
4.1.1	Tarkastelunäkökulma .....	87
4.1.2	Laadun voitto määrästä .....	87
4.1.3	Sähkömagneettisen spektrin hallinta on kriittinen taistelutekijä .....	88
4.1.4	Elektronisen sodankäynnin keskeiset käsitteet .....	89
4.2	<b>ELEKTRONINEN SODANKÄYNTI TAISTELUN TUKENA .....</b>	<b>90</b>
4.2.1	ELSO on kiinteä osa taistelua .....	90
4.2.2	Elektroninen tuki .....	92
4.2.3	Elektroninen vaikuttaminen .....	93
4.2.4	Elektroninen suojautuminen .....	94
4.2.5	ELSO-tukitoiminta .....	96
4.2.6	Taajuushallinta saa perusteet elektronisen taistelun hallinnasta .....	97
4.3	<b>ELSO:N ELEMENTTIEN KEHITYMINEN .....</b>	<b>98</b>
4.3.1	Elektroninen tuki .....	98
4.3.2	Elektroninen vaikuttaminen .....	99
4.3.3	Elektroninen suojautuminen .....	101
4.3.4	ELSO-tukitoiminta .....	104
4.4	<b>YHDISTELMÄ JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>105</b>
4.5	<b>LYHENTEET .....</b>	<b>107</b>
<b>5.</b>	<b>INFORMAATIOSODANKÄYNNIN JÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>109</b>
5.1	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>109</b>
5.1.1	Tarkastelunäkökulma .....	109
5.1.2	Informaatiosodankäynnin kehittämisen ja kehittymisen toiminnalliset haasteet .....	110
5.1.3	Informaatiosodankäynnin kansallinen käsitteistö .....	111
5.2	<b>INFORMAATIOSODANKÄYNNIN TOIMINNALLINEN KOKONAISUUS .....</b>	<b>113</b>
5.2.1	Terminologiasta .....	113
5.2.2	Operatiivinen konteksti .....	117
5.2.3	Informaatiosodankäynti osana päätöksentekoa ja toimeenpanoa .....	123
5.2.4	Informaatiosodankäynnin prosessimalli .....	126
5.3	<b>YHDISTELMÄ .....</b>	<b>129</b>

<b>6.</b>	<b>MAAVOIMIEN JÄRJESTELMÄT.....</b>	<b>132</b>
<b>6.1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>132</b>
<b>6.2</b>	<b>MAAVOIMIEN ALUEELLIS-OPERATIIVISET JÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>133</b>
6.2.1	Maavoimien alueellinen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmä .....	133
6.2.1.1	Maavoimien alueellinen tiedustelu- ja valvontajärjestelmä .....	133
6.1.1.2	Maavoimien alueellinen johtamisjärjestelmä ..	134
6.2.2	Maavoimien kaukovaikuttamisen järjestelmät.....	135
6.2.3	Maavoimien operatiivinen liikkuvuus .....	138
6.2.4	Maavoimien huoltojärjestelmä .....	140
<b>6.3</b>	<b>MAAVOIMIEN TAKTISET JÄRJESTELMÄT.....</b>	<b>142</b>
6.3.1	Maavoimien taktisen tiedustelun, valvonnan ja johtamisen järjestelmät .....	142
6.3.1.1	Taktisten johtoportaiden järjestelmät.....	142
6.3.1.2	Taktinen tiedonsiirto.....	143
6.3.1.3	Taktinen tiedustelu ja valvonta .....	143
6.3.2	Maavoimien taktiset vaikutusjärjestelmät .....	145
6.3.2.1	Tulivoimajärjestelmät 30 kilometriin saakka ...	145
6.3.2.2	Helikopterijärjestelmä.....	148
6.3.2.3	Elektronisen vaikuttamisen järjestelmät .....	151
6.3.3	Maavoimien taktiset liikkuvuusjärjestelmät ja yhtymän liikkeenedistämisyjärjestelmät .....	153
6.3.4	Maavoimien taktiset suojajärjestelmät .....	155
6.3.4.1	Linnoittamisjärjestelmä.....	155
6.3.4.2	Suojelujärjestelmä.....	157
6.3.4.3	Taktinen huoltojärjestelmä .....	161
<b>6.4</b>	<b>MAAVOIMIEN TAISTELUJÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>162</b>
6.4.1	Iskuportaan tulivoimajärjestelmät .....	162
6.4.1.1	Konekiväärit ja kranaattikonekiväärit.....	163
6.4.1.2	Panssarintorjunta-aseet .....	164
6.4.1.2.1	Olalta ammuttavat panssari- torjunta-aseet .....	165
6.4.1.2.2	Panssarintorjuntaohjus- järjestelmät .....	167
6.4.1.3	Taistelujoneuvojen asejärjestelmät .....	169
6.4.1.4	Kranaatinheitinjärjestelmät.....	170
6.4.1.5	Taistelupanssarivaunujen asejärjestelmät .....	171
6.4.1.6	Iskuportaan suluttamisjärjestelmä .....	174
6.4.2	Iskuportaan taisteluliikejärjestelmä .....	175
6.4.3	Taistelutekninen suoja .....	178
6.4.3.1	Suoja tiedustelulta ja valvonnalta .....	178
6.4.3.2	Suoja tulivaikutukselta .....	179
6.4.3.3	Suoja ABC-aseilta.....	180
6.4.4	Taistelun johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmät ....	181
<b>6.5</b>	<b>TAISTELIJAN JÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>183</b>
6.5.1	Johdanto .....	183
6.5.2	Vaikuttamiskyky .....	184
6.5.2.1	Kevyet itsepuolustusaseet .....	184
6.5.2.2	Taistelijan henkilökohtaiset asejärjestelmät ....	184
6.5.2.3	Voimankäyttövälineet (ei-tappavat ase- järjestelmät) .....	187
6.5.2.4	Käsikranaatit.....	188
6.5.2.5	Taistelijan vaikuttamiskyvyn kehittyminen .....	188
6.5.3	Taistelijan tiedustelu- ja valvontavälineet.....	189
6.5.4	Taistelijan vaatetus ja häivetekniikka.....	190
6.5.5	Ballistinen suoja .....	192
<b>6.6</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>195</b>

<b>7.</b>	<b>MERIPUOLUSTUKSEN ASEJÄRJESTELMÄT.....</b>	<b>196</b>
7.1	JOHDANTO .....	196
7.2	TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄT .....	196
7.3	OHJUSASEJÄRJESTELMÄT .....	198
7.4	MIINA-ASEJÄRJESTELMÄT .....	199
7.5	MIINANTORJUNTA .....	202
7.6	SUKELLUSVENEENTORJUNTAJÄRJESTELMÄT .....	205
<b>8.</b>	<b>ILMAPUOLUSTUSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>208</b>
8.1	JOHDANTO .....	208
8.2	ILMAVALVONTA- JA JOHTAMISJÄRJESTELMÄ.....	209
8.2.1	Tiivistelmä.....	209
8.2.2	Ilmavalvonta .....	211
8.2.2.1	Tutkailmavalvonta .....	212
8.2.2.2	Passiiviset sähkömagneettiset sensorit .....	214
8.2.2.3	Akustiset ja optroniset sensorit.....	215
8.2.2.4	Aisti-ilmavalvonta.....	215
8.2.2.5	Maalitalannekuvan laskentajärjestelmät .....	216
8.2.3	Ilmapuolustuksen tulenkäytön johtamisjärjestelmät .....	217
8.2.3.1	Johdanto .....	217
8.2.3.2	Johtamisjärjestelmien yleinen kehittyminen ...	217
8.2.3.3	Teknologioiden kehittyminen .....	218
8.2.3.4	Toiminnallisuuden vaatimukset.....	218
8.2.3.5	Mallinnus ja simulointi .....	219
8.2.3.6	Informaatiosodankäynnin vaikutus .....	220
8.2.3.7	Liikkuvuus.....	221
8.2.3.8	Tuleva kehitys.....	221
8.2.4	Ilmapuolustuksen tiedonsiirtojärjestelmät .....	223
8.2.4.1	Lähtökohtia tiedonsiirron kehitykseen .....	223
8.2.4.2	Teknologioiden kehitys.....	223
8.2.4.3	Kehitysennuste .....	224
8.2.5	Ilmapuolustuksen taistelunjohton radiojärjestelmä.....	225
8.2.5.1	Johdanto .....	225
8.2.5.2	Nykyinen tilanne .....	226
8.2.5.3	Kehitysennuste .....	227
<b>8.3</b>	<b>ILMA-ALUSTEN ASEJÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>229</b>
8.3.1	Sensorit .....	230
8.3.1.1	Tutkat .....	230
8.3.1.2	Elektro-optiset sensorit.....	232
8.3.1.3	Sensori-integraatio.....	233
8.3.2	Omasuojajärjestelmät.....	233
8.3.3	Maalinosoitus ja tulenjohtojärjestelmät .....	234
8.3.4	Tiedonsiirto.....	234
8.3.5	Aseet .....	234
8.3.5.1	Ilmasta-maahan aseet .....	234
8.3.5.2	Meritorjunta-aseet .....	235
8.3.5.3	Ilmasta ilmaan -aseet .....	236
<b>8.4</b>	<b>ILMATORJUNTAJÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>239</b>
8.4.1	Ilmatorjunta-asejärjestelmät .....	239
8.4.2	Ilmatorjunnan johtamisjärjestelmä.....	243
<b>8.5</b>	<b>TAKTISET BALLISTISET OHJUKSET JA NIIDEN TORJUNTA- JÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>245</b>
8.5.1	Ballistiset ohjukset.....	245
8.5.2	Ballistiset asejärjestelmät .....	249
8.5.3	Yhdistelmä taktisten ballististen ohjusten kehityksestä....	250
8.5.4	Ballististen ohjusten torjunta – todellinen haaste ilma- puolustukselle.....	250

	8.5.5	Ohjustentorjunta-asejärjestelmiä .....	255
	8.5.6	Yhdistelmä ohjustorjuntajärjestelmien kehityksestä .....	256
<b>8.6</b>		<b>LENTOTUKIKOHTIEN PIONEERI- JA SUOJELUTOIMINTA .....</b>	<b>257</b>
	8.6.1	Lentotukikohdan asevaikutuksen ja raivaamisen tiedustelu .....	257
	8.6.2	Raivaaminen .....	258
	8.6.3	Lentokaluston liikennealueiden vauriokorjaus .....	260
	8.6.4	Raivaamisen ja vauriokorjaamisen kehitysnäkymiä .....	262
		8.6.4.1 Tiedustelu .....	262
		8.6.4.2 Raivaaminen .....	263
		8.6.4.3 Vauriokorjaus .....	263
	8.6.5	Lentotukikohtien suojelutoiminta .....	264
<b>8.7</b>		<b>JOHTOPÄÄTÖKSIÄ ILMAPUOLUSTUSJÄRJESTELMIEN KEHITYKSESTÄ .....</b>	<b>265</b>
	8.7.1	Ilmavalvonta- ja johtamisjärjestelmä .....	265
	8.7.2	Ilmavoimien asejärjestelmät .....	265
	8.7.3	Ilmatorjunta .....	266
	8.7.4	Lentotukikohtien pioneeritoiminta .....	266
<b>9.</b>		<b>LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN KEHITYMINEN .....</b>	<b>267</b>
	<b>9.1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>267</b>
	<b>9.2</b>	<b>LOGISTIIKKAJÄRJESTELMIEN GLOBAALIT KEHITYSTRENDIT ....</b>	<b>268</b>
		9.2.1 Yleiset trendit .....	268
		9.2.2 Kehitys maailmalla .....	271
	<b>9.3</b>	<b>HUOLTOJÄRJESTELMIEN KEHITYMINEN .....</b>	<b>273</b>
		9.3.1 Täydennysjärjestelmät .....	273
		9.3.2 Kunnossapitojärjestelmät .....	273
		9.3.3 Kuljetusjärjestelmät .....	275
		9.3.4 Lääkintähuollon järjestelmät .....	276
		9.3.5 Huoltopalveluiden järjestelmät .....	278
		9.3.6 Logistiikan johtamisen järjestelmät .....	279
	<b>9.4.</b>	<b>LOPUKSI .....</b>	<b>279</b>



# ALKUSANAT

Sotatekninen arvio ja ennuste (STAE) arvioi tulevaisuutta teknologian ja puolustusmaterialin näkökulmasta. Asiantuntijat ovat tehneet työnsä omista lähtökohdistaan ilman erityistä sovittua näkemystä kehityssuunnista. Tästä johtuen eräät kirjoittajat ovat kuvanneet lähitulevaisuutta ja eräät kaukaisempaa horisonttia.

Teoksen ensimmäinen osa käsittelee puolustusjärjestelmien taustalla olevien teknologioiden kehittymistä ja kehityksen mukanaan tuomia mahdollisuuksia. Toisessa osassa käsitellään puolustusjärjestelmien osakokonaisuuksia ja niiden kehityssuuntauksia. Nämä osakokonaisuudet on valittu siten, että ne palvelisivat mahdollisimman hyvin puolustusvoimien kehittämisohjelmien parissa tehtävää työtä. Samanaikaisesti STAE -työn kanssa on laadittu puolustusvoimien strategista suunnittelua tukeva arvio teknologian vaikutuksesta sotilaalliseen suorituskykyyn vuoteen 2030 mennessä.

Puolustusvoimien kolme päätehtävää – kotimaan puolustaminen, muiden viranomaisten tukeminen ja kansainvälinen yhteistyö – voivat aiheuttaa tarvittavalle materiaalille erilaisia vaatimuksia. Puolustus- ja turvallisuuskäsitteet lähenevät toisiaan – samoin käytettävät välineet eräiltä osin. Raja siviili- ja sotilastuotteiden välillä kapenee. Siviilipuolen teknologiat kulkevat usein edellä ja sotateknikka soveltaa perässä. Kustannuspaineet kasvavat samanaikaisesti. Kysymys joudutaan asettamaan niin, että miten sovitetaan keskenään tavoiteltavat suorituskyvyt, resurssit ja teknologiset mahdollisuudet. Materiaalihankkeiden hallinta ja materiaalin elinjakson hallinta tulevat entistä tärkeämmiksi.

Kansainvälinen yhteistyö aiheuttaa yhteensopivuusvaatimuksen muiden toimijoiden kanssa. Euroopan Unionissa on ymmärretty puolustusmaterialin kehittämisen merkitys koko Euroopan teolliselle ja teknologiselle pohjalle. Suomen osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön materiaalihankkeissa ja tutkimuksessa turvaa osaltaan tietotaidon tasoa ja samalla erittäin tärkeää huoltovarmuutta.

STAE ilmestyy tällä kertaa perinteisesti paperille painettuina kirjoina. Wikipedia-tyyppisen työkalun käyttöönotto toimitustyössä on suunnitteilla. Kaikki muutkin ideat työn kehittämiseksi ovat tervetulleita. Vastuu STAE:n tuottamisesta on ollut ensimmäistä kertaa Puolustusvoimien Teknillisellä Tutkimuslaitoksella. Tutkimusjohtajat insinööri-kommodori Arto Hakala ja insinööri-komentaja Mikko Kari sekä tietopalvelupäällikkö Elisa Pääkkönen ja informaattikko Markku Pitkänen ovat tehneet oivallista työtä. Kirjoittamiseen on osallistunut kymmeniä henkilöitä, jotka ovat omaa aikaansa säästämättä paneutuneet kiitettävästi tehtävänsä. Esitän parhaat kiitokseni kaikille kirjoitus- ja toimitustyöhön osallistuneille.

Helsingissä 11.04.2008

**Veli Pekka Valtonen**

Insinööriprikaatikenraali

Sotavarustepäällikkö

# 1. TEKNIikka SODANKÄYNNIN OSANA

Evl (evp) Sakari Ahvenainen

## 1.1 Johdanto

### 1.1.1 Johtopäätökset: Mitä tekniikka on sodankäynnin osana?

Luvun 1 ”Tekniikka sodankäynnin osana” tärkeimmät johtopäätökset ovat tiivistettynä seuraavat:

- Sodankäynnin selittävät asia ovat olleet merkittävimmästä vähemmän merkitykselliseen tiede, valtioiden välinen systeemi, yhteiskunta ja vaistot. Ne vaikuttavat kaikki sodankäynnissä edelleen.
- Sodankäynti on mm. tekniikkansa kautta tiedettä ja vielä kasvavassa määrin
- tieteellis-tekniisen sodankäynnin aikakausi alkoi jo 1500-luvulta, kirjapainotaidon keksimisen jälkeen.
- Sodankäynnin peruskäsitteitä on suhteellinen etu. Se voidaan saavuttaa hyvin monella tavalla, myös tekniikalla.
- Sodankäynnin toimi, vastatoimi, vastavastatoimi- logiikka on oleellinen myös sodankäynnin tekniikassa.
- Edellisestä syntyvä suhteellinen teknologinen etu on sotatekniikan peruskäsite. Se monimutkaistaa sodankäynnin tekniikkaa.
- Suhteellisen teknologisen edun hyödyntäminen edellyttää vastateknologia- joukkoja ja vastateknologia- doktriinia.
- Teknologia on saanut toisen maailmansodan jälkeen sodankäynnissä aikaan muutoksen määrästä laatuun.
- Sodankäynnin tekniikka ei vaikuta sodankäynnin perusluonteeseen, sodankäynnin muihin ominaisuuksiin kyllä. Tämä totuus on ydinaseiden aikakaudella ehkä muuttunut.
- Sodankäynnin tekniikassa on useita tasoja ja näkökulmia ja sodankäynnin tekniikka on opetettava asevoimien eri henkilöstölle eri määräisenä ja eri sisältöisenä.
- Alivoimaisen ongelmat ovat teknologisesti erilaisia kuin ylivoimaisen.
- Sodankäynnin ja sen tekniikan järjestelmien koko on kasvanut ja kasvaa. Kuitenkaan mitään aiempaa ei poistu. Tästä seuraa osaltaan sodankäynnin monimutkaistuminen.
- Sodankäynnin ja sen tekniikan tarkastelu systeeminä ja evolutiivisena järjestelmänä on opettavaista ja jopa viisasta.
- Tekniikan sisällä siirtyminen hierarkioista verkottuneeseen yhteistoimintaan tarjoaa suuria potentiaalisia hyötyjä, kun muodostuu verkottuneita kokonaisuuksia hierarkisten osien sijaan.
- Tekniikka (systeemi) on aina kompromissi ja sisältää siis syvällisemmin ymmärrettyinä aina vastatoiminnan mahdollisuuksia eli heikkouksia.
- Teknologian vastaisia toimia edistää myös teknologian pitkä historiallinen kehitys, yhä suurempien järjestelmien synty. Vastatoimien mahdollisuuksia voidaan vähentää kompleksisuuden hallinnalla.

- Huipputeknologia sisältää aina sekä etuja että haittoja. Simuloinnin laaja käyttö voi jatkossa vähentää haittoja ja mahdollistaa yllätyksen uudella tavalla.
- Tekniikka on osa sodankäynnin yhdeksää toiminnallista ulottuvuutta ja tekniikan koordinointi niihin on oleellista, jotta saadaan kokonaisvaltainen, synerginen hyöty tekniikasta.
- Sodankäynnin tekniikka on lisännyt sodankäynnin fyysisiin ulottuvuuksiin ilmatilan ja sähkömagneettisen spektrin. Niistä on siis tullut tärkeitä sodankäynnissä. Seuraavana tärkeiksi ovat tulossa uuden tekniikan avulla kyber- ja fyysinen avaruus.
- Edellisen seurauksena sodankäynnin monimutkaisuus on kasvanut ja kasvaa edelleen.
- Monimutkaistumisen seurauksena verkoista ja verkostomuotoisesta toiminnasta tulee välttämättömyys, keino monimutkaisuuden hallintaan.
- Sodankäynnin toiminnalliset ja fyysiset ulottuvuudet muodostavat kokonaisvaltaisen ja osin päällekkäisen järjestelmän sodankäynnin tarkasteluun. Synteesissä ne on yhdistetty yleisen tekemisen yhdeksi ulottuvuudeksi.
- Teknologia, etenkin elektroniikkaan liittyvillä aloilla sisältää ajallisesti sellaisen kehitysmallin, että ensin syntyy strategisia sovellutuksia, sitten operatiivisia, taktisia ja lopuksi kertakäyttöisiä. Tämä malli antaa myös mahdollisuuden tekniikan kehityksen ennustamiseen.
- Sodan voittaminen on mahdollista pelkästään teknisen ylivoiman turvin.
- Sodankäynnin tekniikka on oltava sotilaallisesti ”kunnossa”, jotta sodan voittaminen ei olisi vastustajalle mahdollista tekniikan kautta.
- Sodankäynnin tekniikan kunnossa olo ei riitä kuitenkaan välttämättä sodan voittamiseen.
- Tekniikka muuttaa sodankäynnin toissijaista luonnetta kuten nopeutta, laajuutta, kestoa jne.
- Tekniikka ei muuta sodankäynnin perusluonnetta tahtojen välisenä verisenä kaksintaisteluna eikä sen perusfunktioita, esim. ”toimi – vastatoimi – vastavastatoimi” kokonaisuutta.
- Tekniikka ei muuta sodankäynnin luonnetta ensisijaisesti sydämen asiana. Tämä kuvaa sodankäynnin ylimmän ulottuvuuden, tahdon merkitystä.
- Tekniikka (ja doktriini) on optimoitu jotakin uhkaa, vihollista tai tilannetta varten. Siksi epäsymmetrinen sodankäynti ja epäsymmetrinen tekniikan käyttö on erityisen tehokasta.
- Tekniikan ja sodankäynnin logiikka on erilaista. Sodankäynnin tekniikka on sovitettava sodankäynnin logiikkaan.
- Edelleen edellisestä johtuen sotatekniikan parissa toimivat insinöörit tarvitsevat joko oman opetuksen tai lisäkurseja siviiliopetuksen lisäksi.
- Sotilaallisesti tehokasta tekniikkaa saadaan ensin tinkimällä teknisesti tehokkaasta tekniikasta ja toiseksi käyttämällä sellaista tekniikka joka maksimoi suhteellisen edun eli huomioi kokonaisuutena oman toiminnan, vihollisen toiminnan ja ympäristön.
- Erityisen tehokas keino edelliseen on pakottaa vastustaja toimimaan kahdella risti-riitaisella tavalla. Tämä periaate toimii sodankäynnin kaikilla toiminnallisilla ulottuvuuksilla, myös tekniikassa.
- Teknologia on luonut teknisiin järjestelmiin uuden tason, ohjelmiston. Se monimutkaistaa tekniikkaa sinänsä ja omien ominaisuuksiensa kautta erityisesti. Ohjelmistot ovat oleellisia rakennettaessa järjestelmiä ja järjestelmien järjestelmiä.

- Sodankäynnin tekniikassa ei ehkä ole oleellisinta se, mitä se voi tehdä, vaan mitä se ei voi tehdä.

Edellä luetellut johtopäätökset on tarkemmin käsittelevä varsinaisessa johtopäätösluvussa 1.8 ja niiden perustelut luvuissa 1.2–1.7.

## 1.1.2 Luvusta ”Tekniikka sodankäynnin osana” yleensä

Mikä tahansa ilmiön ymmärtäminen olemassaolossa edellyttää ensin sen tarkastelua kahdesta näkökulmasta:<sup>1</sup> (a) sisäisestä rakenteesta lähtien, siis mikä on sen sisäinen dynamiikka, osat ja niiden vaikutussuhteet ja (b) ulkoisesta rakenteesta lähtien, siis mihin se liittyy muussa olemassaolossa ja miten muu olemassaolo liittyy siihen. Tämä seuraa systeemitheorian perusteista: Systeemi on erikoistuneista osista muodostuva kokonaisuus, jossa osat ovat yhteydessä ympäristöönsä<sup>2</sup>.

*Taistelussa ilmenevä tarve on hyvin varhain ohjannut ihmistä tekemään tätä tarvetta vastaavia keksintöjä, joilla on pyritty kääntämään voimasuhteet omaksi eduksi; näiden takia taistelutoiminnan luonne on suuresti muuttunut; mutta olkoonpa taistelutoiminta millaista tahansa, itse käsitteen sisältö ei ole siitä muuttunut, ja sodan olemus on juuri taistelutoiminta.*<sup>3</sup>

Yllä olevassa lainauksessa Karl von Clausewitz toteaa, että taistelutoiminnan luonne on suuresti muuttunut keksintöjen, siis tekniikan seurauksena. Miten tekniikan merkitys sodankäynnin osana on muuttunut Sun Tzun ja Clausewitzin päivistä, siitä esitetään eräitä ajatuksia alla. Tässä kirjan 1. luvussa käsitellään sodankäynnin tekniikkaa muuttaman suuremman kokonaisuuden kautta. Erityisesti painottuu systeeminen tarkastelu sekä evoluutio, historia. Luvussa 1.6. esitetään tiivistetysti sotilas- ja siviilitekniikan eroja. Johtopäätökset tarkasteluista on esitetty luvussa 1.8.

Luvun 1 peruskysymykset ovat: (1) Mikä on ollut ja mahdollisesti tulee jatkossa olemaan tekniikan asema sodankäynnissä? (2) Minkä muiden osien kanssa tekniikka muodostaa synergisen, rinnakkaisvaikutusta omaavan, kattavan kokonaisuuden sodankäynnissä? (3). Mikä on edellä mainittujen tekniikan kanssa rinnakkaisten sodankäynnin osien suhde keskenään ja erityisesti suhteessa tekniikkaan? Näihin kysymyksiin etsitään vastaukset ja ne esitetään johtopäätösluvussa 1.8.1.

<sup>1</sup> Tämä perustuu: (1) OODA- loop' keksijän USA:n ilmavoimien everstin John Boydin filosofian keskeiseen rakenteeseen. Ks. Grant T. Hammond: ”The Mind of War: John Boyd and American Security” Smitsonia Institute Press Washington and London 2001 s. 119 - 120

(2) J Moffat: ”Complexity Theory and Network Centric Warfare” CCRP USA 2003, s. xiii [http://www.dodccrp.org/files/Moffat\\_Complexity.pdf](http://www.dodccrp.org/files/Moffat_Complexity.pdf) (30.9.2007)

(3) Verkoissa, joita esiintyy kaikkialla luonnossa ja ihmisen toiminnassa, tekniikka ml, on kaksi rakennetta. Ensinnäkin kytkeytyvä sisäinen rakenne, klusteri ja toiseksi klusterin muuhun olemassaoloon liittyvät heikot yhteydet. Ks. Albert-Laszlo Barabasi: ”Linked; The New Science of Network” Persus Publishing USA 2002

<sup>2</sup> Yleisen systeemitheorian kehittäjä Ludwig von Bertalanffy: ”General System Theory” New York, Brazillier 1968, määrittelee systeemin ”as a set of elements standing in interrelation among themselves and with the environment”.

<sup>3</sup> C von Clausewitz: ”Sodankäynnistä” (saksan kielestä suomentanut Heikki Eskelinen), Art House 1998 s. 67 (jatkossa Clausewitz) (muotoilulisäykset: kirjoittaja)

Tässä STAE II 2020:n luvussa 1 tarkastellaan tekniikkaa sodankäynnin osana, sitä miten tekniikka liittyy muuhun sodankäyntiin ja muu sodankäynti siihen. Aiheesta käsitellään seuraavat osat: (a) kokonaisnäkemys sodankäynnistä *järjestelmänä* sodankäynnin tekniikan tarkastelun pohjaksi, (b) sodankäynnin tekniikan historian peruslinjat ja arvio kehityksestä vuoteen 2020, (c) kuvaus eversti Rudolf Grabaun sodankäynnin fyysisistä ulottuvuuksista ja niiden suhde sotatekniikkaan sekä fyysisten ulottuvuuksien historiallinen kehitys ja arvio siitä vuoteen 2020 sekä (d) kuvaus tekniikan kanssa samantasoisista asioista sodankäynnissä, jotka muodostaisivat yhdessä kattavan kokonaisuuden, systeemin, sodankäyntiin.

### 1.1.3 Mitä sodankäynti on?

Sodankäynti on kahden itsenäisen tahdon välistä organisoitua vihamielistä vaikuttamista, jossa keino on fyysinen väkivalta (isku, lyönti, paine) vastapuolen (vastapuolien) tappamiseksi toisen osapuolen tahtoon.<sup>4</sup> Näkemyksiksi sodankäynnin kokonaisuuteen esitetään, että se on (1) moninainen ilmiö<sup>5</sup>, (2) laajennettu kaksintaistelu, (3) valtion, kansan ja armeijan kolmiyhteys, (4) kaikkien keinojen käyttämistä vastustajan lyömiseen, (5) oman voiman mittaamista, (6) pelien peliä ja (7) sukupuolten roolikäyttäytymistä.<sup>6</sup>

Laaja historiallinen näkemys ja teoria sodankäynnin pitkän aikavälin evoluutiosta esitetään professori Quincy Wrightin laajassa tutkimuksessa "A Study of War". Sen mukaan sodankäynti voidaan jakaa historiallisesti neljään vaiheeseen: (1) Animalistinen sodankäynti. Sen perusta oli epäselvä (indistinct) ja selittävä asia psykologia. (2) Primitiivinen sodankäynti. Sen perusta oli yhteiskunta, ja selittävä asia sosiologia. (3) Sivistynyt sodankäynti. Sen perusta oli kansainvälinen järjestelmä ja selittävä asia kansainvälinen laki. (4) Moderni sodankäynti. Sen perusta oli teknologia ja selittävä asia tiede. Siirtyminen vaiheesta toiseen tapahtui viestinnän, tiedon käsittelyn muuttumisen yhteydessä. Animalistisesta siirryttiin Wrightin mukaan primitiiviseen puheen syntyminen kautta, primitiivisestä sivistyneeseen kirjoituksen keksimisen kautta ja sivistyneestä moderniin kirjapainotaidon keksimisen kautta, siis noin vuodesta 1500 alkaen.<sup>7</sup> Kun Wrightin teos perustuu pääosin vuosiin 1926–42, voidaan esittää, että on muodostumassa myös viides sodankäynti, postmoderni sodankäynti. Sen perusta olisi uusi viestintätekniikka, tietokoneet ja etenkin globaalit tietokoneverkot, siis integroitunut<sup>8</sup> elektroninen tieto ja selittävä asia kompleksisuus.<sup>9</sup>

<sup>4</sup> Clausewitz s. 15, 16 ja 84–5

<sup>5</sup> Sodankäynti politiikan jatkeena on vain yksi näkemys. Atsteekkeille sota oli uskonnon jatke jumalille uhrattavien sotavankien kautta. Sotateolliseen kompleksiin liittyen sota on bisneksen jatke ja japanilaiselle samuraille kulttuurin ydin jne.

<sup>6</sup> S Ahvenainen: "Sodankäynnistä, elektroniikasta ja elsosta" Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu Tiede ja Ase 1994 (ISSN 0358-8882) s. 91–2

<sup>7</sup> Quincy Wright: "A Study of War" Chicago: University of Chicago Press 1942 (kaksi osaa) ja 1983 (yksi osa; Midway Reprint), johon viitataan tässä artikkelissa (jatkossa Wright) Myös muualla artikkelissa esiintyvät Jared Diamond ja McNeillit esittävät kommunikaation kehittymisen keskeisenä evoluution välineenä.

<sup>8</sup> Integroitunut = tietoon liittyen sen luonti, käsittely, siirto ja tallennus tapahtuu tietokoneverkoissa.

<sup>9</sup> Alex Roland: "Technology and war" ([http://www.unc.edu/depts/diplomat/AD\\_Issues/amdipl\\_4/roland.html](http://www.unc.edu/depts/diplomat/AD_Issues/amdipl_4/roland.html) 30.9.2007) (jatkossa: Roland). Artikkelin pohjana on em. teos: Wright

### 1.1.4 Mitä tekniikka on?

Tekniikka on ihmisen välineellinen laajennus. Kädessä oleva kivi tai puunuija lisäsi alkukantaisen ihmisen iskun voiman murskaavaksi ja kivi leikkaavalla terällä kallon halkaisevaksi. Tekniikan ydin on ihmisen tarpeita, eloonjäämisen kannalta oleellisten välineiden valmistus- ja käyttö- ja ylläpitotaito. Tekniikka on siis sekä (1) esineet että (2) esineiden teon ja (3) ylläpidon taito. Evoluution kannalta keskeiset tekniikan tuotteet liittyvät ihmisyhteisöjen koon kasvamiseen, erikoistumiseen ja tiedon esittämiseen, taltiointiin ja välitykseen.

Tekniikka sisältää keinot ja taidot tehtävän suorittamiseksi; teoreettisen tiedon, luonnontieteiden ja soveltuvin osin muiden tieteiden tulosten käyttö aineellisten tavoitteiden toteuttamiseksi. Teknisiä tieteitä ja teknisiä tuloksia käyttävää tekniikka kutsutaan toisinaan teknologiaksi.<sup>10</sup> Teknologia on tieteellisen tiedon soveltamista ihmiselämän käytännön tavoitteisiin, ihmisen ympäristön muuttamiseen ja manipulointiin<sup>11</sup>. Teknologinen toiminta on yhtä vanhaa kuin inhimillinen historia ja sen vaikutus lähes kaikissa ihmisten elämän alueilla on ollut syvälinen.<sup>12</sup> Tämä pitää paikkansa myös sodankäynnin.

Tekniikan suurempi tausta on ensin soveltavat tieteet kuten biologia, kemia ja fysiikka. Näiden pohjalla on pitkälti matematiikka. Uusi matematiikka on mahdollistanut uusien fysikaalisten ja muiden tieteenalojen ilmiöiden matemaattisen mallintaminen ja uusi tiede pragmaattisen insinööriyden (vast.).<sup>13</sup> Tässäkin mielessä sodankäynnillä ja sen tekniikalla on tieteellinen tausta, kuten Quincy Wright teoriassaan esittää.

## 1.2 Sodankäynnin kokonaisuus

### 1.2.1 Sodankäynti yleisesti systeeminä, järjestelmänä

Systeemiin kuuluu yleisesti osat ja niiden vaikutussuhteet toisiinsa ja ympäristöön.<sup>14</sup> Pieenin mahdollinen järjestelmä, josta voidaan jotain järkevää sanoa on kaksi osaa ja niiden väliset suhteet.<sup>15</sup> Tällöin tarkasteltava ilmiö A (sodankäynti tai tekniikka) on otettu irti

<sup>10</sup> Weilin+Göösien tietosanakirja, hakusana ”Tekniikka” osa 5 s. 1953 WSOY 1994

<sup>11</sup> Britannica CD 2000 Deluxe Edition, artikkeli ”Technology”

<sup>12</sup> Microsoft Encarta Encyclopedia Deluxe 99 hakusana ”Technology”

<sup>13</sup> Professori L. Kettunen: ”Miten 1800- luvun kokeellinen toiminto ja matemaattinen mallinnus loivat pohjan tietoyhteiskunnalle?” Tampereen Teknillinen Yliopisto, kurssi jatko-opiskelijoille keväällä 2003, kirjoittajan arkisto.

<sup>14</sup> (1) Yleisen systeemiteorian kehittäjä Ludwig von Bertalanffy: ”General System Theory” New York, Brazillier 1968, määrittelee systeemin ”as a set of elements standing in interrelation among themselves and with the environment”.

(2) Vrt. myös Clausewitz s. 15

<sup>15</sup> Lähde: Logiikka: Jos olisi vain yksi tekijä sodankäynnin tarkastelussa, se käsittäisi siis kaikki sodankäynnin tekijät, mutta ei tekijöinä, koska jos näitä tekijöitä olisi esim. seitsemän, tarkastelisimme seitsemää osatekijää, emme yhtä tekijää. Edelleen, jos tarkastelemme sodankäyntiä vain yhtenä tekijänä, meiltä jää muu olemassaolo pois. Ei ole siis loogisesti mahdollista tarkastella sodankäyntiä yhtenä kokonaisuutena järjestelmässä, jossa on vain sodankäynti. Entä kaksi? Emme voi jakaa sodankäyntiä kohteen osaan, koska silloin sodankäynnin viitekehys, muu olemassaolo jäisi pois. Siis: Voimme tarkastella sodankäyntiä, tai mitä tahansa olemassaolon ilmiötä, minimissään sellaisena järjestelmänä, jossa kyseinen ilmiö on toinen tarkastelun kohde kokonaisuutena ja koko muu olemassaolo tarkastelun toinen kohde. Tällöin tosin on kyse tällaisen olemassaolon perusjärjestelmän ominaisuuksista, siis siitä, mitä sodankäyntiin liittyy samanlaista kuin olemassaolon kaikkiin osiin. Kyseiseen järjestelmää syntyy kaksi suhdetta: osan suhde kokonaisuuteen ja kokonaisuuden suhde osaan. Jos osalla ei olisi mitään yhteyttä, suhdetta, kokonaisuuteen, se ei olisi olemassa kokonaisuudelle, koska kokonaisuus ei ”haistaisi, maistaisi eikä näkisi” osaa. Osa ei ”painaisi” olemassaololle mitään jne. Jos kokonaisuudella ei olisi mitään yhteyttä, suhdetta osaan tilanne olisi periaatteellisesti sama kuin edellä. Siis: Jos olemassaoloon, kokonai-

kokonaisuudesta, ei-A:sta (muu olemassaolo, sodankäynnin tai tekniikan ympäristö). Tämän jälkeen jakamista voidaan jatkaa periaatteessa äärettömyyteen asti rekursiivisesti, itseensä viittaavasti. Olemassaolosta voidaan ottaa ”ulos” aina jokin uusi ilmiö. Jos ulos otetut osat ovat olemassa toisilleen, niiden välille syntyy aina kaksi vaikutussuhdetta: osa X vaikuttaa muihin osiin ja muut osat osaan X (ks. edellinen alaviite).

Kolmen osan järjestelmässä voidaan nähdä sodankäynnin kyseessä olleen (1) oma puoli, (2) vihollinen ja (3) näille yhteinen muu olemassaolo, ympäristö. Neljän osan järjestelmälle on myös vielä järkevä tulkinta sodankäynnissä: (1) oma puoli (2) vihollinen A (rauhaan pakotettava osapuoli I), (3) vihollinen B (rauhaan pakotettava osapuoli II) ja (4) näille kaikille yhteinen muu olemassaolo, ympäristö. Rauhaanpakottamisoperaatio on potentiaalisesti siis paljon kompleksisempaa toimintaa kuin tavanomaisen sodankäynti. Joudutaan siis pohtimaan esimerkiksi sitä, miten operaatio osapuolta A vastaan vaikuttaa osapuoleen B. Seuraavassa näistä sodankäynnin minimaalisia järjestelmistä tarkastellaan kahta ensimmäistä hieman tarkemmin.

Kahdella osalla ja niiden kahdella suhteella sodankäynnin osalta saadaan siis systeemi, jossa on sodankäynti ja muu olemassaolo, *osa ja kokonaisuus*. Sodankäynti vaikuttaa muuhun olemassaoloon ja muu olemassaolo sodankäyntiin. Tämä yksinkertaisin malli kertoo seuraavaa: (a) Sodankäynti vaikuttaa muuhun olemassaoloon. Sodankäynti siis muokkaa muuta olemassaoloa. Se esim. tappaa ja tuhoaa olemassaolon muita elementtejä (heimoja, valtioita), se valitsee henkiin jäävät suuret organisaatiot, valtiot. (b) Muu olemassaolo vaikuttaa sodankäyntiin, muokkaa sitä. Sotaa käyvien järjestelmien koko, niiden tekniikka, sodankäyntitapa, tarpeet ja arvot muokkaavat sodankäyntiä. (c) Useamman kierroksen aikana sekä olemassaolo että sodankäynti muokkaavat toisiaan, ne oppivat. Koska sodankäynti on olemassaolon osa, vain se voi olla sopeutumatta toiseen osapuoleen, vain se voi hävitä. (d) Vaikutuksen suuruus ja nopeus olemassaolosta osaan ja osasta olemassaoloon voivat olla erilaisia. Osan vaikutus olemassaoloon on aina rajallinen.

Tämän yksinkertaisimman sodankäynnin järjestelmän sanoma on seuraava: sodankäyntiä ei voi tarkastella umpiossa. Sodankäynti on aina osa jotakin kokonaisuutta, esim. politiikkaa, vähintään osa muuta olemassaoloa. Tekniikan kannalta tämä merkitsee mm. sitä, että sodankäynnin tekniikka vaikuttaa muuhun tekniikkaan ja muu tekniikka sodankäynnin tekniikkaan.<sup>16</sup> Edellisestä ovat esimerkkejä ydinaseet (ydinvoima), tutka (meri- ja laivaliikenne), salakirjoituksen murtaminen (tietokone) ja jälkimmäisestä informaatiotekniikka (täsmäaseet, tietokoneohjatut järjestelmät sodankäynnissä ja yleisesti COTS<sup>17</sup>-, eli kaupallinen tai *kaksikäyttötekniikka* (Dual Use)).

Valaiseva esimerkiksi ympäristön vaikutuksesta sodankäyntiin ovat tuliaseet ja Japani 1500 – 1600 luvulla. Länsimaisten ruutiin perustuvat tuliaseet tulivat Japaniin vuonna 1543. Ne kiellettiin kuitenkin lopulta maassa, koska japanilaisessa kulttuurissa keskeinen miekkaan perustuva samurai-perinne ei voinut hyväksyä mm. sitä, että talonpoika

suuteen syntyy osa, sillä on yllä mainitut kaksi suhdetta. Muuten osa ei ole olemassa kokonaisuudelle, joka on oletuksen vastainen.

<sup>16</sup> Yhteiskunnan, sodankäynnin ja tekniikan välistä vuorovaikutusta on käsitelty kirjoittajan jatko-opintoseminaarin esitelmässä: <http://personal.inet.fi/koti/sakari.ahvenainen/index/teknhis6.pdf> (30.9.2007)

<sup>17</sup> COTS = Commercial, Of The Shelves, eli kaupallinen, suoraan hyllyltä (saatava tekniikka). Dual Use = kaksikäyttö(tekniikka), tekniikka, jolla on sekä siviili- että sotilaskäyttöä.

pystyi muutaman viikon koulutuksella surmaamaan musketilla vuosia miekkailua harjoitelleen samurain<sup>18</sup>. Tuliaseet uhkasivat japanilaisen kulttuurin ydintä ja ennen kaikkea valtaa pitävää luokkaa.

Kolmella osapuolella sodankäyntiin syntyy (1) omapuoli, (2) vihollinen ja (3) näille molemmille yhteinen muu olemassaolo, ympäristö. Oman ja vihollisen puolen kannalta kyse on järjestelmästä, jossa esiintyy *suora ja epäsuora vaikuttaminen*. Näillä kolmella osalla on kuusi<sup>19</sup> periaatteellista suhdetta: (1) oma puoli vaikuttaa viholliseen, (2) oma puoli vaikuttaa ympäristöön, (3) vihollinen vaikuttaa omaan puoleen, (4) vihollinen vaikuttaa ympäristöön, (5) ympäristö vaikuttaa omaan puoleen ja (6) ympäristö vaikuttaa viholliseen. Epäsuora vaikuttaminen näkyy siis niin, että esim. oma puoli voi vastustajaan vaikuttamalla vaikuttaa molemmille yhteiseen ympäristöön, kolmanteen osapuoleen. Teoriassa on myös mahdollista vaikuttaa ympäristöön epäsuorasti vihollisen kautta saamalla se tekemään jotain haluamaamme ympäristölle.

Tekniikan kannalta on oleellista, että tekniikka sisältyy osana omaan puoleen (vrt. luku 1.5.). Koska vihollinen ja yhteinen toimintaympäristö vaikuttavat kaikkiin oman puolen osiin, myös teknologiaan, ovat vihollinen ja sen kanssa yhteinen toimintaympäristö aina tarkasteltavia osatekijöitä sodankäynnin tekniikassa. Näitä vihollisen seurauksia, eli siviili- ja sotilasteknologian peruseroja tarkastellaan erikseen luvussa 1.6.

Edellä mainitut kahden osan järjestelmän ominaisuudet ovat olemassaolossa sellaisen järjestelmän ominaisuudet, joilla on vastustaja tai yhteistyökumppani, eli kun olemassaolossa on vähintään kaksi toimijaa. Sodankäynnin osalta tämä on perusjärjestelmä.

Epäsuora vaikuttaminen voi olla erittäin monimutkaista, verkko, jossa on suoran vaikutuksen lisäksi vaikutusta yksittäiseen elementtiin muiden kautta yhden, kahden jne. muun vaikutuspisteen kautta. Jos edellä todettiin sodankäynnin olevan aina osa jotain kokonaisuutta, niin kolmen elementin järjestelmästä todetaan vastustajan ja ympäristön merkitys vaikuttamiseen, siis suora ja epäsuora vaikuttaminen.

Pienin järjestelmä, jossa vastustaja esiintyy sodankäynnissä on siis omapuoli, vastustajan puoli ja näille yhteinen ympäristö. Tästä järjestelmästä syntyy sodankäynnin perusdynamikka ja se vaikuttaa sodankäynnissä kaikkialla, myös sodankäynnin tekniikassa.

## 1.2.2 Suhteellinen etu rekursiivisen<sup>20</sup> järjestelmän sovellutuksena

Oma puoli koostuu toiminnasta, vastatoiminnasta (hyökkäys) ja vastavastatoiminnasta (puolustus). Samat elementit esiintyvät vihollisen puolella. Toiminnan ja hyökkäyksen vaikutus suodattuu toiselle puolelle sen puolustuksen kautta. Näiden kuuden elementin

<sup>18</sup> Jared Diamond: ”Tykit, taudit ja teräs – Ihmisen yhteiskuntien kohtalot” Terra Cognita Oy, Hakapaino Helsinki 2005, s. 278 – 79

<sup>19</sup> Jos osia on  $N$  niin vaikutussuhteita on kaikkien vaikuttaessa kaikkiin  $N(N-1) = N^2 - N$ . Esim. kolmella osalla  $3*2 = 6$  ja neljällä osalla  $4*3 = 12$ .

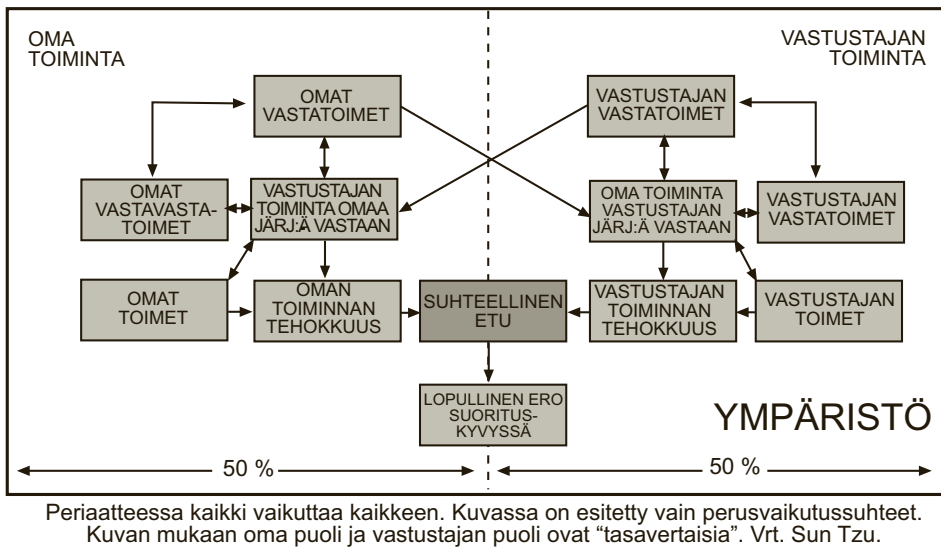
<sup>20</sup> Rekursiivisuus = itseensä viittaavuus. Kaikki järjestelmät, joiden tilat riippuvat järjestelmän edellisestä tilasta ovat rekursiivisia.



vaikutus taistelukentällä kulminoituu suhteelliseen etuun (ks. alla kuva 1). Sodankäynnin kannalta on oleellista huomata, että vasta puolustaminen synnyttää sodankäynnin<sup>21</sup>. Toiseksi oma toiminta kohdistuu ympäristöön ja sen toiminta, ominaisuudet, meihin. Kolmanneksi vihollisen toiminta kohdistuu ympäristöön ja sen toiminta, ominaisuudet, viholliseen.

Sodankäynnissä, yleisesti toiminnassa on vain toimia, vaikutusta, aineen, energian ja tiedon tavoitteellista liikettä. Jos tavoitteellisia toimia ei ole, mitään (järkevää, tavoitteellista) ei tapahdu. Toimet jakautuvat kolmeen tyyppiin. Jos on olemassa (1) toimi, sitä vastaan voidaan sodassa toimia, syntyy siis (2) vastatoimi, hyökkäys. Koska vastatoimikin on vain toimi (kaikki sodankäynnissä on toimia), vastatoimelle voi syntyä vastatoimi, siis alkuperäisen toimen (3) vastavastatoimi, eli puolustus. Koska puolustuskin on vain toimi, sille voi syntyä vastatoimi jne., loputtomasti.

Oleellista on huomata tässä ajallinen ketju. Ensinnäkin on toimi. Se tehostaa omaa toimintaamme. Kun vastustaja toimii sitä vastaan, syntyy vastatoimi, hyökkäys. Tällöin alkuperäisen toimen tehokkuus laskee, saattaa jopa hävitä kokonaan ja muuttua alkuperäiselle käyttäjälle katastrofaaliseksi, jos hänellä ei ole vastatoimeita, siis puolustusta vastustajan vastatoimeen, hyökkäykseen. Se, jolla on viimeisin toimiva toimi on yllättäjä, ja omaa merkittävää sotilaallisen edun.



**Kuva 1.** Suhteellinen etu

Edellä oleva tarkoittaa ensin, että toimille syntyy tai on mahdollista syntyä aina vastatoimi, koska sodassa on *kaksi vastakkaista tahtoa*. Tämä on sodankäynnin perusdynamikkaa. Emme siis koskaan voi olla tyytyväisiä omiin toimiin, vaan aina jää epäily, onko vastustajalla niihin jo vastatoimi. Koska se, jolla on viimeiseksi toimiva vastatoimi, on etulyöntiasemassa, vastatoimista tulee oleellisia sodankäynnissä. Käytännössä viimeinen toimiva vastatoimi on sama asia kuin yllätys, siis sodankäynnin ydintä. Ja yllätys ei ole yllätys, jos se on vastustajan tiedossa. Syvenevistä vastatoimista tulee siis salauksen ja

<sup>21</sup> Clausewitz s. 195 (Ja huom! Ilman puolustusta hyökkäys ei ole vastatoimi, eli hyökkäys, vaan pelkkä toimi, eli siirtyminen tai marssi.)

sodankäynnin voittamisen kulmakiviä. Niitä tiedustellaan ja niitä pyritään salaamaan. *Tiedustelu, salaus ja harhauttaminen* ovat vastustajan vaikuttaessa oleellisia taitoja. Oleellista on tietää nimenomaan se, minkä vastustaja nimenomaan pyrkii meiltä salaamaan. Tiedustelu pääkohde ei siis ole vastustaja lukumäärä, laatu tai strategia yleensä, vaan se, mitä se erityisesti pyrkii meiltä salaamaan.

Toiseksi, koska vastatoimia syntyy ja ne ovat edellä kuvatulla tavalla voiton avaimia, niiden luominen on voittavan sotilasorganisaation ydintä. Miten niitä luodaan? Tullaan oppimisen ja innovaatiotaidon merkitykseen sodankäynnissä. Aina on mahdollista, että huolimatta hyvän tiedustelumme vuosikymmenien ponnisteluista, vastustajan vastatoimet ovat jääneet meille salaisuudeksi. Kun niitä sitten käytetään, ne paljastuvat, vaikka vihollinen vielä tässäkin vaiheessa pyrkii salaamaan todellisen voiton avaimet meiltä ja ulkopuolisilta, ja vielä mahdollisimman pitkään. Sodan aikana tulee siis nopeasti saada selville, miksi vastustaja on niin tehokas, mihin sen toiminta perustuu? Kun tämä on selvillä, meidän tulee pystyä hyödyntämään tämä tieto nopeasti ja laajasti.

Koska vastatoimi on periaatteessa toimi, se voi olla luonteeltaan mitä tahansa. Myöhemmin käsiteltävät sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet antavat vastatoimien eri laatuihin yhden näkökulman. Koska suhteellinen etu on yleinen sodankäynnin käsite, myös se voi olla mitä tahansa. Jälleen voidaan käyttää myöhemmin esitettäviä sodankäynnin toiminnallisia ulottuvuuksia. Niiden perusteella suhteellinen etu voi olla: (a) teknologinen (laitteet, järjestelmät ja järjestelmien järjestelmät; kovo ja pehmo; elektroniikka, kuljetusvälineet, ampumatarvikkeet...), (b) doktrinäärinen (taktisella tasolla, operatiivisella tasolla, strategisella tasolla), (c) organisatorinen (jälleen useammalla tasolla), (d) logistinen (jälleen useammalla tasolla: sotatalous, kuljetuskyky, ylläpitokyky, lukumäärä, laatu), (e) ihmisiin perustuva (jälleen useammalla tasolla; lukumäärä, laatu, rohkeus, tahto...), (f) tiedollinen (jälleen useammalla tasolla; tiedustelu, järjestelmäymmärrys, päätöksentekokyky, tietotaito...), (g) aikaan liittyvä (jälleen useammalla tasolla; hankintojen nopeus, sodankäyntitavan nopeus, muuttumis- ja oppimiskyvyn nopeus...), (h) energiaan liittyvä (jälleen useammalla tasolla; sähköenergia, polttoaineet, ruoka, ruuti ja räjähteet, ...) ja (i) tilaan liittyvä (viivytyks, vetäytyminen, linnoittaminen, maastoutus...). Suhteellista etua voi olla siis helposti 20–30 erilaista tyyppiä. Oman ja vastustajan hyvän tunteminen mahdollistaa näiden täyden hyödyntämisen. Hyvä tunteminen (tieto) taas mahdollistaa täsmävaikuttamisen<sup>22</sup> ja se taas mahdollistaa vaikuttamisen pienillä resursseilla, siis pienen voimavaroilla. Tieto korvaa muita resursseja.

### 1.2.3 Suhteellinen etu ja sodankäynnin tekniikka

Mitä suhteellinen etu tarkoittaa käytännössä sodankäynnin tekniikan osalta? Suhteellisen edun hyödyntäminen lähtee oman ja vastustajan tekniikan hyvästä tuntemuksesta:

*Sun Tzu: Tunne itsesi ja tunne vihollinen, sadassakaan taistelussa et ole vaarassa. Jos et tunne vihollista mutta tunnet itsesi, ovat mahdollisuutesi voittaa ja hävitä yhtäläiset. Jos et tunne sen paremmin vihollista kuin itseäsi, häviät varmasti joka taistelun.*<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Täsmävaikuttaminen = vaikuttamista massan sijasta järjestelmän (vastustajan) sellaiseen (pieneen) osaan, jolla on laaja vaikutus vastustajaan kokonaisuutena. Tyypillisesti johtaminen ja tieto ovat tällaisia keskeisiä solmuja.

<sup>23</sup> Sun Tzu (500 e.Kr): ”Sodankäynnin taito” Love Kirjat, Helsinki (1982) s. 92. Vrt. vihollinen = vihollisen tekniikka ja itse = oma tekniikka

Koska suhteellinen etu tekniikassa voidaan saada aikaiseksi monella tasolla, tekniikka on tunnettava kaikilla tasoilla: tieteen ja teknologian taso yleensä, perustekniikka, laitteet, järjestelmät ja järjestelmien järjestelmät. Tietotekniikan osalta on tunnettava laitteet, mutta erityisesti *ohjelmistot*. Ne antavat täydellisen kuvauksen järjestelmän toiminnasta, ne mahdollistava sen suorituskyvyn tarkan arvioinnin sekä järjestelmän harhauttamisen ja häirinnän. Tasoina tässä voidaan nähdä taktiset järjestelmät, operatiiviset järjestelmät ja strategiset järjestelmät.

Viimeistään sodan aikana on valmistauduttava vastustajan avainjärjestelmien avainosien ja avainihmistien kaappaukseen. Tällöin pyritään sellaisten järjestelmien ymmärtämiseen, joiden olemassaolosta on tieto, mutta joita ei tunneta tarpeeksi hyvin. On myös valmistauduttava sellaisten järjestelmien vastaiseen toimintaan, joista ei ole ollut mitään tietoa ennen sotaa, siis toimimaan yllätettynä.

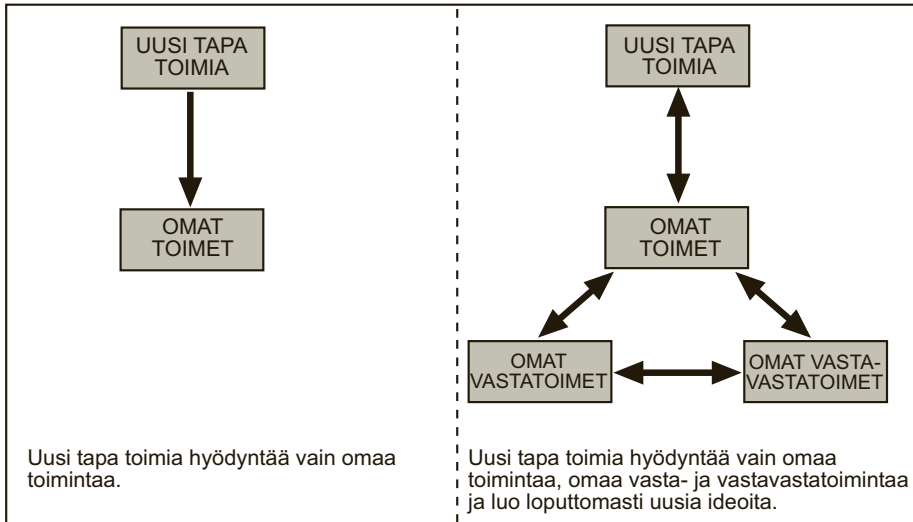
Loppujen lopuksi tekniikan osalta ratkaisee kokonaisvaikutus omaan ja vastustajan järjestelmään sekä ympäristöön liittyen. Ympäristö käsittää mm. yhteisen taistelumaaston, sään, vuodenaajat, valaistusolot, smg-spektrin, naapurimaat, neutraalit, liittolaiset ja maailman yleisen mielipiteen. Kokonaisvaikutus tarkoittaa, että jollain osa-alueella tekniikan hyöty voi olla meille negatiivinen ja joillakin neutraali, kunhan lopputulos on kokonaisuutena meille positiivinen. Edellä oleva koskee myös meille optimaalisinta vaihtoehtoa.

Suhteellinen etu vaikuttaa kaikkialla sodankäynnissä, siis myös tekniikassa. Tällöin on kolme tapaa parantaa oman järjestelmän tehokkuutta tekniikan keinoin:

- (1) Hankkia parempaa tekniikkaa omia *toimia* varten, joka siis parantaa omia toimia sisäisesti, tekniikan kautta. Tämä on perinteinen, usein ainoaksi nähty tapa toimia.
- (2) Hankkia parempaa tekniikkaa *hyökkäystä* (vastatoimia) varten viholliseen, joka siis parantaa omia toimia ulkoisesti, hyökkäämällä vihollista vastaan. Tämä on alivoimaiselle tärkeä tapa toimia, koska vihollisen vaikutuskyky meihin on suurempi kuin oma vaikutuskyky meihin.
- (3) Hankkia parempaa tekniikka omien toimien *puolustukseksi* (vastavastatoimia) vastustajan hyökkäykseltä, joka parantaa omia toimia sisäisesti, suhteessa viholliseen hyökkäyksen kautta. Myös tämä on alivoimaiselle tärkeää, koska ilman vaikuttavia yksiköitä vaikuttaminen ei ole mahdollista.

Edellä mainittu kokonaisuus on saatava tuottamaan synergiaa, yhteisvaikutusta. Niistä on luotava systeemi.<sup>24</sup> Tässä systeemissä on aiemmin esitetyn mukaan kolme osaa ja kuusi vaikutussuhdetta. Tämä tarkoittaa, että (a) oman tekniikan käytön havainnot on käytettävä hyökkäyskeinojen kehittämiseen vastustajan tekniikka vastaan ja oman suojaamiseen, (b) hyökkäystekniikan havainnot on käytettävä oman tekniikan käytön kehittämiseen ja oman tekniikan suojaamiseen sekä (c) oman puolustustekniikan havainnot on käytettävä oman tekniikan käytön kehittämiseen ja hyökkäystekniikan kehittämiseen vastustajan tekniikka vastaan.

<sup>24</sup> Systeemin ominaisuus on se, että se on suurempi kuin osiensa summa. Esim. uusi tekniikan käyttö voi parantaa tehokkuuttamme 5 prosenttia. Hyödyntämällä sama asia hyökkäysmahdollisuutena vastustajan tekniikka vastaan, voimme saada toisen 5 prosentin edun. Ja lopuksi kovettamalla samalla periaatteella puolustustamme, voimme saada vielä kolmannen 5 prosentin edun. Tämä on siirtymistä hierarkiasta, osasta, verkkoon, kokonaisuuteen.



**Kuva 2.** Toiminnan, vastatoiminnan ja vastavastatoiminnan synergiahyödyt

Kaikkiin edellisiin vaikuttaa lisäksi oman ja vastustajan tekniikan toiminta yhteisessä *toimintaympäristössä*. Toimintaympäristöstä saatava suhteellinen etu ei ole tekniikan osalta kuitenkaan itsestään selvyys, kaukana siitä. Voidaan ajatella, että Suomessa kehitellyllä tekniikalla tämä etu olisi, mutta ulkomailta ostetusta tekniikasta se saadaan vain hyvillä käyttäjän vaatimuksilla, osallistumisella aktiivisesti ympäristöolosuhteiden osalta hankintaprojektiin ja ennen kaikkea kyvyllä testata vaadittuja ympäristöolosuhteita niin, että vaatimuksista voidaan olla samaa mieltä valmistajan kanssa.

Alivoimaisena toimittaessa vihollinen on ratkaiseva. Tällöin tulee erityisesti panostaa vastustajan tuntemiseen ja sen vastaiseen toimintaan ja sen toiminnalta suojautumiseen. Myös ympäristön kautta saatava etu on oleellinen. Alivoimaiselle vihollinen ja sen ymmärtäminen, tekniikassa vihollisen tekniikan ymmärtäminen on lähtökohta, ei oma toiminta. Toinen alivoimaisen lähtökohta on omien vähien joukkojen suojaaminen, koska vaikuttaa voidaan vain niin kauan kuin vaikuttavia elementtejä on hengissä ja alivoimaisena ne loppuvat nopeasti ilman niitä suojaavia toimenpiteitä.<sup>25</sup>

Uusi teknologia pyrkii olemaan vastustajalle aina yllätys. Tämä tarkoittaisi, että vastatoimia ei ole olemassa, joka taas tarkoittaa sitä, että uusi teknologia olisi myös sotilaallisesti tehokas. Koska toisaalta uuden ja hyvin salatun teknologian kouluttaminen ja kokeilu on erittäin rajallista, sodankäynnissä uusi teknologia harvoin aiheuttaa tavoiteltuja vaikutuksia. Tässä on siis keskeinen syy, miksi ”yllätysaseet” ovat olleet usein, lähes säännöllisesti vaikutuksiltaan arvioituja vaatimattomampia. Edellistä seuraa myös, että uusi teknologia on usein halpaa siksi, että siinä ei tarvitse ottaa huomioon vastustajan vastatoimia, joita ei ole vielä kehitetty. Tämä tarkoittaa myös, että vanhaa tekniikkaa edustavat järjestelmät ovat kalliita ja monimutkaisia, koska niissä pitää huomioida vas-

<sup>25</sup> (1) Sun Tzu: Tunne itsesi ja tunne vihollinen, sadassakaan taistelussa et ole vaarassa. Jos et tunne vihollista mutta tunnet itsesi, ovat mahdollisuutesi voittaa ja hävitä yhtäläiset. Jos et tunne sen paremmin vihollista kuin itseäsi, hävitä varmasti joka taistelun. (Lähde alaviite 23)

(2) Alivoimaisena tärkeitä ovat myös omien vähien joukkojen suojaaminen, omien vähien joukkojen optimaalinen käyttö, uusien aseiden käyttö epäsymmetristen tilanteiden luontiin sekä vastustajan viestiyhteyksien häirintä. (Lähde: USA:n Defence Science Board: ”Conventional counterforce against a Pac attack” 1976)

tustajan vastatoimet ja yhtenä suojauskeinona monipuolinen koordinointi omiin muihin järjestelmiin.

Simulointi luo uusia mahdollisuuksia yllätykseen uuden teknologian kautta. Simuloidulla ja kouluttamalla simulaattoreissa uutta teknologiaa asevoimille, se voidaan pitää pidempään salassa ja kuitenkin harjoitella ja tutkia sen käyttöä. Tässä on yksi nykyaikaisen tiedustelun peruskysymys: Mitä asioita vastustaja kokeilee ja kouluttaa vain simulaattoreissa?

### 1.2.4 Sota evolutiivisena järjestelmänä

Evolutiivisen järjestelmän ominaisuuksia ovat (1) koon kasvaminen, (2) erikoistuminen ja (3) tiedon käsittelyn välityksen ja tallennuksen muuttuminen. Sodankäynti evolutiivisena järjestelmänä omaisi siis myös nämä ominaisuudet. Näyttääkin siltä, että sodankäynnin historia toteuttaa myös näitä ominaisuuksia.<sup>26</sup> Evolutiivinen järjestelmä on myös aina oppiva järjestelmä. Se kokeilee kaikkia ja oppii, sopeutuu ympäristöönsä ja sopeuttaa sitä itseensä. Se sisältää myös erilaisuutta, reserviä, joilla se voi sopeutua uusiin yllättäviin riskeihin tai mahdollisuuksiin. Sodankäynnin suuruuden kasvaminen tarkoittaisi sitä, että vain suuremman kokonaisuuden sisällä sodankäynnillä on uusia ylivoimaisia mahdollisuuksia, erikoistuminen viittaisi erikoistuneen organisaation osien väliseen kommunikaation kustannuksiin ja tiedon käsittely, välitys ja tallennus muuttuminen viittaisi uuteen tieto- ja verkostoteknologiaan ja verkkoihin, jotka mahdollistavat erikoistuneen ja hajautetun organisaation osien välisen koordinoinnin siedettävien kustannuksin. Uuden kokeilu viittaisi voimakkaasti innovaatioihin, simulointiin, kaksipuolisiin harjoituksiin ja ”sopiviin” sotiin silloin tällöin sekä erilaisuuden sietämiseen, jopa viljelemiseen<sup>27</sup>. Oppiva systeemi mahdollistaisi ja tukisi oppimista aina ja kaikkialla, erityisesti sodassa ja optimoitu järjestelmä viittaisi siihen, että sodankäynti sisältäisi reserviä, reagointikykyä muutokseen.

Sodankäynnin koon kasvamisesta yksi esimerkki on myöhemmin esitettävä sodankäynnin tekniikan historia. Sen vaiheet ovat olleet: työkalut, koneet, järjestelmät ja järjestelmien järjestelmät. On siis tapahtunut teknologisten systeemien koon jatkuvaa kasvua. Organisaation koon kasvaminen on jo tuhansia vuosia sitten ollut uudenlaisen sodankäynnin edellytys. Jo 2000 vuotta e.a.a. tapahtunut hevosten vetämien sotavaunujen vallankumous vaati suurten organisaatioiden, valtioiden olemassaoloa. Sotavaunut olivat aikansa panssarivaunuja, jotka hallitsivat sodankäyntiä 500 vuotta. Suurten sotavaunumäärien tuotanto, niiden edustama teknologia, erikoiskoulutuksen tarve, huolto- ja korjaustoiminta ja sotavaunujenjoukkojen ylläpito rauhan ja sodan aikana vaati suurta organisaatiota ja tiettyjen teknologisten edellytysten olemassaoloa.<sup>28</sup>

<sup>26</sup> Evolutiivinen järjestelmä tarkoittaa olemassaolon historiassa syntyneitä järjestelmiä, siis 15 miljardin vuoden takaisesta Big Bang'sta nykyhetkeen. Erityisasemassa on elämän synty ja sen synnyttämät järjestelmät.

(1) Päälähte: J M Smith & E Szathmáry: ”The Major Transitions in Evolution” Oxford University Press 1995.

(2) Myös: M van Creveld: ”Technology and Warfare” The Free Press, New York 1991 (jatkoissa Creveld) käsittelee asiaa. Erikoistumisen osalta s. 10 ja koon kasvamisen osalta sisällysluettelo: s. vii – viii.

<sup>27</sup> Ohjelmistoja tehdään jo menestyksekkäästi evolutiivisesti, kokeilemalla. (Lähde: J R Koza & M A Keane & M J Streeter: ”Evolving Inventions” Scientific American February 2003 s. 38 – 47)

<sup>28</sup> A Roland: ”The Technological Fix: Weapons and The Cost of War” U.S. Army War College Sixth Annual Strategy Conference, April 26. – 28. 1995

Sodankäynnin erikoistumisesta esimerkki on esikuntien syntyminen Napoleonin aikana, kun sodankäynnin hallinta siirtyi yksittäisten tai muutaman ihmisen osaamisen ja työkyvyn ulkopuolelle. Sodankäyntiin on syntynyt jatkuvasti uusia tekijöitä, jotka ovat monimutkaistaneet sodankäyntiä. Informaatioulottuvuuden vaikuttaessa täysipainoisesti noin vuonna 2020, sodankäynnissä on neljä kertaa enemmän tekijöitä kuin Napoleonin aikana ja sodankäynti on siis maksimissaan 1600 prosenttia monimutkaisempaa kuin vuonna 1800.<sup>29</sup> Erikoistuminen on sodankäynnissä myös riski. Kun esim. henkilöstö on liikaa erikoistunut, he eivät pysty korvaamaan toisiaan. Myös taistelussa tarvittava joukon kiinteys saattaa heikentyä liiallisen erikoistumisen seurauksena<sup>30</sup>. Erikoistuminen tuo teknistä tehokkuutta, mutta sodankäynnin logiikka vaatii muunlaista tehokkuutta.<sup>31</sup>

Sodankäynnin tietosisältö on ollut keskeinen muuttuja. Puheen syntyminen siirsi eläimellisen sodankäynnin primitiiviseen sodankäyntiin, kirjoitustaidon syntyminen siirsi sodankäynnin edelleen sivistyneeseen sodankäyntiin ja kirjapainotaito siirsi sodankäynnin moderniin sodankäyntiin.<sup>32</sup> Sodankäynnin tietoulottuvuudesta löytyy kolmitasoinen kehitysmalli, joka kertoo sodankäynnin tietoulottuvuuden jatkuvasti kasvaneen.<sup>33</sup>

Kokeilu ja parhaiten muuttuviin olosuhteisiin sopeutuvien valinta on tärkeä evolutiivisen järjestelmän ominaisuus. Periaate näkyy sodankäynnissä esim. ensimmäisen maailmansodan aikaisessa Saksan iskuosastotaktiikassa tai joidenkin maiden tiedustelun periaatteessa edetä tiedustelujoukoilla tai tiedustelevilla taistelujoukoilla kaikkien etenemisteiden suunnissa.

## 1.3 Tekniikka osana sodankäyntiä historiallisesti tarkasteltuna <sup>34</sup>

### 1.3.1 Historialliset vaiheet

Tekniikka osana sodankäyntiä historiallisesti tarkasteltuna on tarkemmin esitetty STAE:n edellisessä versiossa<sup>35</sup>. Tässä esitetään vain kyseisen version tiivistelmä.

Ensimmäinen vaihe oli työkalujen aikakausi sodankäynnin alkuhämäristä vuoteen 1500 j.Kr. Sen jälkeenkin on työkaluja tarvittu, mutta ne ovat sivuosassa. Voiman lähteenä

<sup>29</sup> Sodankäynnin funktioita kuten jalkaväki, ratsuväki on noin nelinkertainen määrä vuonna 2020 verrattuna noin vuoteen 1800. Jos sodankäynnin kaikki funktiot on koordinoitava toisiinsa, joka on koordinoititarpeen maksimi, sodankäynnin monimutkaisuus kasvaa funktioiden neliöön verrannollisena. (Lähde: W E DePuy: "Concepts of Operation..." s. 12 Kirjassa: C E McKnight: "Control of Joint Forces"; AFCEA International Press USA 1989. Kirjassa esitetään monimutkaistuminen noin vuoteen 1989. 40 funktion saavuttaminen vuonna 2020 edellyttää noin 5–10 uutta keskeisesti informaation liittyvää funktiota sodankäyntiin vuoteen 2020 mennessä.)

<sup>30</sup> Crevel s. 231

<sup>31</sup> Esim. standardit ovat teknistä tehokkuutta, eivät sotilaallista. Yksi tehokas standardi alalla tarkoittaa, että yksi vastatoimi tehoaa laajalti. Vertaa esim. kehitetyt virusmäärät Window-, Linux ja Apple- käyttöjärjestelmille.

<sup>32</sup> Roland, artikkelin pohjana on teos: Wright

<sup>33</sup> S Ahvenainen & R Korhonen: "Tieto ja sodankäynti ja tiedon merkitys tulevaisuudessa" Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu Tiede ja Ase 2003 s. 186

<sup>34</sup> Luvun 1.3 päälähteet ovat: (1) Crevel, (2) J Keegan: "A History of Warfare" Vintage Books 1994, New York, ja (3) Roland

<sup>35</sup> Puolustusjärjestelmien kehitys – Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 STAE 2020, osa 2. Edita Prima Oy Helsinki 2004 s. 26–35

oli ihmisten tai eläinten lihasvoima. Perusraaka-aineena oli puu. Sodankäynnin tähän vaiheeseen voidaan liittää aiemmin esitetyn Wrightin teorian mukaan animalistinen sodankäynti (animal war), primitiivinen sodankäynti ja sivistynyt sodankäynti. Niiden vaikuttavat syyt olivat vaistot, yhteiskunta (kulttuuri) ja kansainvälinen valtiojärjestelmä sekä selittävinä tekijöinä psykologia, sosiologia ja kansainvälinen laki.<sup>36</sup>

Toinen vaihe oli koneiden aikakausi, moderni sodankäynti vuosina 1500–1830. Kyseisen aikakauden sisältö oli erilliset, integroimattomat koneet, joiden voimalähteenä olivat epäorgaaniset energiat, tuuli, vesi ja etenkin ruuti. Perusraaka-aine oli rauta. Samalla alkoi moderni sodankäynti, jonka syy-agentti oli teknologia ja toiminnan selittäjä tiede<sup>37</sup>.

Kolmas vaihe oli järjestelmien aikakausi vuosina 1830–1945. Erillisistä koneista siirryttiin monimutkaisempiin järjestelmiin, joissa järjestelmän kokonaistoiminta riippui oleellisesti osista. Kyseisen tyyppisiä järjestelmiä olivat mm lennättimen yhteen nivomat rautatiet. Perusraaka-aine oli teräs. Ihminen ja sodankäynti vapautuivat monista rajoituksista: Lihasvoimasta siirryttiin koneisiin, maasta ilmaan ja pinnalta pinnan alle, näkö- ja kuuloaisteista kaukonäkemiseen ja kaukokuulemiseen, puheesta etäpuhumiiseen. Vaikuttamisesta kaukovaikuttamiseen. Alkoi siirtyä fyysisestä toiminnasta kohti symbolien ja viestien merkityksen, kaukotoiminnan kasvua.

Neljäs vaihe oli automaation aikakausi vuodesta 1945 nykyhetkeen. Tämän aikakauden tuote on järjestelmät, jotka pystyvät havaitsemaan muutokset ympäristössään ja toimimaan itsenäisesti kyseisten havaintojen perusteella. Keskeinen väline tähän on tietokone. Perusraaka-aine oli kehittyneet seosmetallit, keramiikka ja muut synteettiset materiaalit. Toinen tämän aikakauden keskeinen teknologinen väline on atomi- ja vetypommit. Tavanomainenkin sota oli saavuttanut toisen maailmansodan aikana tason, jossa sodan käyttökelpoisuus alkoi olla kyseenalainen. Massavalmistetut ydinaseet poistivat sodan perusluonteesta jotain. Sota ei voinut olla enää väkivallan käyttöä, jossa väkivallalla ei ole rajoja (Clausewitz).

Viides aikakausi on todennäköisesti verkkojen ja globalisaation aikakausi. Se alkoi vuonna 1969 neljästä tietokoneesta, jotka muodostivat ydinsodan pakettivälitteisen, hajautetun tietoliikenneverkon Kaliforniassa. Sen jälkeen syntyivät järjestelmien järjestelmät, jotka pystyvät havaitsemaan muutokset ympäristössään ja toimimaan itsenäisesti kyseisten havaintojen perusteella yhdessä ja yhteydessä muihin järjestelmiin. Perusraaka-aineita ovat elektroniikka ja ohjelmistot. Syntyi virtuaalidellisuus, rinnakkainen sodankäynti, eli strateginen isku. Rinnakkaisuus siirtyy myös operatiiviselle ja taktiselle tasolle.

Historiallisesti harva klassinen sotateoreetikko sanoo juuri mitään tekniikasta.<sup>38</sup> Voidaan myös nähdä, että sodankäynnissä ei tapahtunut merkittävää kehitystä Gaugamelasta Waterlooohon. Clausewitzin mainitsema syy on ilmeisesti se varsinainen: ”Meidän päivinämme armeijoiden aseistus, varustus ja koulutus ovat niin yhdenmukaisia, ettei parhaan ja huonoimman välillä ole näissä suhteissa kovin merkittäviä eroja”.<sup>39</sup> Tämä piti hyvin paikkansa aina 1800-luvun puoliväliin. Sitten höyryvoima, rautatiet, takaa ladattavat kiväärit ja tykit muuttivat tilanteen, etenkin Euroopan ja muun maailman suhteessa.

<sup>36</sup> Roland, artikkelin pohjana on teos: Wright

<sup>37</sup> Roland, artikkelin pohjana on teos: Wright

<sup>38</sup> Creveld s. 321

<sup>39</sup> Clausewitz, s. 167

### 1.3.2 Arvio kehityksestä vuoteen 2020

Arvio vuodesta 2008 vuoteen 2030 on ajallisesti sama kuin vuodesta 1986 vuoteen 2008. Esim.: Vuoden 1984 mikroprosessori oli 386- prosessori ja vuoden 2003 Pentium Itanium. Kellotaajuutena ero oli 33 MHz<sup>40</sup>:stä 3000 MHz:iin tai 5 MIPS<sup>41</sup>:stä 7600 MIPS:iin. Edelleen: internettiä ei ollut olemassa vuonna 1986, mutta Neuvostoliitto oli. Voidaan siis arvioida, että vuoden 2020 mikroprosessori on teholtaan noin 10.000.000 MIPS:iä tai sen kellotaajuus on tai vastaa 300 GHz<sup>42</sup>:iä, mutta vuonna 2020 on paljon sellaista mitä vuonna 2003 ei ollut vielä olemassa.

Sodankäynnin monimutkaistuminen kasvaa. Sodankäynti on vuonna 2020 maksimisissaan 1600 prosenttia monimutkaisempaa kuin Napoleonin aikana. Uutta ovat erityisesti tietoon, avaruuteen ja globaaliin toimintaan liittyvät uudet toiminnot. Yksi monimutkaisuuden hallinnan väline on verkko. Sen voima on nimenomaan monipuolisessa tiedonkäsittelykyvyssä. Verkottunut toiminta ei siis ole jatkossa vain mahdollinen etu, vaan välttämättömyys.

Sodankäynnin tietosisältö ja tiedon merkitys kasvaa edelleen. Samalla muiden resurssien merkitys vähenee. Massaan vaikuttaminen on harvinaista, systeemiin täsmävaikuttaminen yleistä ja suora päätöksentekijään tietovaikuttaminen yleistyvää. Jälkimmäinen merkitsee psykologisia täsmäoperaatioita ja median kasvavaa vaikutusvaltaa. Media on jo siirtynyt puhtaasta tiedon välittäjästä monella tavalla sodankäynnin osapuoleksi.

Sodan valmisteluun liittyvä tiedon määrä ja sen luomiseen käytetty aika kasvavat ja toisaalta suoritukseen liittyvä aika vähenee. Kyse on koulutuksellisen ja tutkimuksellisen simuloinnin ja järjestelmäanalyysien merkityksen kasvusta.

Sodankäynnin systeemielementtien koko kasvaa. Tehokkaimpia vaikutusjärjestelmiä pystyvät kehittämään vain globaalit toimijat, liittokunnat. Toisaalta yksittäisen toimijan teho kasvaa mm. järjestelmien verkottumisen ja järjestelmien älykkyyden kasvaessa. Teho on täsmässä (tieto ja johtaminen), ei massassa.

Avaruuden merkitys kasvaa välineenä tehdä jotakin sekä hyökkäysvälineenä ja puolustusvälineenä. Kehitys johtuu etenkin pienenevästä elektroniikasta; satelliittien koko siis pienenee ilman tehon pienenemistä. Valon nopeuden käyttö kasvaa mm. elektroninen tuhoamisen alueella. Avaruuteen yhdistettynä tämä kyky on oleellinen. Tarkkuus kasvaa. Nano-, tieto- ja verkottuva teknologiat mahdollistavat yhä tarkemman vaikuttamisen. Ilmaulottuvuuden merkitys kasvaa. Täsmäaseilla ilmaulottuvuudesta tulee erityisen tehokas, koska ei tarvita massamaista vaikuttamista, joka ilmasta on kallista.

Koulutuksen merkitys kasvaa. Tähän vaikuttavat simuloinnin lisääntyminen, uudet oppimismenetelmät ja -teknologiat sekä vaatimukset kyvystä vastata moninaisiin uhkiin. Myös yksittäisen sotilaan kasvanut tuhovoima edellyttää uudenlaista ja vaativampaa koulutusta. Vaatimus valtion ulkopuolisesta, maksimissaan globaalista sotilaallisesta toiminnasta lisää ratkaisevasti toimintaympäristöön kohdistuvaa koulutustarvetta, joka näkyy

<sup>40</sup> MHz = Mega Hertz, miljoonaa jaksoa (värehdystä) sekunnissa

<sup>41</sup> MIPS = Million Instruction per Second: Miljoonaa käskyä sekunnissa

<sup>42</sup> GHz = Giga Hertz; miljardia jaksoa (värehdystä) sekunnissa



esimerkiksi vaatimuksena paikallisen kulttuurien tuntemiseen. Oppimisen ja nopeuden merkitys kasvaa. Kun keskeisimmässä teknologiassa, tietokonetekniikassa, tehon kasvu on jatkuvasti 50% vuodessa ei ole varaa 10–15 vuotta kestäviin järjestelmähankintoihin. Keskeisin teknologia on lisäksi useimmiten kaupallista, joten myös kyky kaupallisen tekniikan hyödyntämiseen tulee tärkeäksi.

## 1.4 Sodankäynnin fyysiset ulottuvuudet ja tekniikka

### 1.4.1 Tarkastelumalli

Sodankäynnin tarkasteluissa on harvoja käyttökelpoisia kokonaisvaltaisia malleja. Yksi näistä on tässä luvussa 1.4. kuvattava saksalaisen elektronisen sodankäynnin specialistin, eversti Rudolf Grabaun sodankäynnin fyysiset ulottuvuudet ja niiden yhteydet sodankäynnin tekniikkaan.<sup>43</sup> Grabaun mukaan sodankäynnin fyysiset ulottuvuudet ovat piste, jana, pinta, tila, aika, informaatio, sähkömagneettinen spektri ja tahto. Grabaun malli vuodelta 1986 on systemaattinen ja kokonaisvaltainen sodankäynnin tarkastelutapa. Kirjoittaja on käyttänyt sitä opetuksessa ja tutkimustoiminnassa runsaan vuosikymmenen ja malli on kestänyt ajan kritiikin. Mallin seuraukset ovat merkittäviä sodankäynnin historiallisen kehityksen ymmärtämiselle ja erityisesti kyseisessä kehityksessä tekniikan merkityksen ymmärtämiselle. Malli on myös kokonaisvaltainen, joten se kertoo jotain kokonaisvaltaista sodankäynnistä.

Grabaun mallin mukaan: Piste on. Jana muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen<sup>44</sup> omaavia pisteitä. Taso muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia janoja. Tila muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia tasoja. Aika muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia tiloja (eri aikoina). Informaatio muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia tila-aika yhdistelmiä potentiaalina tiedolle<sup>45</sup>, kun havaintoja tehdään. Sähkömagneettinen spektri muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia informaatiota (eri sähkömagneettisen spektrin taajuuksilla). Tahto muodostuu rajattomasta määrästä tietyn suhteen omaavia sähkömagneettisia spektrejä, energiaa<sup>46</sup>.

Mallissa ylempi taso dominoi ja vapauttaa alemman rajoituksista. Ainoa epäjatkuuskohta on ajasta tietoon. Siinä tarvitaan havainnoitsijan käsite. Mallissa muodostuu kaksi tasoa, pisteen (aineen) ulottuvuudet, ja eron (informaation) ulottuvuudet. Ulottuvuuksien hierarkia sisältää vähintään potentiaalisen ajatuksen alemman hallinnasta, ylivoimasta: Janaa voidaan hallita pinnalta, pintaa tilasta, tilaa ajasta (nopeampi toiminta) ja aikaa tiedolla (ymmärtäminen, ennustaminen, ennakointi). Vastaavasti tietoa voidaan hallita sähkömagneettisella spektrillä (häirintä, harhautus) ja sähkömagneettista spektriä

<sup>43</sup> R Grabaun: ”Sechs Dimension des Krieges; Versuch einer analytischen Betrachtung” Osa I: Soldat und Technik 5/1986 s.224 -249, Osa II 6/1986 s.328 - 337 ja Osa III 7/1986 s.392 - 398

<sup>44</sup> Tietty suhde = alielementit eivät ole satunnaisesti järjestyneitä vaan täyttävät peräkkäisyyschdon. Pisteistä muodostuu siis suora, ei pistepilvi jne. Kyse on siis järjestyksestä.

<sup>45</sup> Todellinen maailma ja muutokset siinä voidaan muuntaa informaatioksi havainnoilla tai/ja mittauksilla.

<sup>46</sup>  $E=h\nu$  (eli energia on Planckin vakio (h) kertaa taajuus ( $\nu$ )) tai  $E=1/2mv^2$  (eli energia on puoli kertaa massa (m) kertaa valon nopeus (v) toiseen. Aine ja säteily ovat siis energiaa.

energialla. Ylempi ulottuvuus vapauttaa alemman rajoituksesta ja antaa mahdollisuuden ylivoimaan.

Venäläisen amiraali Pirumovin mukaan, jotta saataisiin voitto nykyaikaisessa sodassa, on ensin saatava informaatioylivoima, sitten ilmaylivoima, sitten tuliyylivoima ja vasta lopuksi ylivoima maan pinnalla.<sup>47</sup> Tämä on sopusoinnussa eversti Grabaun mallin kanssa, paitsi korkeampien ulottuvuuksien, tahdon ja sähkömagneettisen spektrin osalta, joita amiraali Pirumov ei maininnut.

#### 1.4.2 Tekniikan merkitys sodankäynnin fyysisissä ulottuvuuksissa

Ihminen-työkalu- sodat sodittiin pinnalla, ajassa ja tahdossa. Nämä olivat sodankäynnin perusulottuvuudet Grabaun mallin mukaan sodankäynnissä. Tilan käyttö oli pintaan nähden pientä<sup>48</sup>. Myös smg-spektrin käyttö oli vähäistä. Informaation käyttö liittyi pääosin ihmiseen ja sitä siirrettiin vain ihmisen, hevosen tai kirjekyyhkyn lihasvoimalla.

Ihminen-kone sodat sodittiin toisesta maailmansodasta alkaen edellisissä sodankäynnin perusulottuvuuksissa ja lisäksi tilassa (ilmassa ja merenpinnan alla) sekä sähkömagneettisessa spektrissä. Tilan käyttö tuli yhteismitalliseksi pinnan kanssa. Sähkömagneettinen spektri tuli merkittävänä mukaan sodankäyntiin. HF<sup>49</sup>-radio mahdollisti liikkuvan sodankäynnin pitkällä etäisyyksillä ja VHF<sup>50</sup>-radio taktisella tasolla. Tutka mahdollisti tiedustelun noin sadan - kahdensadan kilometrin päähän. Radioiden ja tutkien tiedustelu oli mahdollista satojen kilometrin päähän ja HF-radioiden osalta periaatteessa globaalisti.

Ihminen-informaatio sodat tullaan sotimaan edellisissä ulottuvuuksissa ja lisäksi informaatio- ja tavanomaisessa avaruudessa. Informaatioavaruus on kyberavaruus, tietokoneiden, tietokoneverkkojen, tiedonsiirtoverkkojen niiden ohjelmistojen sekä niissä liikkuvan ja olevan tiedon maailmanlaajuinen yhteen liitetty kokonaisuus. Tästä kyberavaruudesta internet on merkittävä osa.

*Ilmaulottuvuuden* hyväksikäyttö synnytti vastaavan hyökkäyksen ja puolustuksen, suhteellisen edun ilmaulottuvuuteen sekä vastaavat joukot. Uutena vaikuttamistapana ilmaulottuvuus synnytti vastaavan tiedustelun, lento- ja satelliittitiedustelun sekä niiden vastaisen toiminnan. Ilmavoimat mahdollistivat tavanomaisen sotilaallisen voiman ja fyysisten rajojen ohittamisen ja synnyttivät uudet rajat. Ilmavoimat mahdollistivat iskut moneen kohteeseen yhtä aikaa ja syvälle vastustajan alueelle syvältä omalta alueelta. Tämä oli lisäksi mahdollista paljon yksinkertaisemmin ja nopeammin kuin pinnalta. Voitiin myös iskeä mihin tahansa vastustajan alueella omien ilmavoimien kapasiteetin rajoissa ilman että ensin olisi lyötävä sen asevoimat maassa. Ilmavoimat vapauttivat asevoimat sidoksista pintaan. Ilmavoimat tehostivat oleellisesti pinnan käyttöä. Tämä näkyy esim. saksalaisten taktisissa ilmavoimissa, joilla tuettiin salamatasotaktiikkaa. Sodankäynnin

<sup>47</sup> Amiraali Pirumov, Venäjä Brysselissä InfoWarCon96:ssa toukokuussa 1996, kirjoittajan arkisto

<sup>48</sup> Sotajoukko saattoi liikkua satoja kilometrejä pinnalla, mutta tilassa sen toiminta rajoittui nuolen tai ballistan tai katepultin kantaman lakipisteeseen, noin sataan metriin. Pinnan ja tilan suhde oli siis noin yhden suhde tuhanteen.

<sup>49</sup> HF = High Frequency; suurtaajuinen (säteily) (3–30 MHz)

<sup>50</sup> VHF = Very High Frequency; erittäin suurtaajuinen (säteily) (30–300 MHz)

rinnakkaisuus, monimutkaisuus ja nopeus kehittyivät uudelle tasolle. Koska ilmapuolustuksen vastatoimet ovat vain toimia, joille löytyy vastatoimia, syntyivät yhä syvemmät toimi - vastatoimiketjut.<sup>51</sup> Tämä merkitsi myös lisääntyvää monimutkaistumista ja uusia voiton ja tappion elementtejä.

*Sähkömagneettisen ulottuvuuden* käyttö syntyi optinen ja etenkin sähkömagneettinen lennätin mukana ja synnytti sähkömagneettisen spektrin käytön. Erityisen merkittävä oli valon nopeuden hyödyntäminen globaalisti. Aiempi suurin globaalien tiedon siirtonopeus, purjelaivan nopeus, 10–20 kilometriä tunnissa, kasvoi valon nopeuteen 1080 miljoonaan kilometriin tunnissa. Samalla smg-spektriin syntyi puolustus ja hyökkäys (elso), niihin liittyvä joukot sekä suhteellinen etu. Myöhemmin smg-spektrin käyttö laajeni radioon, tutkaan sekä infrapuna- ja laseralueelle. Sellaiset kysymykset, kuten häiritäkö vaiko kuunnella synnyttivät tarpeen koordinoita smg-spektrin käyttöä, eli johtaa sitä kokonaisuutena.

*Tietoulottuvuutta* ei ole ollut olemassa tuhansiin vuosiin siinä mielessä kuten tila ja sähkömagneettinen spektri edellä. Tieto on ollut ihmisen päässä ja erilaisina tallenteina savitauluista kirjoihin. Tiedon liikkua tallenteina, mukaan luettuna ihmisen pää, tietoa vastaan on voitu hyökätä sen reitillä. Ensimmäisten tietokoneiden ja niiden syöttölaitteiden, päätteiden syntyminen loi pienen tiedon ulottuvuuden. Samaan tietokoneeseen liitettyjen päätteiden välityksellä tietokoneen tiedot olivat kaikkien päätteiden käytössä muutaman kymmenen tai sadan metrin päässä. Tietokoneverkkojen laajetessa tietokoneiden välisiksi verkoiksi, tietoulottuvuus laajeni paikalliseksi, alueelliseksi, valtakunnalliseksi ja lopuksi globaaliksi. Viimeistä kehitystä edustaa Internet ja muut globaalit verkot. Tietokone- ja internet- teknologian, valokaapeli-, infrapuna-, Bluetooth-, WLAN-, satelliitti-, matkapuhelin- (GSM, UMTS) ja salakirjoitus-tekniikan sekä ohjelmisto-, keinoäly- ja hermoverkkotekniikan konvergenssina, yhteen sulautumisena syntyy tiedon ulottuvuus, kyberavaruus, maailman yhteen liitetyt tiedonsiirto- ja tietoverkot. Se ulottuu yhä hienosyisempänä joka paikkaan ja on yhä pienemmissä piirteissä tavoitettavissa joka paikasta, globaalisti ja 2000-luvulta myös liikkuvasti. Tekniikan kannalta oleellinen uusia asioita kyberavaruudessa on se, että se on tekninen ja keinotekoinen, ihmisen luoma. Tämä kuvaa tekniikan ja virtuaalitodellisuuden merkityksen kasvua evoluutiossa.

Informaatiotekniikan ja -sodankäynnin kehitys johtaa informaatiojoukkojen ja -välineiden muodostumiseen. Ne sisältävät informaatiota käyttävät joukot, informaatiohyökkäyksen joukot ja informaatiopuolustuksen joukot. Kehitys koskee viesti-, esikunta-, päätöksenteon elektroninen tuki-, tiedustelu-, harhauttamis-, joukkotiedotus-, tietokoneverkko-, ohjelmisto-, tietoturva-, täsmäase-, elektronisen tuhoamisen ja muita elsojoukkoja. Uusia asioita ovat mm. simulointi, mallintaminen, visualisointi, datafuusio, hakkeritiedustelu, MASINT<sup>52</sup> ja ohjelmistosodankäynti. Monialaisuudesta johtuen alan integroitu koordinaatio, siis informaatioaselaaji on tarpeen väistämättä.

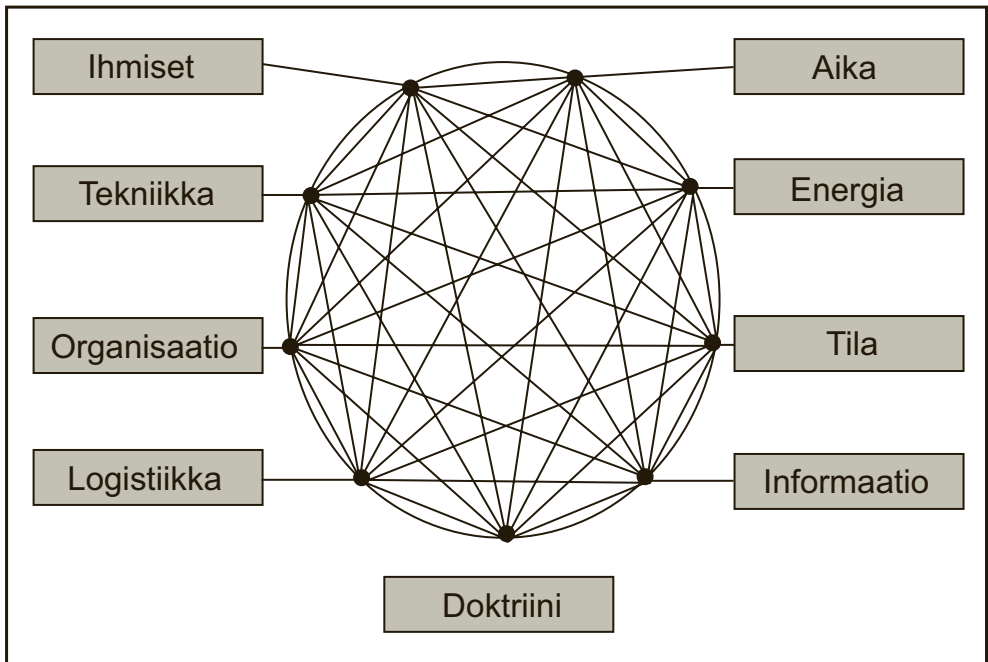
<sup>51</sup> Ilmapuolustuksen vastatoimien, eli ilmatorjuntatyökalien ja -ohjusten vastatoimien on vastustajan ilmapuolustuksen lamauttaminen, eli Suppression of the Enemy's Air Defence (SEAD), esim. tutkaan hakeutuvat ohjukset.

<sup>52</sup> MASINT = Measurement and Signatures Intelligence; Signaalien (pieniin) erityisominaisuuksiin perustuva tiedustelu

## 1.5 Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet ja tekniikka

### 1.5.1 Määritelmä, teoria ja tarkastelumalli

Luvussa 1.5. kuvataan sodankäynnin toiminnallisia ulottuvuuksia, jotka ovat: tekniikka, doktriini, organisaatiotaito, logistiikka, tieto, ihminen, aika, energia ja tila. Koska minkään olemassaolossa olevan asian tarkastelu sinänsä ei<sup>53</sup> ole mielekäästä, kaikkeen tarkasteluun on aina liitettävä se, miten tarkasteltava kokonaisuus liittyy muuhun olemassaoloon. Luvun lähtökohchia ovat ihmisen käyttäytymisessä ja toiminnassa yleisesti käytetty "(sosiaalisen) toiminnan teoria" sekä kirjoittajan aiemmat tutkimukset aiheesta. Kirjoittajan sodankäynnin lähtökohdista kehittämät "sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet" ovat hyvin lähellä em. "toiminnan teoriaa". Tässä logistiikka, aika, ja energia nähdään tärkeämmässä asemassa kuin kyseisessä teoriassa yleisesti nähdään.



**Kuva 3.** Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet

Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet muodostavat kokonaisuuden sodankäynnissä. Niiden summa on siis sodankäynti. Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet ovat yleiset sodankäynnin ulottuvuudet, joten niiden on (1) sovitettava sodankäynnin tarkasteluun kaikkina aikoina, historiassa, nyt ja tulevaisuudessa, (2) niiden on toimittava sodankäynnin kaikilla tasoilla, (3) jokaisen sodankäynnin toiminnallisen ulottuvuuden on oltava merkittävä, käytännössä siis esim. mahdollistettava sodan häviäminen jopa

<sup>53</sup> Tällöin siis kyseistä ilmiötä tarkastellaan vain sisäisesti, mutta ilman kyseisen ilmiön kontekstia, yhteyttä muuhun olemassaoloon.

yksinään, (4) sodankäynti ei ole mahdollista<sup>54</sup> ilman kaikkien tasojen jonkin tasoista olemassaoloa ja (5) niiden on muodostettava kokonaisuus, systeemi, joka on suurempi kuin osiensa summa.

Jokaisessa sodassa ja sotajoukossa on ollut nämä ulottuvuudet ja tulee olemaan. Se miten eri ulottuvuudet painottuvat eri sodissa tai asevoimissa, vaihtelee. Joissakin sodissa jokin ulottuvuus on noussut muita merkittävämmäksi. Esim. toisen maailmansodan alku oli operatiivisen sodankäynnin, salamasodan ylivoimaa ja sen loppu logistisen sodankäynnin, massan juhlaa.

Sota voidaan hävitä millä tahansa toiminnallisella tasolla tai niiden yhdistelmällä. On tärkeää ymmärtää vihollisen ja oma tilanne sodankäynnin eri toiminnallisilla tasoilla ja välttää vastustajan vahvoja ulottuvuuksia ja iskeä sen heikkoihin ulottuvuuksiin. Omasa toiminnassa tärkeää on tasaisuus, eli se, että muita tasoja heikompia kohtia ei ole. Tämä on kokonaisuuden ymmärtämistä ja hallintaa. Oleellista on lisäksi, että oma sodankäynnin toiminnallinen ulottuvuuskokonaisuus muodostaa synergistisen kokonaisuuden. Oleellisinta on siis ensin sodankäynnin kokonaisidea.

Ihmisen (sosiaalisen) toiminnan teoria pohja on evolutiivinen näkemys eliöiden ja elämän kehityksestä. Alimmalla tasolla teorian toiminnalliset elementit ovat (1) lajin yksilö, (2) laji ja (3) lajin ympäristö.<sup>55</sup> Kyseinen malli on selkeästi luvun 1.2.1 (A, ei-A)-järjestelmän sovellutus. Näille kolmelle osalle muodostuu kuusi suhdetta: (1) yksilön suhde lajiin ja päinvastoin (sosiaalinen elämä), (2) lajin suhde ympäristöön ja päinvastoin (lajin eloonjäänti) sekä (3) yksilön suhde ympäristöön ja päinvastoin (yksilön eloonjäänti). Seuraavassa vaiheessa näiden kolmen kaksisuuntaisen suhteen väliin kehittyy kyseisen teorian mukaan kolme uutta toimijaa seuraavasti: (1) Yksilön ja ympäristön väliin kehittyy työkalujen tekeminen, teknologia, (2) Lajin ja ympäristön väliin kehittyy työnjako, organisaatio ja (3) Yksilön ja lajin väliin kehittyy kollektiivinen perintö, kulttuuri, sosiaalisen toiminnan säännöt, doktriini. Tämän jälkeen meillä on tämän teorian mukaan (1) yksilö, (2) yhteisö, (3) teknologia, (4) säännöt, doktriini, (5) työnjako, organisaatio ja (6) toimintaympäristö.

Evoluutio ja toiminta sisältävät aina ajan ja toiminta (järjestyksen luominen) vaatii aina energiaa ja tilaa. Toimintaa ei pystytä ylläpitämään pidempään ylläpitämättä toiminnan elementtejä: ihmistä (terveydenhoito), yhteisöä (lisääntyminen), tekniikkaa (valmistus, huolto ja korjaus), sosiaalisia suhteita (kulttuurin ym. kehitys) ja organisaatiota (työjaon tarkastukset, uudet organisaatiot, vanhojen poisto). Yksilöä suurempien organisaatioiden tarkoituksenmukainen toiminta vaatii aina toiminnan elementtien välistä kommunikaatiota, tietoa. Saadaan siis seuraavat sosiaalisen toiminnan, ja samalla siis sodankäynnin ulottuvuudet: (1) järjestelmän ihminen: yksilö ja yhteisö, (2) järjestelmän yhteisön organisaatio: työnjako, yksilöiden väliset suhteet, (3) järjestelmän teknologia: työkalut ja tekniset järjestelmät, (4) järjestelmän logistiikka: järjestelmän osien tuottaminen, siirto ja ylläpito, (5) järjestelmän tieto: Input- tieto, järjestelmätieto, ja output

<sup>54</sup> Sota ei ole mahdollista ilman aikaa, energiaa ja ihmistä. Ilman teknologiaa, esineitä, sota on eläimellistä. Ilman organisaatiota ja tietoa sota ei ole tavoitteellista, se on organisoimattoman lauman satunnaista väkivaltaa. Ilman doktriinia sodankäynnillä ei ole tavoitetta, ideaa, johon pyrkiä. Ilman logistiikkaa, ihmisten, esineiden ja tiedon ”valmistusta”, siirtoa ja ylläpitoa sodankäynti ei ole myöskään mahdollista.

<sup>55</sup> Teoriasta löytyy hyvät perusteet netistä. Ks. esim. <http://www.edu.helsinki.fi/activity/pages/chatanddwt/chat/> (30.9.2007)

tieto, osaamistieto, tiedonsiirto, (6) järjestelmän kokonaisidea: doktriini, toiminnan idea, (7) järjestelmän aika, (8) järjestelmän energia ja (9) järjestelmän ja sen toimintaympäristön vaatiman tilan.

### 1.5.2 Tekniikka, teknologia

Sodankäynnin tekniikkaulottuvuudessa on oleellista, että se on ihmisen laajennus välineellisesti ja että se riippuu siitä mitä on aiemmin ollut olemassa, se rakentuu siis aina olemassa olevaan.

Tekniikan hierarkkinen, evolutiivinen ja jatkuvasti monimutkaistuva tasojärjestelmä on työkalu, kone, järjestelmä ja järjestelmien järjestelmä. Järjestelmien ja etenkin järjestelmien järjestelmien syntyminen on luonut taktista, operatiivista ja strategista tekniikkaa. Tämä on korostanut osaltaan tekniikan ja sen pohjana olevan tieteen merkitystä. Aiempi tekniikan välineellinen (miekka, musketti) alisteisuus taktiikalle on näiltä osin poistunut<sup>56</sup>.

Merkittävä uusi lisäys teknologiaan on ollut tietoteknologia, tietokoneet ja etenkin niiden sisältämät ohjelmistot. Ohjelmistot ovat mahdollistaneet kasvavan automaation ja teknisen älykkyyden lisääminen työkaluissa, koneissa, järjestelmissä ja etenkin järjestelmien järjestelmissä. Tietokone on keskeisesti kompleksisuuden hallinnan yksi väline, uuden laskennallisen tieteen perusta<sup>57</sup>.

### 1.5.3 Doktriini, sodankäynnin perusidea

Doktriinilla tarkoitetaan tässä sodankäynnin perusideaa sen jokaisella tasolla. Sodankäynnin doktriiniulottuvuudessa on oleellista, että se integroi sodankäynnin kokonaisuudeksi ja että integrointi tapahtuu vertikaalisesti (esim. taktiikka, operaatiotaito ja strategia) ja horisontaalisesti (aselajit, puolustushaarat). Doktriinitaso käsittelee sotavoiman käyttöperiaatteita. Se on perinteisin sodankäynnin ulottuvuus. Se käsittää sotavoiman käyttöä kokonaisuutena, systeeminä sodankäynnin eri tasoilla. Mm Clausewitz näki sodan operatiivis- sosiaalisena ilmiönä.

Perinteisen operatiivispoliittisen sodankäynnin hierarkkisen tasojärjestelmän muodostavat seuraavat tasot: (1) Taistelutekniikka (laitteiden ja välineiden oikea käyttö sodankäynnin yhteydessä), (2) taktiikka (lukuisten eri välineiden käyttö pienten taistelujoukkojen yhteydessä taistelun voittamiseen...), (3) operaatiotaito (lukuisten eri taistelujen käyttö operaation voittamiseen...), (4) sotilasstrategia (lukuisten operaatioiden, koko valtakunnan sotilaallisten voimavarojen käyttö...), (5) valtion kokonaisstrategia (koko valtakunnan kaikkien voimavarojen käyttö...) ja (6) liittokuntastrategia (liittokunnan kaikkien voimavarojen...).

<sup>56</sup> Ks. tarkemmin Tiede ja Ase 2007 artikkeli Sakari Ahvenainen: ”Sotilas- ja siviilitekniikan eroista – Systeminen ja evolutiivinen tarkastelu” luku 7.3. ”Onko teknologia aina alisteinen taktiikalle?”

<sup>57</sup> Heinz R. Pagels: ”The Dreams of Reason; The Computer and the Rise of Sciences of Complexity” Bantam Books 1989 USA

Doktriini on järjestelmän yhteen liittävä ”liima” sen eri tasoilla. Tässä mielessä sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet yhteen liittävä doktriini on kyseisen systeemin sisäiset vaikutussuhteet, toimijan tapa sotia tämän järjestelmän sisällä. Tämä on sisäinen näkökulma doktriiniin. Laajempi doktriini olisi toimijan sodankäynnin tapa suhteessa omaan puoleen, viholliseen ja toimintaympäristöön. Tämän on ulkoinen näkökulma doktriiniin.

Doktriini saa siis voimansa kolmea kautta. Ensin oman puolen sisäisten elementtien välisistä synergistisistä suhteista, toiseksi vihollisen kokonaisvaltaisesta huomioimisesta ja kolmanneksi sodankäynnin ympäristön kokonaisvaltaisesta huomioinnista.

### 1.5.4 Organisaatio

Luonnon järjestelmät ovat pääosin hierarkkisia.<sup>58</sup> Sodankäynti ei tee tästä poikkeusta. Sodankäynnin organisaatioulottuvuudessa on oleellista, että se on ihmisen laajennus systeemin koon kannalta. Organisaatio mahdollistaa suuren ihmismäärän järkevän työn ja toiminnan. Systeemin osien lukumäärän kasvaessa tavoitteellisen tekeminen vaatii kasvavaa koordinaatiota, tiedon vaihtoa erikoistuneiden osien kesken. Erikoistuminen taas merkitsee tehokkuuden kasvua<sup>59</sup>. Organisaatio on siis pitkälti tietotekniikka- ja tietokysymys. Tämä näkyy mm. edellä esitellyssä Wrightin mallissa (luku 1.1.3), jossa uusi tietotekniikka – puhe, kirjoitustaito, kirjapainotaito – mahdollistaa uuden tason: heimo, valtio, kulttuuri.

Organisatorinen taso käsittää mm. joukkojen järjestykseen, käskyvaltaan, johtosuhteisiin ja yhteistoimintaan liittyvät asiat. Organisaatio ja organisointi ovat erittäin tärkeitä, jopa tekniikkaa tärkeämpiä. Esim. Egyptin pyramidit ovat rakennuksina vaikuttavia, mutta ilmeisesti työn organisointiin liittyvä taso on ollut huomattavasti tekniikkaa oleellisempi. Eli noin 5000 vuotta vanhalla tekniikalla pystyttiin luomaan nykyaikaakin hämmästyttäviä saavutuksia.

Organisatorisen tason keskeinen kysymys on keskitetty vai hajautettu. Keskitetty johto vaatii vähemmän kommunikaatiota kuin hajautettu. Hajautettu taas liittyy keskeisesti tietoliikennetekniikkaan, kykyyn jakaa tietoa laajemmalla vertikaalisen hierarkian ulkopuolelle, horisontaalisesti.

Sodankäynnin organisaatiotapoja ovat olleet ylätasolla: soturiarmeija, palkka-armeija, orja-armeija, ammattiarmeija, asevelvollisuusarmeija ja miliisiarmeija.<sup>60</sup> Muita sodankäynnin organisatorisia sovellutuksia ovat yleisjoukot ja erityisjoukot, falangi, kohortti, hajautettu sissitoiminta ja terrorismi. Sotajoukon teknologia, koko ja sodankäyntitapa ovat olleet riippuvia ulkoisesta organisaatiosta, etenkin ulkoisen organisaation koosta. Vasta valtioiden syntyminen on mahdollistanut päätoimisen sodankäynnin ja sen edellyttämät resurssit: miesmäärän, kouluttamisen ja huollon. Samalla päätoiminen sodankäynti on voimistanut valtioita aivan uudella tavalla.

<sup>58</sup> Bertalanffy s. 27 – 29

<sup>59</sup> Adam Smith: ”An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations” 1776, luku ”Of The Division of Labor” ks. esim. <http://www.econlib.org/library/Smith/smWN.html> (30.9.2007)

<sup>60</sup> J Keegan: ”A History of Warfare” Vintage Books 1994, New York, s. 227

### 1.5.5 Logistiikka, virrat

Logistinen taso merkitsee tässä kykyä luoda, siirtää ja ylläpitää sotavoimaa. Se, tai paremminkin sen käytössä olleet rajalliset voimat, lihas-, tuuli- ja vesivoimat, rajoittivat sodankäyntiä monella tavalla tuhansia vuosia, mm. sotajoukon kokoa. Vasta uudet voimat, höyryvoima rautateillä ja merillä, sekä lennätin muuttivat sodankäyntiä edellä mainituissa suhteissa. Logistinen taso vaikutti ensimmäisen kerran ratkaisevasti sodankäyntiin Amerikan Sisällissodan aikana 1861–65. Siinä dominoi pohjoisvaltioiden kyky luoda ja ylläpitää lukumääräisesti ylivoimainen sotavoima. Etelän operatiivisesti loistavat kenraalit jäivät pohjoisen massojen jalkoihin.<sup>61</sup> Logistinen taso näkyi myös esim. Uuden Seelannin sotaisien maorien kukistamisessa, kun pienet jatkuvasti läsnä olevat eurooppalaiset joukot kuluttivat maorien voimat loppuun, kun maorit eivät pystyneet ylläpitämään asevoimaansa jatkuvassa valmiudessa<sup>62</sup>.

Kyky ylläpitää voimaa on oleellinen logistiikan osa. Aika ja vihollinen vaikuttavat sotakoneistoon kuluttavasti ja tämä ajan ja vihollisen vaikutus on pystyttävä korvaamaan. Tarvitaan siis täydennyksiä, korjauksia, sairaanhoitoa, monenlaista huoltoa. Joukkojen täydennyksen perusongelma on, luodaanko uusia joukkoja vai täydennetäänkö vanhoja.

Logistiikka voidaan ymmärtää laajemmin ihmisten, aineen, energian ja tiedon virtoina.

### 1.5.6 Tieto, informaatio

Tieto, informatiivinen taso voidaan nähdä kuudentena sodankäynnin ulottuvuutena. Sodankäynnillä ja informaatiolla voidaan nähdä kolme suhdetta. Ne ovat sodankäynti ja informaatio, sodankäynti ja informaatiotekniikka ja informaatiotodankäynti. Informaatio on aina ollut oleellinen tekijä sodankäynnissä. Mm vastustajan doktriinin, aseiden, johtajien ja moraalin sekä taistelumaaston ja sään tunteminen ovat pysyviä tietoongelmia sodankäynnissä. Informaatio oli aiemmin kuitenkin vain tukitoimi. Ilman sitä taistelun voittaminen oli täysin mahdollista. Informaatiotekniikka on ollut merkittävässä asemassa sodankäynnissä vasta hieman yli sata vuotta. Informaatiotodankäynti on syntynyt strategisena<sup>63</sup> 1980-luvulla ja operatiivisena<sup>64</sup> vasta 1990-luvun alussa.

Tieto muuttuu käytännössä koko ajan. Vanha tieto uuteen tietoon liitettyä luo uutta tietoa (vrt. kuva 2). Tieto on siis muutettavaa ja sitä jopa pitää muuttaa. Tieto on myös muutoksen pohja. Jos ei ole syytä (tietoa) muutokseen, muutosta ei kannata edes tehdä.

Systemisessä tarkastelussa, jossa siis on osia sekä niiden ja ympäristön välisiä suhteita, tiedolle löytyy seuraavat lajit: (1) tieto viestinä systeemin sisällä tai systeemin ja ulkomaailman välillä (= tieto input- ja output- viestinä), (2) tieto systeemin ja sen osien fyysisenä

<sup>61</sup> M Howard: "The Forgotten Dimensions of Strategy" Foreign Affairs 1979 Summer s.976–7

<sup>62</sup> Jared Diamond: Tykit, taudit ja teräs" Terra Cognita Oy, Hakapaino Helsinki 2005, s. 96–97

<sup>63</sup> Kirja Thomas C. Reed: "At the Abyss – An Insider's History of the Cold War" Ballantine Books, New York 2004 kertoo, miten Neuvostoliitto kaadettiin tai sen kaatumista avustettiin strategisella ja tavoitteellisella informaatio-operaatiolla

<sup>64</sup> Alan Campen (ed.): "The First Information War: The Story of Communications, Computers, and Intelligence Systems in the Persian Gulf War" AFCEA International Press 1992



ja tiedollisena rakenteena, joka luo ja käsittelee tietoa, (3) systeemin kyky päätöksentekoon, toimintavaihtoehdon valintaan sekä (4) tieto systeemin osaamisena (knowhow tieto) muuttaa toimintavaihtoehdon valinta toiminnaksi, ympäristöön vaikuttamiseksi.

Sotajoukot suurena tavoitteellisena organisaationa edellyttävät tiedon välitystä organisaation osien välillä. Erityisesti erikoistunut organisaatio edellyttää paljon tiedonsiirtoa osiensa välillä. Merkittävä osa sodassa tarvittavasta tiedosta voidaan ja tulee tehdä ennen taistelua. Keinoina käytetään tutkimusta, koulutusta, harjoittelua ja sotatelejä, nykyisin myös simulointia.

Tieto on nykyaikaisessa sodankäynnissä paljolti tietotekninen kysymys ja informaatio-sodankäynnin kannalta sodankäynnin keskiössä oleva, kaikkeen vaikuttava ja ratkaiseva kysymys. Verkostokeskisen sodankäynnin ydin ja mahdollistaja ovat uudet teknologiat ja niiden uudet mahdollisuudet jakaa tietoa uudella tavalla ja erityisesti globaalisti.

### 1.5.7 Ihminen

Sodankäynnin ihmisluottavuudessa on oleellista tunteiden, sosiaalisten ilmiöiden suuri merkitys, luottamuksen keskeinen merkitys kaikessa ihmisen toiminnassa sekä se, että ihminen on oppiva systeemi. Tärkeää ihmistasolla on edelleen se, että ihmisen tahto ylimpänä tasona selittää sodassa ja sodasta eniten (vrt. luku 1.4). Viimeaikaiset kriisit ovat osoittaneet, että vastustaja, joka on valmis kuolemaan asiansa puolesta, on erittäin vaikeasti lyötävissä.

Sosiaalinen tai psykologisyhteiskunnallinen taso käsittää ne ihmisten väliset ilmiöt, lähinnä tunteet, jotka syntyvät ihmisessä, tai ihmisten välillä taistelijaparissa, ryhmässä, komppaniassa, suuremmissa joukoissa päätyen aina valtioon, uskontoon, ideologiaan, ihmiskuntaan ja maailmankaikkeuteen asti. Sotilaallinen toiminta ei koskaan kohdistu vain aineellisiin voimiin; se kohdistuu aina yhtä aikaa moraalisiin voimiin, jotka antavat sodalle sen voiman (life), eikä näitä kahta voi erottaa<sup>65</sup>.

Ihminen on sodankäynnin toiminnallisten ulottuvuuksien joustavin, oppiva tekijä. Tiedollisella tasolla ihminen pystyy muuttumaan hyvinkin nopeasti. Sodankäynnin kannalta ensiarvoista on ymmärtää, että sodassa ei ihmisen takia voi tehdä jotain asiaa muuttamaa kertaa enempiä peräkkäin tehokkaasti.<sup>66</sup> Ihminen evolutiivisena, kompleksisena järjestelmänä oppii. Nykyaikainen sovellutus tästä on se, että asevoimat tulisi olla oppiva järjestelmä. Vihollisen virheet ja omat hyväksi havaitut menettelyt tulisi hyödyntää systemaattisesti tietoa jakamalla kaikkialla ja kaikille.

Sodankäyntiin liittyy inhimillisenä toimintana myös usko ja tapa. Sodankäynti saa tiettyjä sääntöjä, joita pidetään luonnon lakeina, ainoana oikeana, ”sivistyneenä” tapana sotia. Historian opetus on, että ennemmin tai myöhemmin tulee joku ulkopuolinen, joka ei ymmärrä, että sotaa voi käydä vain tietyllä tavalla ja romuttaa koko vuosisataisen rakennelman.<sup>67</sup>

<sup>65</sup> Clausewitz C von (1976): ”On war” Princeton University Press, s. 136

<sup>66</sup> Esim. esittämällä, että kuuden kuukauden pommitusoperaatiolla kohdevaltio saadaan polvilleen.

<sup>67</sup> Creveld s. 295–6. Vertaa esim. (1) ritarit ja Sveitsin keihäsmiehet, (2) Frederik Suuren ammattiarmeijat ja Napoleonin massat ja tietysti (3) USA ja Osama bin Laden.

Koska sodankäynti on useamman ihmisen yhteistyötä, esille nousevat luottamus ja koheesio näiden ihmisten välillä, organisaatiotaito ja kyky välittää yhteistyön edellyttämää tietoa sodankäynnin eri vaiheissa. Luottamus ja koheesio ovat ihmisten välisiä tunneasioita, ihmiseen liittyviä ylätasoa ilmiöitä.

### 1.5.8 Aika, energia ja tila

*Sodankäynnin aikaulottuvuudessa* oleellista on, että kaikki tekeminen vaatii aikaa, aika kulkee vain yhteen suuntaan, aikaa ei voi varastoida, siinä ei ole siis aikaulottuvuudessa luotua reserviä, nopeus ajan sovellutuksena on aivan keskeinen suhteellisen edun lähde ja että tekniikka, erityisesti tietokone on ajan supistaja. Aika vaikuttaa kaikkeen tekemiseen. Suomen ja kaikkien pienten asevoimien realistisena strategiana voidaan nähdä ajan voittaminen poliittisille päättäjille. Ei siis vastustajan lyöminen tai tuhoaminen, vaan sen toiminnan viivästyttäminen niin, että aika muuttaa tilannetta. Toisen maailmansodan aikana tämä strategia toimi sekä talvisodassa että jatkosodassa. Talvisodassa Suomen pitkittynyt vastarinta oli viemässä Neuvostoliittoa aivan väärään suuntaan, eli mukaan maailmasotaan sen alkuvaiheessa, ennen kuin akselivallat ja liittoutuneet olisivat uuvuttaneet toisensa loppuun. Sitten Saksan muuttunut sotilaallinen suunnittelu (Operaatio Barbarossa) esti Neuvostoliittoa ”hoitamasta” Suomen kysymystä välirauhan aikana. Jatkosodassa vuoden 1944 suurhyökkäyksen pysähtyminen Tali-Ihantala-suurtaisteluun pakotti Neuvostoliiton siirtämään voimat sinne, missä suursodan loppuasetelma ratkaisitaisiin, Keski-Eurooppaan, Saksaan. Aika on yhtä tärkeä myös sodankäynnin alemmillä tasoilla, operaatiotaidossa, taktiikassa ja taistelutekniikassa.

Aika esiintyy suhteellisessa edussa useammassa kohtaa. Ensin on aiemmin todettu seikka, että toimien ja vastatoimien spiraalissa, viimeinen uusi toimi antaa yllätysedun. Toiseksi OODA- loop'n nopeampi läpikäynti antaa myös ratkaisevan edun.

Tietokone antaa mahdollisuuden supistaa aikaa. Simulointijärjestelmä, joka simuloi, ehkä karkeasti, mutta kokonaisuutena kuitenkin prikaatin päivän taistelun yhdessä tunnissa, antaa kyseisen järjestelmän omistajalle mahdollisuuden kokeilla monenlaisia asioita ja valita näistä jatkoon parhaat. Prikaati ja pienemmätkin sotilaalliset yksiköt ovat niin monimutkaisia, että ihmisellä ei ole mahdollisuutta ymmärtää jonkin yksityiskohdan merkitystä kokonaisuudelle. Hyvä simulointi- ja sen tulosten visualisointijärjestelmä antaa tähän mahdollisuuden..

Ajan teknologisessa ulottuvuudessa on oleellista mm. se, että tietyssä tietoteknologian kehitysvaiheessa tietyn tyyppinen reaaliaikainen automaatio tulee nopeuden tai monimutkaisuuden hallinnan osalta mahdolliseksi. Myös tällaisten uusien reaaliaikaisten sovellutusten vastatoimet ovat usein mahdollisia vain vastaavalla teknologialla. Tämä korostaa osaltaan teknologian kasvavaa merkitystä. Tällaisia reaaliaikaisia tehtäviä ovat esim. ballististen ohjusten torjunta, lentotukialusosastoa vastaan kohdistuneen massiivisen meritorjuntaohjusiskun torjunta tai hyppivätaajuisten radioiden tiedustelu.

*Sodankäynnin energialuottuvuudessa* oleellista on, että kaikki tekeminen vaatii energiaa ja että tiedon välittäminen vaatii paljon vähemmän energiaa kuin aineen ja energian välit-

täminen. Energia vaikuttaa kaikkkeen tekemiseen. Sitä tarvitaan järjestyksen luomiseen, eli esim. elämän tai yhteiskunnan pohjaksi. Sotilaallisesti energia, aluksi ihmisten ja hevosten ruoka, vaikutti oleellisesti sodankäyntiin. Nykyaikana polttoaineiden riittävä saanti on aivan keskeinen sodankäyntiä rajoittava tekijä. Saksan sotilaallinen teho katosi kun sen keskeisin öljyntuotantoalue Romaniassa ja jalostamot Saksassa pommitettiin hajalle. Harvemmin esitetty tieto on se, että sotatarviketuotanto nousi Saksassa koko sodan ajan. Sodan lopussa vain ei ollut enää polttoainetta lentokoneille eikä panssarivaunuille. Persianlahdella 1991 harvoja GPS<sup>68</sup>-laitteita käytettiin keskeisesti koordinoimaan panssarivaunuyksiköiden ja polttoainekolonniin yhteen saattaminen aavikolla, jossa suurilla joukolla operointi oli irakilaiden mielestä mahdotonta.

Laajemmin käytössä oleva energia on vaikuttanut mm. keräilijä-metsästäjien, maanviljelijöiden ja teollisuusyhteiskuntien suhteisiin. Suuremmalla käytettävissä olevalla energialla on pystytty ylläpitämään suurempia väestöjä ja ne ovat taas olleet suuremman erikoistumisen pohja ja lopulta suuremman tehokkuuden pohja.<sup>69</sup>

*Sodankäynnin tilaulottuvuudessa* on oleellista se, että aineellinen järjestelmä ja sen ympäristö vaatii aina tilan. Keskeisimmät sodankäynnin tilat ovat maapallon pinnan biosfääri, avaruus ja valtameret. Tietokoneissa tila virtualisoituu ja yhä enemmän toimintaa mahtuu yhä pienempään tilaan, tietokoneeseen. Viivytyks on tilan luovuttamista taistelen ajan voittamiseksi.

Tila rajoittaa tekniikan mahdollisuuksia. Kannettavaksi välineeksi sopii vain tietyn kokoinen (painoinen) väline ja ajoneuvoon tai lentokoneeseen mahtuu vain tietyn kokoisia välineitä. Laiva ja kiinteä rakenne antavat paljon enemmän teknologisia mahdollisuuksia.

Toisaalta teknologinen kehitys mahdollistaa aivan uusia sovellutuksia. Maailman ensimmäinen tietokone, ENIAC sisälsi noin 18.000 elektroniputkea ja vei tilaa noin 500 kuutiometriä. Jos nykyaikainen noin 100 miljoonan transistorin mikropiiri – tulitikkuaakin kokoinen rakenne – olisi toteutettu ENIAC-tekniikalla, se veisi noin 2,5 miljoonaa kuutiometriä, suuren pilvenpiirtäjän verran tilaa.<sup>70</sup>

## 1.5.9 Yhdistelmät

Kaikki edellä olevat sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet vaikuttavat toisiinsa. Näistä vaikutussuhteista ja erityisesti niitä yhdistävä synergismin periaate, sodankäynnin doktriini synnyttävät sodankäynnin kokonaisuuden omalla ja vastustaja puolella.

Liikkuva ja panssaroitu kenttätykistö tai kranaatinheitin on esimerkki eri tasojen yhdistelystä ja yhdistelyjen seurauksesta. Ne ovat tilan, ajan, teknologian, logistiikan (liikkeen) ja doktriinin sovellutus. Tykistö ja kranaatinheitin on rakennettu niin

<sup>68</sup> GPS = Global Positioning Systems; USA:n satelliittipaikantamisjärjestelmä

<sup>69</sup> Diamond, yleisesti ja esim. s. 92–99 sekä 159–170

<sup>70</sup> ”ENIAC-mikropiiri” on monessa mielessä mahdoton. Ensin sitä mahdollistavaa pohjateknologiaa ei ollut olemassa, eli esim. sen suunnittelu ei olisi ollut mahdollista. Toiseksi se ei elektroniputkitekniikalla toimisi luotettavuuden kannalta, vaan olisi koko ajan epäkunnossa.

liikkuviksi, että vastatykistö- tai vastakranaatinheitinjärjestelmä ei yksinkertaisesti voi ehtiä vaikuttaa kun ampuva yksikkö on jo siirtynyt lyhyen tuliryöpyyn jälkeen pois siihen kohdistuneiden kranaattien vaikutusalueelta.

Saksan toisen maailmansodan aikainen salamasotadoktriini oli kokonaisidea, joka sisälsi synergiaa ainakin teknologisen, organisatorisen, psykologisen ja operatiivisen tason välillä.<sup>71</sup>

Kyky hahmottaa ja rakentaa näitä yhdistelmäkokonaisuuksia on erityisen tärkeä ja osa sodankäynnin syvällisempää ydintä. Merkittävin sovellutus yhdistelmistä on sodankäynnin, operaatiotaidon tai taktiikan doktriini, kokonaisidea. Niihin liittyvään kokonaisuuteen tulisi uhrata valtakunnan parhaat aivot.

## 1.6 Siviili- ja sotilasteknologian eroista<sup>72</sup>

Sodankäynti on yksinkertaisemmillaan kolmen tekijän – vihollisen, oman puolen ja niille yhteisen toimintaympäristön – sekä näiden tekijöiden kuuden suhteen ymmärtämistä. Sodankäynnin teknologia on yksinkertaisemmillaan viiden tekijän ja niiden kahdenkymmenen suhteen ymmärtämistä. Jälkimmäinen tulos pätee kaikkiin sodankäynnin toiminnallisiin ulottuvuuksiin, esimerkiksi ihmisiin, organisaatioon tai tietoon.

Teknologian käyttö kilpailuintensiivisessä toimintaympäristössä, äärimmillään sodassa, asettaa sotilasteknologian käytölle siviiliteknologiasta poikkeavia, sodankäynnin yleisiin ominaisuuksiin liittyviä erityisvaatimuksia.

Vihollinen on sodankäynnin ensimmäinen ja tärkein erityisvaatimus, kun sodankäyntiä pyritään määrittelemään. Vihollisen kautta mm. seuraavat asiat tulevat myös sotilasteknologiassa tärkeiksi: vihollisen vapaa tahto, suhteellinen etu, paradoksaalinen logiikka, yllätys, epävarmuus, oppiminen sekä salaaminen ja harhauttaminen. Sotilasteknologiassa on vastakkainen logiikka siviiliteknologiaan verrattuna<sup>73</sup>. Clausewitzille sota ei ole tekniikkaa eikä ideoita, vaan toimintaa, jolla on elävä reagoiva kohde; siis jossa on vihollinen<sup>74</sup>.

Sotilasteknologiassa ja siviiliteknologiassa teknologialla on kaksi samaa käyttöä: käyttö tehostamaan toimintaamme ja käyttö ympäristön ongelmien voittamiseen. Sotilasteknologiassa teknologialla on lisäksi kaksi muuta käyttöä: käyttö teknologiaa vastaan ja käyttö teknologian puolustamiseen.

Sotilasteknologian käyttökelpoisuus on ajallisesti vastakkainen siviiliteknologian kanssa. Sotilasteknologiasta saadaan suurin hyöty alussa, yllätyksen kautta. Kun sotilasteknologia kypsyy, se menettää tehoaan sitä mukaa kuin vastustaja oppii välttämään sen tehoa

<sup>71</sup> Salamasotaa on edellä olevassa mielessä analysoitu enemmän kirjoittajan artikkelissa: ”Verkkosodan historia ja käsitteen kehittyminen” s. 12–42, luvussa ”Sovellutus”, joka on osa julkaisua: Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan Laitos Julkaisusarja 2 No 2/2003 ”Verkkotaitelu 2020; Taustatutkimus Maavoimien Taistelun kuvat 2020 tutkimukseen”

<sup>72</sup> Tämä luku on lyhennelmä kirjoittajan artikkelista ”Siviili- ja sotilasteknologian eroista – Systeminen ja evolutiivinen tarkastelu” Suomen Sotatieteellisen seuran vuosikirjaan ”Tiede ja Ase 2007”

<sup>73</sup> Crevel 1991, s. 319

<sup>74</sup> Clausewitz 1998, s. 85

ja kehittämään sille vastatoimia. Kun vastatoimilta on suojauduttava, vanhasta teknologiasta tulee myös kallista. Tällä perusteella tulee pyrkiä uuteen teknologiaan.

Sotilaallista (teknologista) tehokkuutta saadaan aikaiseksi luopumalla (teknologian) siviilitehokkuudesta. Yleisesti tämä periaate selittää muun muassa, miksi sodankäynnissä on reservejä, harhauttamista ja rinnakkaisia järjestelmiä.

Sotilasteknologia on sisäisesti kompleksinen kokonaisuus, johon yksikertaisemmillaanikin vaikuttaa moni asia. Lisäksi sen lopullinen synerginen kokonaisvaikutus syntyy monen ulkopuolisen asian kautta. Tästä seuraa mm. se, että sotilasteknologian sisäiset vastatoimet ovat moninaisia ja että sotilasteknologian tehokkuuteen voidaan vaikuttaa monilla muillakin asioilla kuin sotilasteknologialla.

Sotilasteknologian lopullinen tehokkuus on paitsi teknologian tehokkuuden funktio myös asevoimien keskimääräisen teknologisen osaamisen funktio. Huipputeknologiasta ei ole todellista hyötyä, jos asevoimissa kokonaisuutena ei ole sitä hyödyntävää osaamista. Asevoimissa teknologisten sovellusten on siis oltava sopusoinnussa mm<sup>75</sup>. teknologisen osaamisen kanssa.

Ensimmäinen suuri ero siviili- ja sotilasteknologian välillä on niiden ympäristö. Koska ympäristö on erityisen tärkeä kaikille järjestelmille, tulee tästä ympäristöerosta erityisen tärkeä sotilasteknologialle. Sen ympäristö on sodankäynti, verinen, kuolemaa ja tuhoa sisältävä taistelu kahden vastakkaisen tahdon välillä. Siviiliteknologian ympäristö on laitteiden ja järjestelmien rauhanomaista käyttöä, joka edistää teknologiaa käyttävän yksilön tai ryhmän tavoitteita. Tärkein ero on vihollinen, joka sotilasteknologiassa pyrkii aktiivisesti tuhoamaan vastapuolen teknologiaa tai vaikeuttamaan sen käyttöä.

Siviiliteknologian tehokkuus on ennustettavissa ja varmaa. Sotilasteknologian tehokkuus ei ole ennustettavissa ja on epävarmaa. Sotilasteknologian tulee jopa luoda epävarmuutta. Yksi aivan keskeinen tapa siihen on pakottaa vihollinen tekemään kahta vastakkaista asiaa yhtäaikaan. Sotilasteknologian keskeinen tehtävä on siis pohjimmiltaan vihollisen epävarmuuden lisääminen.

Siviiliteknologian logiikka on lineaarista, sotilasteknologian paradoksaalista. Siksi yksikertaisin ja selkein ratkaisu ei ole oikea valinta sodassa. Siviiliteknologiassa paras on aina paras. Sotilasteknologiassa toiseksi paras on usein lopulta paras, kun vastustajan vastatoimet parasta järjestelmää vastaan otetaan huomioon.

Ylimääräinen tekninen päällekkäisyys on tuhlausta siviiliteknologiassa, mutta tavoiteltava järjestelmäominaisuus sotilasteknologiassa.

Periaatteessa tietokoneohjelmat edustavat varmuutta, toistettavuutta ja determinismää.

- Nämä ovat sodankäynnille vastakkaisia ominaisuuksia. Tietokoneohjelma
- kuvaa systeemin täysin, yksityiskohdissaan ja ilman salaisuuksia
  - antaa mahdollisuuden testata, onko systeemi harhautettavissa ja miten

<sup>75</sup> Sodankäynnin toiminnallisten ulottuvuuksien mukaan asevoimien teknologian on oltava sopusoinnussa myös sen doktriinin, logistiikan, tietojärjestelmien ja organisaation kanssa – edelleen myös sen vihollisten ja toimintaympäristön kanssa, samoin ko. asevoimien aikakäsitksen ja käytössä olevan tilan sekä energian kanssa.

- antaa mahdollisuuden ymmärtää vihollisen sotilaallista ajattelua, systeeminäkemystä ja systeemin osien suhdetta.

## 1.7 Megatrendeistä ja teknologisista läpimurroista

Tässä luvussa tarkastellaan ensin, mitä teknologisista läpimurroista voidaan sanoa sodankäynnin teknologian historian valossa ja mitä tämän luvun asioiden perusteella olisi odotettavissa.

Sotilasteknologian historian ja Quincy Wrightin teorian (ks. 1.1.3) luku perusteella seuraava sodankäynnin historiallinen megavaihe liittyy informaatioteknologian muutokseen. Aiemmat vaiheet ovat perustuneet kielen, kirjoitustaidon ja kirjapainotaidon syntyyn. Kirjapainotaito liittyy kulttuuriseen, valtiota suurempaan kokonaisuuteen. Seuraava megavaihe voi olla lähivuosisikymmeninä vain globaali<sup>76</sup>. Kysymys kuuluu siis, mikä on kirjapainotaitoa vastaava informaatioteknologian muutos? Vastaus on em. perusteilla melko selvä. Se on ensinnäkin globaali. Toiseksi se näyttäisi olevan elektroninen, integroitu tieto. Tätä uutta megatrendiä edustavat globaalit informaatioteknologiat kuten Intel, Microsoft, Nokia ja Cisco. Tämä megatrendin ydin on internet.

Elektroninen, integroitu globaali tiedon merkittävin sovellutus on todennäköisesti kompleksisuuden hallinta<sup>77</sup>. Jos näin on, seuraavat teknologiset läpimurrot liittyvät kompleksisuuden (kokonaisuuden) hallintaan. Tällä hetkellä on nähtävissä, että tällaisia välineitä ovat mm. tietokone, tietokoneverkot, mallintaminen, simulointi, visualisointi sekä toimijoita ja toimintaa verkottavat tekniikat.

Eversti Rodolf Grabaun sodankäynnin fyysisten ulottuvuuksien (ks. luku 1.4.) perusteella on odotettavissa, että uudet ulottuvuudet nousevat teknologisen kehityksen mukana oleellisiksi sodankäynnissä. Aiemmin tällaisia teknologisen kehityksen mukana tärkeiksi nousseita ulottuvuuksia ovat olleet tila (ilmavoimat) ja sähkömagneettinen spektri (johtaminen, sensorit, täsmäaseet, elso). Nouseviksi ulottuvuuksiksi on luvussa 1 arvioitu fyysinen avaruus ja tietoavaruus (kybernet). Tämä olisi sopusuunnassa mm. alla esitetyn Quincy Wrightin teorian ja elektroniikan sen kehitystrendin mukaisesti, jossa sovellutukset siirtyvät strategisesta operatiiviseen, taktiseen ja kertakäyttöiseen. Itse asiassa avaruuden käyttö on jo GPS-pohjaisten aseiden (JDAM) osalta kertakäyttöisessä vaiheessa suurvaltojen (USA) osalta.

Em. kehitys merkitsee mm. elso-aselajin, avaruusaselajin ja tietoaselajin syntyä. Kaikkien niiden sovellutukset kasvavat niin, että eri sovellutuksien koordinointi (kokonaisvaltainen johtaminen) on välttämätöntä (vrt. ilmapuolustus). Elso- ja tietoaselajin kannalta kehitys näyttää tämän suuntaiselta. Sen sijaan avaruusaselaji näyttäisi tässä vaiheessa suurvaltojen tai vastaavien liittoumien (EU) tasoiselta toiminnalta. Sodankäynnin globalisoituminen tarkoittaa myös, että suurin teho on globaaleissa (liittokuntien) järjestelmissä.

<sup>76</sup> Avaruus on esitetty mm. Eero Paloheimon teoksessa ”Megaevoluutio” seuraavana vaiheena. Globaali on nykyteknologian valossa vielä pitkään ihmiskunnan suurin yksikkö.

<sup>77</sup> Pagels

## 1.8 Johtopäätökset

Tässä luvussa esitetään johtopäätöksiä edellisten lukujen perusteella, eli mikä on ollut tekniikan merkitys sodankäynnissä ja arvioidaan miten sen merkitys muuttuu ja kehittyy vuoteen 2020. Luvussa vastataan ensin johdannon peruskysymyksiin.

### 1.8.1 Vastaukset johdannon peruskysymyksiin

*Kysymys 1: Mikä on ollut ja tulee jatkossa olemaan tekniikan asema sodankäynnissä?*

*Vastaus 1:* Tekniikka on ja tulee kasvavassa määrin olemaan ihmisen laajennus, ihmisen apukeino laajentaa ihmisen mahdollisuuksia ja vaikutusta ympäristöönsä yleensä ja sodankäyntiin erityisesti. Se on siis ihmisen keino selviytyä hengissä yleensä ja sodassa erityisesti.

Tekniikka on ollut ja tulee yhä enemmän olemaan keino sodan voittamiseen tai häviämiseen. Se on oltava kunnossa, jotta vastustaja ei voisi saada ratkaisevaa suhteellista etua tekniikan kautta, mutta toisaalta sen kunnossa olo ei riitä sodan voittamiseen, koska se on vain yksi yhdeksästä sodankäynnin toiminnallisesta ulottuvuudesta. Sivistynyttä sotaa ei ole olemassa ilman tekniikkaa. Sota ilman tekniikkaa on eläimellistä.<sup>78</sup> Tekniikassa on oleellista, että se muodostaa synergisen ja kokonaisvaltaisen systeemin yhdessä sodankäynnin muun yhdeksän toiminnallisen ulottuvuuden kanssa. Tekniikkaa on aina tarkasteltava osana tätä kokonaisuutta.

Tekniikka on lisännyt sodankäynnin kantamaa, tuhovoimaa ja viimeaikoina erityisesti tarkkuutta. Tekniikan merkitys on siis jatkuvasti kasvanut. Tämä näkyy myös siinä, että tekniikka on nostanut kokonaisia ulottuvuuksia merkittäviksi sodankäynnissä. Tekniikka on samalla monimutkaistanut sodankäyntiä. Tämäkin trendi jatkuu. Jatkossa tekniikka luo sodankäyntiin erityisesti fyysisen ja kyberavaruuden. Avaruuden, tiedon ja verkkojen merkitys kasvaa tekniikan kehityksen seurauksena. Tekniikka on jo voinut lisäksi vaikuttaa siihen, että suurten valtioiden ei kannata sotia keskenään, ainakaan ydinaseilla. Tekniikka on ehkä vähentänyt laajemminkin kehittyneiden valtioiden välisiä, mutta ei sisäisiä sotia. Tämä merkitsee sodankäynnin vähenemistä ja muuttumista, erityisesti kehittyneiden maiden välillä. Tämä kehitys merkitsee myös sodankäynnin uhrien lukumäärän pienenemistä. Sodankäynti on kuitenkin kameleontti, joka sopeutuu ympäristöönsä ja tilanteeseensa.

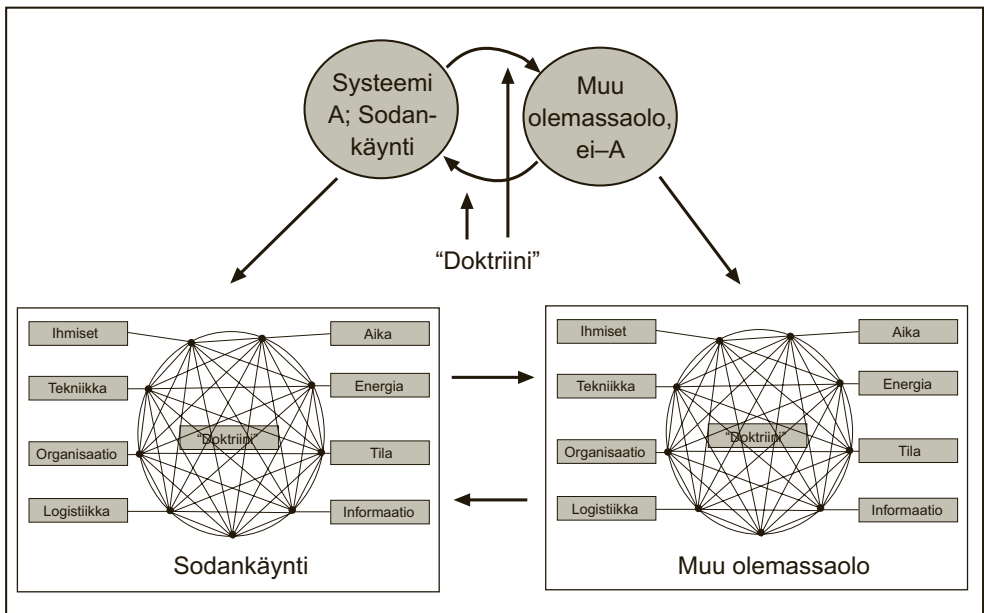
*Kysymys 2: Minkä muiden osien kanssa tekniikka muodostaa synergisen, rinnakkaisvaikutusta omaavan, kattavan kokonaisuuden sodankäynnissä?*

*Vastaus 2:* Ensin, tekniikan kanssa yhden synergisen kokonaisuuden muodostaa sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet: Nämä ovat: (1) ihminen, (2) teknologia, (3) doktriini, (4) organisaatiotaito, (5) logistiikka (voiman luonti, siirto ja ylläpito), (6) tieto, (7) aika, (8) energia ja (9) tila. Tekniikan käytössä on huomioitava siis kaikkien muiden

<sup>78</sup> Tämä eläimellinen sodankäynnin vaihe esiintyy vain Quincy Wrightin teoksessa. Kyse on sodasta ennen kielen syntymistä.

toiminnallisten ulottuvuuksien vaikutus. Toiseksi pelkkä tekniikka ei ole sodankäynnissä oleellinen. Sodankäynnin tekniikassa oleellinen on vasta suhteellinen tekninen etu. Siihen vaikuttaa taas oma ja vastustajan tekniikka, molempien vastatoimet ja niiltä suojautuminen. Se joka on syvemmällä tekniikan vastatoimissa omaa edun, yllätyksen mahdollisuuden. Omalla puolella tämä merkitsee sitä, että tekniikan käyttö, hyökkäys vastustajan tekniikkaa vastaan ja oman tekniikan suojaus vastustajan tekniikalta muodostavat synergisen, rinnakkaisvaikutusta omaavan kokonaisuuden, siis systeemin.

Edellä olevat tekijät muodostavat yleisen tekemisen systeemin. Alun yksinkertaisin systeeminen verkko, A ja ei-A on laajennettu yhdeksän tekijän verkoksi. Koska doktriini määrittelee systeemin osien väliset suhteet, doktriini on sama asia kuin systeemin osat yhteen liittävät suhteet. Doktriini on systeemin ”liima”, osien väliset suhteet. Luonnossa ”doktriini” on luonnon lait. Ihmisen rakentamissa systeemeissä voi olla ihmisen laatimat lait.



**Kuva 4.** Synteesi; systeemi, sodankäynnin tekniikkaan liittyvä kokonaisuus kahdella tasolla

*Kysymys 3: Mikä on edellä mainittujen tekniikan kanssa rinnakkaisten sodankäynnin osien suhde keskenään ja erityisesti suhteessa tekniikkaan?*

*Vastaus 3:* Yleisesti systeemeissä kaikki vaikuttaa kaikkeen. Siis tekniikkaan vaikuttaa tila, aika, energia, ihmiset, logistiikka, tieto, organisaatitaito, doktriini ja ne vaikuttavat tekniikkaan.

Miten aika vaikuttaa tekniikkaan? Kuluminen, ruostuminen. Paljonko aikaa on käytössä? Jos asian X tekeminen vaatii olevalla tekniikalla aikaa ajan Y, joka ylittää maksimin sallitun ajan, kyseistä asiaa ei pystytä tekemään olevalla tekniikalla. Aika ei ole kypsä



kyseiselle asialle. Tämä on merkittävä asia esim. tietotekniikan reaaliaikasoventulusten käytössä. Tietotekniikan kehitys mahdollistaa yhä suurempien ja monimutkaisempien reaaliaikaisten sovellutusten teon.

Miten energia vaikuttaa tekniikkaan? Mitä energiaa on käytössä tai pystytään käyttämään. Vrt. orjat, höyryvoima, ydinvoima. Kun öljy loppuu maailmasta, on keksittävä uusi moottorityyppi ja vähän muutakin.

Miten ihmiset vaikuttavat tekniikkaan? Mitä tekniikkaa ihmisen osaavat? Mikä on ihmisten keskimääräinen tietotaso ja mistä asioista? Kolmannen maailman maat voivat ostaa huipputekniikkaa, mutta jos yhteiskunnan osaaminen ei tue sitä, kyseinen tekniikka jää hyödyntämättä tai riippuvaiseksi ulkopuolisesta tuesta. Myös ihmisten innovatiivisuus, oppimiskyky vaikuttavat tekniikkaan, samoin tieteen taso.

Miten logistiikka vaikuttaa tekniikkaan? Pystytäänkö kyseinen tekniikka valmistamaan? Saksa loi toisen maailmansodan aikana lentotukialuksen rakentamisen, mutta ei päässyt koskaan valmiiseen tuotteeseen. Pystytäänkö kyseinen tekniikka ylläpitämään? Ulkomailta voidaan ostaa hienoja sotilaallisia järjestelmiä, mutta jos varaosavarastoja ja korjauskykyä ei ole olemassa, käytössä oleva materiaali puolittuu nopeasti, jonka jälkeen jäljellä oleva uudelleen puolittuu nopeasti jne.

Miten tieto vaikuttaa tekniikkaan? Pystytäänkö kyseisen tekniikan vaatimat tietomäärät käsittelemään vaaditussa ajassa. Monimutkaisten Polaris- ydinsukellusveneiden valmistus USA:ssa 1960- luvulla vaati uudenlaista tietotekniikkaa (PERT<sup>79</sup>-kaaviot) kyseisen monimutkaisen projektin hallintaan<sup>80</sup>. Tieteellinen ja fysiikkaan liittyvä tieto ja niiden taso ovat monella ja perustavaa laatua olevalla tavalla tekniikan pohjaa.

Miten organisaatiotaito vaikuttaa tekniikkaan? Pystytäänkö kyseinen tekniikka valmistamaan, onko tuottaja/käyttäjäorganisaatio esim. tarpeeksi suuri? Vrt. sotavaunut ja niiden riippuvuus uudesta organisaatiotasosta, valtiosta ja sen riippuvuus uudesta tietotekniikasta, kirjoitus- ja laskutaidosta. Onko kyse yksilö- vai ryhmäseestä? Onko kyse yksittäisestä aseesta vai järjestelmästä? Järjestelmien järjestelmästä?

Miten doktriini vaikuttaa tekniikkaan? Doktriini asettaa sitä toteuttaville järjestelmille teknisiä vaatimuksia ja jos niitä ei pystytä toteuttamaan olevalla tekniikalla, doktriinia on muutettava tai siirrettävä sen käyttöönotto aikaan, jolloin tarvittava tekniikka on olemassa. Toisaalta uusi tekniikka mahdollistaa uudenlaisten doktriinin, uudenlaisen sotilaallisen toiminnan.

## 1.8.2 Johtopäätöksiä luvuista 1.1.–1.7.

Kootut johtopäätökset luvusta 1 on esitetty lyhyesti edellä johdannossa luvussa 1.1.1. Sodankäynti perustuu osaltaan tekniikkaan ja tekniikka mm. fysiikkaan ja fysiikka matematiikkaan. Sodankäynti on esim. tämän ketjun kautta siis tiedettä. Quincy Wrightin

<sup>79</sup> PERT = Program Evaluation Review Technique

<sup>80</sup> Harvey N. Sapolsky: "The Polaris System Development: Bureaucratic and Programmatic Success in Government" Cambridge, MA: Harvard University Press 1972

mukaan sodankäynti on ollut, ei yleisesti vaan keskeisesti tiedettä ja teknologiaa jo 1500-luvulta.

Sodankäynnin yleisistä ominaisuuksista sodankäynnin tekniikkaan siirtyvät toimi, vastatoimi, vastavastatoimi- logiikka sekä suhteellinen etu. Edelleen sodankäynnin toiminnallisista ulottuvuuksista johtopäätöksenä on ensin se, että tekniikka on integroitava sodankäynnin kokonaisuuteen, kaikkiin sodankäynnin toiminnallisiin ulottuvuuksiin. Toiseksi sodankäynnin toiminnallisista ulottuvuuksista seuraa, että tekniikan vastatoimet eivät ole vain tekniikkaa, vaan tekniikan vastatoimina voidaan käyttää kaikkia sodankäynnin toiminnallisia ulottuvuuksia.

Sodankäynnin tekniikassa tiedon lisääntyminen on saanut aikaiseksi merkittävän muutoksen, siirtymisen määrästä laatuun. Kyseinen kehitys alkoi toisessa maailmansodassa. Se on merkinnyt sodassa kuolleiden määrän vähenemistä viime vuosisadan loppupuolella, ensimmäistä kertaa sodankäynnin historiassa.

Clausewitzin näkemys tekniikasta on, että se vaikuttaa merkittävästi sodankäynnin luonteeseen, mutta ei sen perusluonteeseen. Sodankäynti on siis aina tahtojen laajennettu ja verinen kaksintaistelu. Mutta tekniikan avulla toisella voi olla ylivoimaiset keinot vaikuttaa toisen osapuolen tahtoon. Toinen mielenkiintoinen asia Clausewitzin tekniikassa ajattelussa oli se, että sodankäynnin tekniikalla on useita tasoja ja eri toimijoiden on ymmärrettävä niitä eri tavalla ja sisällöllisesti erilaisina. Ihmisten väliseen tahtojen kaksinkamppailuun liittyen se on aina myös ensin sydämen asia. Tekniikka ei myöskään muuta sodankäynnin logiikkaa. Sodankäynnin perusfunktiot, toiminta, vastatoiminta (hyökkäys), vastavastatoiminta (puolustus) jne. säilyvät samoina. Tekniikka ei myöskään muuta konfliktin logiikkaa.

Systeeminen tarkastelutapa paljasti vuorovaikutussuhteista ensin osan ja kokonaisuuden suhteita ja toiseksi suoran ja epäsuoran vaikuttamisen. Epäsuoran vaikuttamisen periaate sanoo, että jos systeemissä on kaksi tai enemmän osia ympäristön lisäksi, yhteen tekijään vaikuttaa paitsi muut tekijät suoraan, niin muiden tekijöiden vaikutukset yhden, kahden jne. muun osan vaikutuksen kautta. Muodostuu monimutkainen *vaikutusverkko*.

Sodankäynnin välineiden tekniikka ei synny tyhjiössä, vaan on riippuvainen yhteiskuntansa tietyistä avainteknologioista ja avainosaamisesta. Kulloiseenkin sodankäynnin tekniikkaan on siis oltava edellytykset olemassa. Toisin päin tämä tarkoittaa, että yhteiskunnan teknologian muuttuessa tai yhteiskunnan koon muuttuessa, sodankäynnin tekniikka muuttuu. Informaatioteknologia tuo täten mukanaan uuden tavan sotia, uudet välineet. Samoin sotivien organisaatioiden muuttuessa valtioista suuriksi valtioliitoiksi (USA, EU, Venäjä, Kiina, Japani), sodankäynnin järjestelmien koko kasvaa. Yleisesti sodankäynnin järjestelmien koko on kasvanut sarjassa työkalut, koneet, järjestelmät ja järjestelmien järjestelmät. Uusimman tason keskeinen uusi tekniikka ovat ohjelmistot, jotka integroivat systeemien systeemit yhteen.

Sodankäynti ja sodankäynnin tekniikka on aina osa suurempaa kokonaisuutta. Kumpaakaan ei voi tarkastella ilman vakavaa väärinymmärtämisen vaaraa ilman laajemman ympäristön tarkastelua. Samalla tavalla kuin osa on riippuvainen ympäristöstään ja vai-

kuttaa siihen, samalla tavalla oleva johtuu siitä mitä on aikaisemmin ollut olemassa. Jokainen järjestelmä, esim. sodankäynti ja sodankäynnin tekniikka on siis aikakautensa, historiansa tulos. Aikakauden muuttuessa, esim. informaatio- tai verkostoyhteiskunta, sen sodankäyntikin muuttuu. Sodankäynnin ja yhteiskunnan suhde kuvaa myös valtasuhteita yhteiskunnassa ja ne taas liittyvät mm. tekniikkaan<sup>81</sup>. Sodankäynnin liittymisestä muihin järjestelmiin kuvaa esim. kirjoittamisen ja laskemisen tekniikan kehitys. Se mahdollisti yhdessä organisaation kehityksen kanssa (hierarkia) valtioiden kehittymisen (koon kasvaminen), joka taas mahdollisti yhä laajemman erikoistumisen (ammattisotilaat, sotavaunut) ja se taas sodankäynnin, siis valtion tehokkuuden kasvun. Ylimmästä, valtiotasosta tuli alempien tasojen (yksilö, suku, heimot ym.) kannalta oleellisin henkiinjäämisen kannalta.

Tekniikka (ja myös taktiikka) on aina kompromissi ja optimoitu tiettyyn tilanteeseen. Tekniikka on siis rajallista. Tekniikan vaikutusta voidaan muuttaa oleellisesti muuttamalla tekniikan systeemisäätöjä, siis sääntöjä ja oletuksia, joiden pohjalta kyseinen tekniikka on rakennettu. Tekniikkaa vastaan voidaan täten toimia ymmärtämällä sen suunnittelun systeemiset lähtökohdat.

Tekniikka määrittää minkälainen sodankäynti on teknisesti, välineidensä kautta mahdollista. Ydinaseiden osalta tekniikka määrittää myös minkälainen sodankäynti ei ole mahdollista (ydinsota), ainakaan perinteisen sodan välineellisessä mielessä, siis esim. politiikan välineenä. Tämä viittaa vahvasti sodankäynnin toiminnallisten ulottuvuuksien vaikutuksiin toisiinsa. Tässä tapauksessa tekniikka vaikuttaa lopulta siihen, minkälaista sotaa ei voida käydä. Tämä poikkeaa Clausewitzin tekniikka näkemyksistä ja kuvaa yleisesti ympäristön merkityksen keskeisyyttä. Clausewitzin sotilaallinen ajattelu on siis hänen aikakautensa heijastuma tai tuote.

Tietty doktriini ja tietyt aseet, teknologia, tietyissä ympäristössä soveltuu tehokkaasti vain tiettyä toista doktriinia tai toista asetta vastaan tietyissä ympäristössä. Epäsymmetrinen sodankäynti on siis voimakas keino tehokkaita doktriineja tai teknologioita vastaan. Teknologian, vihollisen tai ympäristön muuttuessa aiemmat heikkoudet ja vahvuudet eivät enää pidä paikkansa. Dynaaminen, muuttuva maailma on ilkeä paikka staattisille, jäykille organisaatioille, kuten Neuvostoliiton kohtalo osoitti. Tarvitaan erilaisuuden sietämistä, jopa viljelemistä ja adaptiivisuutta. Ennen kaikkea tarvitaan paljon tietoa, todellista ymmärrystä. Hyvän olon tunteeseen ei ole muutenkaan varaa. Historia osoittaa, että kun on alkanut tuntua hyvältä, tulee joku ulkopuolinen, joka ei ymmärrä, että ei hänellä ole mitään mahdollisuuksia voittoon, ja voittaa sotimalla täysin ”hyväksytyin sääntökokoelman, sivistyneen” sodankäynnin ulkopuolella. Jos meillä on siis vastassa vastustaja, jota emme voi sen säännöillä voittaa, on muutettava sääntöjä. Tämäkin on systeemisen tarkastelun tulos: systeemi on osiensa ja niiden välisten vuorovaikutusten (sääntöjen) funktio. Sotaa tai tekniikkaa voidaan siis muuttaa lisäämällä tai poistamalla systeemistä osia tai/ja muuttamalla osien välisiä suhteita, sääntöjä.

Tarkastelluista malleista olemassaolon evolutiivinen kehitysmalli, teknologian kehitysmalli, sodankäynnin kehitysmalli ja sodankäynnin historian vaihemalli ovat kumulatiivisia, siis systeemeitä, joihin vaihe vaiheelta tulee uutta, ilman että mitään vanhaa

<sup>81</sup> Vrt. Japanin samurait, keskiajan ritarit sekä massa-armeijat ja demokratia.

poistuu. Tämä tarkoittaa ensin myös sitä, että uusi perustuu vanhaan, uutena syntyy vain sellaista, jonka edellytykset ovat olemassa. Toiseksi se tarkoittaa, että systeemien koko kasvaa ja uusi suurempi systeemi ja sen dynamiikka selittää asioita enemmän. Sodankäynnissä se tarkoittaa, että anarkistinen valtioiden välinen järjestelmä selittää sodankäyntiä enemmän kuin sosiologia tai biologia. Ja eniten uutta sodankäyntiä selittää tiede ja sen synnyttämä teknologia, jatkossa todennäköisesti globaalissa mittakaavassa. Sodankäyntiä on tarkasteltava evolutiivisena systeeminä sen yhden todennäköisen kehityssuunnan arvioimiseksi. Tällöin sen ominaisuuksia ovat koon ja erikoistumisen kasvu, tietoon liittyvät perusteelliset muutokset, oppiminen ja erilaisuuden viljely. Nämä ovat myös evolutiivisen sodankäynnin tekniikan ominaisuuksia.

*Vastateknologia-joukot:* Johtopäätös suhteellisesta edusta on tarve vastateknologian joukkoihin. Sodankäynnin yleisen dynamiikan perusteella paras vastatoimija vastustajan tiettyyn kapasiteettiin on oma vastaava joukko. Miksi? Koska se ymmärtää kyseiseen toimintaan liittyvän dynamiikan, mahdollisuuden ja heikkoudet parhaiten, koska se itse tekee samaa asiaa. Jos siis vastustajan tekniikkaa vastaan halutaan toimia, siihen on käytettävä omia ”tekniikan joukkoja”. Ja kysymys ei ole pelkästä halusta, vaan välttämättömyydestä: Jos vastustajan parasta teknologiaa vastaan ei pystytä toimimaan, ollaan vaarallisen alivoimaisia.

Vastustajan tekniikkaan liittyvät vastajoukot ovat erityisen tärkeitä alivoimaiselle. Logiikka on seuraava: Alivoimaisena, määritelmästä johtuen, vastustajan vaikutuskyky meihin on suurempi kuin meidän vaikutuskykymme vastustajaan. Voimme siis saada enemmän aikaiseksi pienentämällä vastustajan vaikutuskykyä kuin maksimoimalla omaa, rajallisempaa vaikutuskykyämme. Toiseksi omia vähäiä voimia on suojattava, koska ilman niitä vaikuttamisen mahdollisuutta ei ole. Alivoimaiselle toiminta vihollista vastaan on tärkeämpi kohde kuin oma toiminta, koska vihollinen vaikuttaa alivoimaiseen enemmän kuin alivoimainen voi vaikuttaa viholliseen. Selvää on myös, että symmetriset asetelmat, esim. panssarivaunut vastaan panssarivaunu, ei tarjoa merkittäviä mahdollisuuksia alivoimaiselle. Mahdollisuuksia on etsittävä epäsymmetrisistä asetelmista. Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet ovat yksi mahdollisuus tähän.

*Huipputeknologian sotilaallinen hinta:* Uuden lupaavan teknologia käyttöönotto sisältää paitsi etuja myös haittoja. Etuja on mm. se, että vastustajalla ei ole toimivia vastatoimia sitä vastaan, jolloin uusin teknologia on myös halpaa. Siinä ei siis tarvitse huomioida vastustajan vastatoimia, joita ei vielä ole olemassa uuden teknologian uutuudesta johtuen. Uusi huipputeknologia ei toimi ehkä kaikissa olosuhteissa tai kaikkia vihollisia vastaan. Tämä on kaikkeen tekniikkaan liittyvä yleinen ja tärkeä havainto: tietty tekniikka on optimoitu tiettyä vihollista, tilannetta ja olosuhdetta varten. Kun nämä muuttuvat, tekniikan käyttökelpoisuus muuttuu. Jos uhkakuvat ovat muuttuvia tai eivät ole varmoja, on panostettava monenlaiseen toimintaan, jotta voidaan toimia myös yllättävissä tilanteissa. Tämä on reserviajattelun strateginen ja joukoista menetelmiin laajennettu sovellutus.

Sodankäynnin taktisella tasolla määrä on erittäin merkittävä. Lancasterin neliölaki sanoo, että omat tappiot ovat kääntäen verrannolliset omaan ylivoimasuhteeseen. Eli jos olemme taktisella taistelukentällä alivoimaisia kolmen suhde yhteen, meidän aseidem-

me tulisi olla yhdeksänkertaisesti parempia, jotta tasapaino säilyisi. Vastakkain on siis muutama huipputeknologinen järjestelmä ja suurempi määrä hieman vanhempia järjestelmiä. Myös järjestelmä, jossa ei ole reserviä on sotilaallisesti vaarallinen. Jos rauhan aikana on harjoitettu jatkuvasti kuudella elementillä ja taktiikka on kehitetty kuutta elementtiä varten, joutuu yksikkö joka kärsii kahden elementin tappiot ilman reservejä, mukauttamaan toimintansa neljään yksikköön, siis miettimään uuden taktiikan keskellä sodan kaaosta. Tällä tavalla ei sotaa voi voittaa, ei edes taistelua. Uuden mahdollisuuden yllätykseen uuden teknologian kautta tuo simulointi. Se mahdollistaa tutkimuksen, kokeilun ja etenkin koulutuksen ilman että vastustajan tiedustelu saa siitä helposti havaintoja.

*Sodankäynnin tekniikka luo uusia ulottuvuuksia sodankäyntiin:* Tekniikka on laajentanut sodankäynnin ulottuvuuksia pinnalta, ajasta ja tahdosta, ensin tilaan (ilmavoimat) ja sitten sähkömagneettiseen spektriin (elsojoukot). Seuraavana meneillään olevassa muutoksessa sodankäynnin uusi teknologia laajentaa sotaa fyysiseen avaruuteen (satelliitit ja avaruusasemat) ja kyberavaruuteen (internet jne.). Fyysiseen ja kyberavaruuteen syntyy sodankäynnin kolme sovellutusta: käyttö, hyökkäys käyttöä vastaan ja puolustus hyökkäystä vastaan.

Tekniikan syvällisempi merkitys sodankäynnissä on siis se, että se on tehnyt kokonaiset fyysiset ulottuvuudet tärkeiksi sodankäynnissä. Kun samalla mitään vanhaa ei ole lopullisesti poistunut, tämä kehitys merkitsee sodankäynnin monimutkaistumista sen yleisemmällä tasolla, fyysisinä ulottuvuuksina. Lisäksi näyttäisi olevan periaate se, että uusi ulottuvuus tulee ensin tärkeäksi strategisesti, sitten operatiivisesti ja lopuksi taktisesti. Tekniikka siis siirtää toimintaa strategiselta tasolta operatiiviselle ja edelleen taktiselle tasolle.

*Tekniikka muuttaa sodankäyntiä:* Viime vuosisadan loppupuoli toi ydinaseiden ja tietotekniikan synnyn jälkeen paradoksaalisen muutoksen sodankäyntiin. Sodassa kuolleiden määrä alkoi vähetä ensimmäisen kerran sodankäynnin dokumentoidun historian aikana. Syynä olivat ensin ydinaseet, eli ydinasevallat välttivät tietoisesti sotaan joutumista toisensa kanssa. Toiseksi tavanomainenkin sota alkoi olla niin tuhoisaa, että sen järkevyyden tavoitteellisen toiminnan keinona kehittyneimpien yhteiskuntien kesken alkoi vähetä. Kolmanneksi syynä oli sodankäynnin tietosisällön kasvu, jolloin tieto alkoi korvata muita resursseja. Tietosisältöön liittyy myös kyberavaruuden muodostuminen. Se on globaali, keinotekoinen, ihmisen rakentama sodankäynnin fyysinen ulottuvuus. Tässä mielessä se on poikkeuksellinen Grabaun sodankäynnin fyysisissä ulottuvuuksissa.

Toisaalta Maon sissisota-strategia ja 11.9.2001 päivän tapahtumat osoittavat, että sodankäynnissä teknologia voi olla edelleen sivuosassa. Tällöin pitää vain muistaa millaista sotaa siis aiotaan käydä: siviiliväestö, ympäristö ja valtion infrastruktuuri kärsivät pahoja tappioita ja sota kestää vuosia, vuosikymmeniä ja tietoyhteiskunta taantuu teollisuus-, maatalous-, jopa keräilytalousyhteiskunnaksi ("kivikauteen pommittaminen").

*Sotilas- ja siviiliteknologian eroista:* Sotilasteknologialla on sen erikoisesta ympäristöstä – vihollisen sisältävä sodankäynti – johtuen ratkaisevasti erilainen rakenne ja toiminta kuin siviiliteknologialla. Ilman tämän erikoispiirteen ymmärtämistä sodankäynnin teknologisten välineiden käyttö ei voi olla tehokasta sodassa älykästä vihollista vastaan.

Sodankäynti muuttaa teknologian käyttöä mm. seuraavasti:

- sotilasteknologian käyttö on vaikeampaa, se sisältää enemmän vaikuttavia elementtejä kuin siviiliteknologia
- sotilasteknologian käytöllä on useampia periaatteellisia sovellutuksia kuin siviiliteknologialla
- sotilasteknologian vaikutus on usein päinvastainen kuin siviiliteknologialla.

Sotilasteknologian merkityksen ymmärtäminen vaatii viiden tekijän ja kahdenkymmenen suhteen ymmärtämistä. Pelkän sodankäynnin ymmärtäminen vaatii kolmen tekijän ja kuuden suhteen ymmärtämistä. Mitä enemmän on tarkasteltavia tekijöitä, sitä kompleksisempää on kokonaistoiminnan ymmärtäminen.

Sotilasteknologian tehokkain käyttö on pakottaa vihollinen tekemään kahta vastakkaista asiaa.

### 1.8.3 Johtopäätöksiä Martin van Creveldin kirjasta ”Technology and War”

Israelilaisen sotahistorioitsijan Martin van Creveldin kirja ”Technology and War” on tämän alan klassikko.<sup>82</sup> Kirjan mukaan sodankäynnin logiikkaa on balansoitava tekniikan logiikan kanssa. Tekniikan logiikka saattaa sanoa, että taistelulaiva on tonneilla ja miehistöjäsenillä mitattuna tehokkaampi tapa toimittaa räjähteitä kuin pienemmät laivat. Sodankäynnin logiikka sanoo, mm. Lancasterin taisteluyhtälöiden kautta, että kaikkien munien paneminen samaan koriin on riski. Samoin standardisointi ja keskittäminen. Jos siis sodankäynnillä on eri logiikka kuin tekniikalla ja siis sodankäynnin tekniikalla eri logiikka kuin siviilitekniikalla, niin tuleeko myös sodankäynnin insinööriellä olla eri logiikka kuin siviili-insinööriellä? Mitä ilmeisemmin.

Ehkä teknologian tehokkain käyttö on pakottaa vastustaja tekemään kahta ristiriitaista asiaa. Esim. tehostamaan viestintäänsä radiolla. Jos meillä on siis tehokas radiotiedustelu, vastustaja on aina vaikean valinnan edessä: Käytänkö radioita, jolloin johtamiseni on omalta kannalta tehokasta, mutta vastustaja saa paljon tärkeää tietoa vai olenko käyttämättä radioita, jolloin johtamiseni on tehotonta, mutta vastustaja ei saa sitä hyödyntävää tietoa? Meidän kannalta valinta on tietysti se, että radiotiedustelu nähdään tällaisena valintana, joka pakottaa vastustaja kahden ristiriitaisen asian yhtäaikaiseen tekemiseen. Oleellista on myös ymmärtää mitä on saatu aikaiseksi, jos syntyy tilanne, jossa radiotiedustelu ei saa selville mitään. Kaikki radiotiedusteluun menneet rahat ja muut resurssit näyttäisivät menneen hukkaan. Edellä mainittu esimerkki on ehkä tärkein sodankäynnin yleinen periaate tehokkuuteen liittyen: vähentämällä teknologista, organisatorista tai muuta tehokkuutta, luodaan sotilaallista, vihollisen vaikuttaessa toimivaa tehokkuutta. Mitä reservi<sup>83</sup> on muuta kuin juuri tätä? Näennäisesti tuhlattuja voimavaroja, joilla on kuitenkin keskeinen sotilaallinen funktio.

<sup>82</sup> Google haulla ”Martin van Creveld” löytyi 8.12.2003 5390 viitettä ja haulla ”Carl von Clausewitz” 14.500 viitettä.

<sup>83</sup> Clausewitz, s. 124: ”Reservin ylläpitämisellä on kaksi tarkoitusta, jotka erottuvat toisistaan selvästi, nimittäin ensinnäkin taistelun jatkaminen ja uusiminen ja toiseksi käyttö odottamattomissa tilanteissa.” Jos yllättävät tilanteet korostuvat, korostuu reservin tarve. Vrt. myös taistelun jatkaminen ja vaatimus siitä, että osa teknisiä järjestelmiä on aina varattava reserviksi.

Tehokkain sotilaallinen tekniikka ei ole absoluuttista ”supertekniikkaa”, vaan sellaista, joka neutraloi vastustajan voimaa hyökkäyksessä ja pakottaa sitä samalla puolustautumaan sekä kasvattaa omaamme voimaamme suhteellisesti eniten hyökkäysmahdollisuuksien lisääntyessä ja puolustustarpeiden vähetessä. Siis sellainen tekniikka, joka kasvattaa suhteellista etua, ei absoluuttista. Sodassa vain sellaisilla asioilla on merkitystä, joissa on huomioitu vihollinen ja sen kanssa yhteinen toimintaympäristö.

Sodankäynnin tekniikassa ei ehkä ole tärkeintä mitä se voi tehdä, vaan mitä se ei voi tehdä. Tämä kahdella tavalla: Ensin mitä vastustajan tekniikka ei voi tehdä. Jos toimintamme nojaa tähän, se on melko turvallista, jos väärinymmärrys, harhautus ja niin edelleen jätetään pois. Toiseksi ymmärtämällä oma tekniikka syvällisesti, se saadaan ehkä tekemään jotain sellaista, jota muut eivät pidä mahdollisena. Edellisen perusteella näyttäisi siltä, että eloon jäävät sellaiset yksiköt (yksilöt, yritykset, valtiot, jne.), jotka ovat eloonjäämisen edellytykset lunastaneet omalla toiminnallaan suhteessa muihin. Ja kaikki lähtee oman, vihollisen ja ympäristön tilan ymmärtämisestä. Oikotietä ei ole.

## 2. TIEDUSTELU- JA VALVONTA-JÄRJESTELMÄT

Prof. Vesa Halonen, Ilmavoimat

### 2.1 Johdanto

Tiedustelutoiminta tuottaa

- raakatietoa (engl. dataa)
- prosessoitua tietoa (engl. information)
- analysoitua tietoa (engl. knowledge)
- prosessoitua ja analysoitua tietoa (engl. intelligence) ja
- tiedustelun lopputuotteita.

Tiedustelun (intelligence) tuote syntyy vieraita maita tai alueita koskevan tiedon keräämisestä, prosessoinnista, integroinnista, analysoinnista, arvioinnista sekä tämän ja olemassa olevan tiedon tulkitsemisesta.

Valvonta (surveillance) tuottaa reaaliaikaista tietoa (prosessoitua ja analysoitua tietoa), joka syntyy systemaattisen ja jatkuvan avaruuden ja ilmatilan, meri- ja maa-alueen sekä vedenalaisten alueiden valvonnalla käyttäen visuaalisia, elektronisia, kuuntelu-, kuvaus- tai muita keinoja.

Kohdetiedustelu (reconnaissance) liittyy erityistehtävään, joka tuottaa tietoa vastustajan ja kohteen toiminnasta tai tietyn alueen (erityis)olosuhteista liikkuvalla ja tilapäisellä tiedustelun erityiskalustolla.

Valvontaa toteutetaan kaikkien tiedustelulajien keinoilla. Valvonnalla saadut tiedot muodostavat kaikilla tasoilla tilannekuvan perustan, jota täydennetään tiedustelun analysoimilla tiedoilla. Valvontajärjestelmien eri sensorien keräämät tiedot sisältävät runsaasti informaatiota, jota analysoimalla saadaan tiedustelulle lisätietoja.

Tietoyhteiskunnassa tiedon saaminen ei ole useinkaan suurin ongelma, vaan olennaisen tiedon seulominen informaatiosta, sen analysointi ja toimittaminen asiakkaan haluamassa muodossa tämän haluamaan paikkaan ja vielä oikeaan aikaan.

Asiakkaat odottavat saavansa tiedustelulta tietoa aiempaa nopeammin ja ennen kaikkea arvioita tulevasta toiminnasta voidakseen ennakoida tapahtumia ja valmistautua muutoksiin. Tiedustelu ei kilpaile tiedon hankinnassa ja välittämisessä, vaan pyrkii muodostamaan mahdollisimman oikean kokonaiskuvan tapahtumista, ennakoimaan tulevaa toimintaa ja arvioimaan sen vaikutuksia.

Tiedustelu jaetaan perinteisesti erilaisiin teknisen tiedustelun lajeihin sekä henkilötiedusteluun (HUMINT), jossa ihmiset keräävät ihmisiltä tietoa. Tiedustelumenetelmät nimetään sen mukaan, minkälaiselta alustalta tai lavetilta käsin eri lajeja edustavat sensorit toimivat.



## 2.2 Tiedustelu- ja valvonta

### 2.2.1 Yleistä

Sotilaallinen tiedustelu ja valvonta kootaan ja organisoidaan yhteiseksi puolustushaarasta tai aselajista riippumattomaksi järjestelmäksi, ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). Tällä ymmärretään tiedustelua (kaikilla tasoilla), valvontaa, maali- ja kohdetiedustelua sekä joukkojen suorittamaa taktista tiedustelua. ISTAR-käsitteellä ymmärretään järjestelmäkokonaisuuksia, joilla kerätään, prosessoidaan, analysoidaan ja jaetaan tietoa vastustajasta ja toimintaympäristöstä oman sotilaallisen päätöksenteon ja toiminnan perusteeksi ja tueksi. Myös toimintaympäristöä kuvaavat paikka- ja olosuhdetietoja keräävät ja tuottavat järjestelmät integroidaan erottamattomaksi osaksi ISTAR-kokonaisuutta. Tietojen keräyksen osalta järjestelmäkokonaisuus kattaa kaikki järjestelmät satelliiteista yksittäisen miehen tähytysvälineisiin. ISTAR-järjestelmä

- integroi ja synkronisoi sensorien ja voimavarojen käytön suunnittelun, operoinnin, tiedon prosessoinnin ja käytön sekä maalinosoituksen ja tiedon jakamisen tukemaan suoraan käynnissä olevia ja tulevia operaatioita.
- yhdistää tiedustelu-, valvonta-, maalinosoitus- ja kohdetiedustelujärjestelmät ja sensorit asejärjestelmiin.
- tuottaa tietoa ja tiedustelutietoa komentajan tiedon tarpeen tukemiseksi operatiivisessa suunnittelussa, yhteisessä tilannekuvassa, maalittamisessa, informaatio-operaatioissa ja omien joukkojen suojaamiseksi.
- on yhteisessä johdossa oleva voimavara, jota voidaan käyttää kaikenlaisissa operaatioissa.

ISTAR ja ISR-järjestelmiä tai niiden osajärjestelmiä ei tulevaisuudessa voida jakaa erikseen tasoihin, vaan samalla järjestelmällä kerätään ja analysoidaan tietoa yhtä hyvin taktisen, operatiivisen (sotanäyttämötason) ja strategisen (kansallisen) tason päätöksenteon tueksi.

Tulevaisuudessa tiedustelu- ja valvontajärjestelmät kehittyvät yhdeksi integroiduksi ja verkottuneeksi kokonaisuudeksi, ISTAR-järjestelmäksi, joka kerää, yhdistää, analysoi sekä antaa käyttöön ja esittää tiedustelu- ja valvontatiedot eri tason käyttäjille eri organisaatioissa, puolustushaaroissa ja aselajeissa.

### 2.2.2 Tiedustelun ja valvonnan tavoitteet

Tiedustelun ja valvonnan tavoitteena on tuottaa mahdollisimman oikea ja reaaliaikainen tilannekuva vastustajan toiminnasta ja toimintaympäristöstä. Tämän perusteella pyritään mahdollisimman nopean analysoinnin ja arvioinnin avulla ennakoimaan vastustajan tuleva toiminta niin, että kyetään antamaan ennakkovaroitusta.

Keskeisenä tavoitteena on uuden tiedon arviointi ja vertailu aikaisempaan tietoon. Tästä saadun tiedon perusteella pyritään selvittämään kohteen aikomukset sekä edelleen

omasta toiminnastamme aiheutuvat mahdolliset seuraukset kohteelle ja sen toiminnalle toimintaympäristössä.

Tilannekuvalla tarkoitetaan päättäjien ja heitä avustavien henkilöiden käsitystä (ymmärrystä) tapahtuneista asioista, niihin vaikuttaneista olosuhteista, eri osapuolien tavoitteista ja tapahtumien mahdollisista kehitysvaihtoehdoista, joita tarvitaan päätöksen tekemiseksi tietystä asiasta tai asiakokonaisuudesta. Tilannekuvan muodostamista ja ylläpitoa edesautetaan ylläpitämällä ja esittämällä tietoja tarkoituksenmukaisesti esimerkiksi kuvilla, teksteillä ja kaavioilla.

Tiedustelun tuottaman tilannekuvan tavoitteena on ylläpitää päätöksentekijöiden tilannetietoisuus (situation awareness) sellaisena, että he ymmärtävät tiedustelun ja valvonnan ilmoittamien muutoksien merkitykset sekä kykenevät vastapuolta nopeammin reagoimaan tilanteessa.

Ennakkovaroitus (Pre Warning, Early Warning) jakautuu sen antaman reagointiajan mukaan strategiseen, operatiiviseen ja taktiseen. Näistä vaikeimmin arvioitava on strateginen ennakkovaroitus, joka edellyttää sekä poliittisen että sotilaallisen tilanteen samanaikaista seuraamista. Molemmilla alueilla ennakkovaroitus perustuu useista riippumattomista lähteistä kerättyjen tietojen varmentamiseen, analysointiin ja niiden perusteella tehtyihin arvioihin. Potentiaalinen hyökkääjä pyrkii kaikin tavoin salaamaan ja harhauttamaan kohdetta, jolloin riippumattomien, itsenäisten lähteiden merkitys korostuu.

Myös operatiivinen ja taktinen ennakkovaroitus perustuvat aina analyysiin – ei ole olemassa yksikäsitteisiä ennusmerkkejä, jotka pätsivät kaikissa tilanteissa. Ennakkovaroitukseen pyritään seuraamalla hyvinkin yksityiskohtaisia ennusmerkkejä, joiden tiedetään varmuudella edeltävän tietynlaista mahdollista tulevaa toimintaa. Ennusmerkit voivat olla luonteeltaan teknisiä, sotilaallisia ja poliittisia.

### 2.2.3 Tiedustelulajit

#### **Julkisten (avointen) lähteiden tiedustelu (OSINT, Open Source Intelligence)**

Julkisten lähteiden tiedustelulla saadaan yhä suurempi osa myös sotilastiedustelun tarvitsemista taustatiedoista. Nämä ovat hankittavissa osin kaupallisilta yrityksiltä ja osin omalla pitkälle automatisoidulla keruujärjestelmällä, jonka avulla voidaan samalla palvelulla asiakkaita ja tiedustelun analyysoijia. Löydettävän tiedon määrä riippuu oleellisesti siitä asiakokonaisuudesta ja kohdemaailmasta, josta tietoa tarvitaan.

Tieto on kerättävä yhä kasvavasta tietomäärästä, ja tiedon luotettavuuden arvioiminen muodostuu yhä hankalammaksi. Tieto on kyettävä edellä mainituista syistä varmistamaan muista lähteistä saatavalla varmalla tiedolla. Avoimista lähteistä on myös lähes mahdotonta saada ennakkovaroitukseen tarvittavaa tietoa etukäteen. Tiedon löytäessä avoimista lähteistä se on yleensä jo vanhentunut eikä näin voi palvella ennakkovaroit-

tusta. Eri arvioiden mukaan jopa 85% kaikesta tiedosta löytyy ennen pitkään avoimista lähteistä.

Julkista (avointa) tietoa on kaikki tieto erilaisissa medioissa, joka ei ole tietoturvaluokiteltu ja joka on yleisesti kaikkien saatavilla, vaikka sen jakelu voi olla hyvinkin rajoitettua. Se sisältää, mutta ei rajoitu ns. harmaaseen kirjallisuuteen, johon kuuluu mm. konferenssien ja seminaarien esitelmät ja raportit, tekniset raportit jne. Television dokumentti- ja muut ohjelmat, kaupalliset CD-rom tuotteet, uutislehdet, kartat, aikakausi- ja ammattilehdet, mainosesitteet ja kaikki internetistä löytyvä tieto kuuluvat julkisiin lähteisiin.

### **Signaalitiedustelu (SIGINT, Signal Intelligence)**

Signaalitiedustelun alalajeja ovat viestitiedustelu (COMINT, Communications Intelligence), mittaustiedustelu (ELINT, Electronic Intelligence), tietoverkkotiedustelu (e-SIGINT) ja vieraiden laitteiden tiedustelu (FISINT, Foreign Instrumentation Signal Intelligence). Signaalitiedustelu edellyttää suhteellisen kalliita järjestelmiä ja hyvin korkeasti koulutettua ammattitaitoista henkilöstöä. Linkki- ja radiojärjestelmien käyttö vähentyy ja yhä suurempi määrä tietoliikenteestä kulkee valokaapeleissa. Siirtoteillä käsiteltävät tietomäärät ovat erittäin suuria – jopa pettavuja ja tehokkaatkin salausalgoritmit ovat yksityisten ihmisten ulottuvilla. Internetissä ja muissakin tietoverkossa tapahtuvaan tiedusteluun on kehittynyt uusi signaalitiedustelun laji – e-SIGINT. Signaalitiedustelu edellyttää erittäin pitkäjänteistä (jopa kymmeniä vuosia) ja systemaattista kohteiden seuranta ja tilastointia. Tiedustelulajilla saadaan yleensä varmaa tietoa, joskin se on kyettävä varmistamaan muiden lajien tiedoilla. Vain signaalitiedustelulla voidaan saada strategista ennakkovaroituksen perustaa luovaa tietoa.

### **Kuvaustiedustelu (IMINT, Imagery Intelligence)**

Kuvaustiedustelu kaikilla sähkömagneettisen spektrin taajuusalueilla edellyttää lentämistä tai sensoreiden sijoittamista avaruuteen, jotta se antaisi suuren määrän tietoa ja ollakseen tehokasta. Strategisen tasan kuvaustiedustelu edellyttää hyvin kalliita järjestelmiä. Tämän johdosta kuvaustiedustelu on pitkään ollut pääasiassa kohdetiedustelun käyttämä keino.

Nykyään kamera- ja tutkatekniikan kehittyminen on mahdollistanut kuvaustiedustelun keinojen yhä enenevän käytön myös jatkuvasti kuvaavissa valvontajärjestelmissä.

Tulevaisuudessa merivalvonta ainakin avomerellä, keskeisillä merialueilla ja avomeren kapeikoissa on toteutettavissa kuvaustiedustelun keinoin satelliitteihin sijoitetuilla SAR- ja optisen alueen kuvausjärjestelmillä. Lyhyellä varoitusajalla on saatavilla suuri määrä myös kaupallista satelliittikuva-aineistoa. Myös muun kuvaustoiminnan tuottamaa erilaista kuvamateriaalia tulee käyttöön kiihtyvällä vauhdilla.

## **Paikka- ja olosuhdetiedustelu (GEOINT, Geospatial Intelligence)**

Paikka- ja olosuhdetiedustelussa käytetään kaikkien tiedustelulajien tekniikoita, mutta painopiste on kuvaus- sekä mittaus- ja tunnusmerkkiedustelun keinojen (IMINT, MASINT) käytössä. Tavoitteena on hankkia etukäteen mahdollisimman yksityiskohtainen ja täydellinen tieto toimintaympäristöstä ja olosuhteista sekä antaa nämä tiedot tarvitsijoiden käyttöön. Paikka- ja olosuhdetiedustelulla pyritään myös arvioimaan ympäristön ja olosuhteiden muuttumista ja välittämään tämäkin tieto käyttäjille. Tiedot tuotetaan sähköiseen muotoon, josta ne voidaan välittää asiakkaiden tietojärjestelmiin.

Tieto voidaan tuottaa asiakkaan tarpeen ja vaatimusten mukaisesti esimerkiksi kartaksi, johon voidaan valmiiksi sisällyttää myös vastustajasta ja muista toimijoista saatuja tiedustelutietoja.

## **Mittaus- ja tunnusmerkkiedustelu (MASINT, Measurement and Signature Intelligence)**

Mittaus- ja tunnusmerkkiedustelun alalajeja ovat akustinen tiedustelu (ACINT tai ACOUSTINT, Acoustic intelligence), infrapuna- alueen tiedustelu (IRINT, Infrared intelligence), optisen alueen tiedustelu (OPTINT, Optical intelligence tai ELECTRO-OPTINT, Electro-optical intelligence), lasertiedustelu (LASINT, Laser intelligence), tutkatiedustelu (RADINT, Radar intelligence) sekä säteilytiedustelu (NUCINT, Nuclear intelligence) ja URINT tai RINT, Unintentional Radiation intelligence). Mittaus- ja tunnusmerkkiedustelu on tiedustelulaji, joka perustuu näkyvän valon, kemiallisen, sekä laser-, tutka- ja infrapunasäteilyn että seismisen ja akustisen signaalin muodostaman, kullekin kohteelle ominaisen tunnusmerkkiprofilin etsintään. Tiedustelulajilla kerätään tarkoitukseen rakennetuilla teknisillä sensoreilla kohteena olevista lähteistä, lähettimistä ja säteilijöistä tunnistamiseen ja mittaamiseen käytettävää tietoa, jonka määrän ja laadun arvioinnilla (metrinen, kulma, tila, aaltopituus, aikariippuvuus, modulaatio, plasma, kemiallinen koostumus ja hydromagneettisuus yms.) saadaan tieteellistä ja teknistä tietoa.

Tiedustelulaji perustuu kohteille ominaisten laadun, koostumuksen, muodon tai koon määrittämiseen. Voimakkaasti kehittyvät hahmon- ja biotunnistuksen keinot kuuluvat tähän tiedustelulajiin. Tyypillisimpiä käytettäviä sensoreita ovat: seismologiset sensorit, hydrologiset sensorit (havaitaan vesimassan poikkeava koostumus), akustiset ultraääni-sensorit (havaitaan ydinkokeen aiheuttama ultraääni ilmakehässä) sekä säteilysensorit (havaitaan kohonneet säteilyarvot).

Kemiallisin ja biologisin menetelmin, esimerkiksi savu- ja kaasuilmaisimilla tapahtuva tiedustelu (CBINT, Chemical and Biological intelligence) kuten myös materiaalitieteen menetelmin tapahtuva tiedustelu (Materials Intelligence) kuuluvat mittaus- ja tunnusmerkkiedusteluun. Viimeksi mainitussa käytetään sensoreita, jotka kykenevät tunnistamaan ja erottamaan eri materiaaleja kaukaa ilmasta ja avaruudesta.

Radiotaajuus- ja sähkömagneettisen pulssin tunnistamistiedustelu (RF/EMPINT, Radio Frequency/Electro Magnetic Pulse intelligence), suunnatun energian aseiden tie-

dustelu (DEWINT, Directed Energy Weapons intelligence), spektroskooppitiedustelu (Spectroscopic intelligence) sekä päästöjen ja jätteiden keräily (Effluent/Debris Collection) luetaan myös mittaus- ja tunnusmerkki-tiedusteluun.

## **Henkilötiedustelu (HUMINT, Human Intelligence)**

Henkilötiedustelun etuna muihin lajeihin nähden ovat kustannustehokkuus ja sen kyky ainoana tiedustelulajina selvittää tulevaisuutta koskevia suunnitelmia ja aikomuksia. Näin se voi hyvin palvella strategista ennakkovaroitusta.

Lajin ongelmana on, että ollakseen tehokasta sen tulee sisältää peitettyä ja salaista tiedonhankintaa (agentti- ja vakoilutoimintaa) vieraalla maaperällä myös laittomin keinoin (esimerkiksi väärennetyin henkilöllisyyksin). Muita lajin ongelmia ovat usein lähteiden ja näin usein myös tietojen luotettavuuden varmistaminen sekä hyvin suuret poliittiset ja toiminnalliset riskit.

Tulevaisuudessa henkilötiedustelujärjestelmä kehittyy keinona viedä eri teknisten tiedustelumenetelmien osia suoraan tiedon lähteille. On paljon helpompi saada tieto salaamattomana suoraan tietovarastosta kuin imeä se siirtoreiteiltä, joilla se useimmiten on vielä salattuna.

## **2.3 Tiedustelu- ja valvontajärjestelmät**

### **2.3.1 Yleinen kehitys**

Strategis-operatiivisissa tiedustelu- ja valvontajärjestelmissä jatketaan verkkoon perustuvaa kehittämistä lähes reaaliaikaisen tilannetietoisuuden parantamiseksi kaikilla päätoksentekotasilla yli puolustushaarojen ja toimialojen. Yleisenä globaalina trendinä nähdään tiedustelu- ja valvontajärjestelmä, joka käsittää sekä aktiivisia että passiivisia sensoreita, laajakaistaisia tiedonsiirtoyhteyksiä ja eritasoisia tiedon fuusio- sekä jakelujärjestelmiä. Järjestelmän oleellinen osa on varmennettu ja itseään ylläpitävä sekä korjaava, yhteiskäyttöinen tiedonsiirtoverkko, joka mahdollistaa järjestelmän elementtien yhdistämisen ja toiminnan riittävällä kapasiteetilla myös elektronisten ja fyysisten hyökkäysten alla. Tietokone ja niitä yhdistävät verkot muuttuvat tarkastelujaksolla toimintoja tukevasta välineestä osin toiminnan ytimeksi ja voiman lähteeksi. Verkkojen tiedustelu, valvonta- ja hallintatarve nousevat voimakkaammin esiin ja niiden merkitys kasvaa.

Toinen selkeä teknologinen kehityspiirre on nostaa sensorit avaruuteen, jolloin tiedustelu- ja valvonta-alueet saadaan koko maata tai maapalloa kattaviksi. Pienet maat, joilla ei ole varaa kalliisiin satelliittijärjestelmiin, turvautuvat yhteiskäyttöisiin satelliitteihin globaalien tiedustelu- ja valvontatiedon saamiseksi. Avaruuteen sijoitettavien järjestelmien verkottaminen miehitettyihin- ja miehittämättömiin ilma-, pinta- ja vedenalaisiin järjestelmiin luo mahdollisuuden koota kulloisenkin tilanteen ja kohteen vaatimusten mukainen tiedustelu- ja valvontajärjestelmä. Miehittämättömien alustojen verkottaminen luo operatiivis-taktiselle tasalle mahdollisuuden automatisoida maalitiedon kerääminen, maalien havaitseminen, tunnistaminen sekä vaikuttamispäätös.

Nykyisten operatiivisessa käytössä olevien tiedustelu-, valvonta ja tiedonsiirtojärjestelmien elinkaaret ulottuvat 2020-luvulle ja ensi vuosikymmenellä käyttöön tulevien järjestelmien elinkaaret puolestaan 2030-luvulle. Uusin teknologia, jolla nähdään olevan kyky lamauttaa tai tuhota potentiaalisen vastustajan avainjärjestelmät, tulee käyttöön pienelle asevoimien iskuosalle, jonka tehtävä on hankkia toimintaedellytykset heikoman suorituskyvyn kalustolla varustetuille päävoimille. Tiedustelu- ja valvontajärjestelmät tulevat olemaan hybridejä, joissa integroidaan teknisesti ja toiminnallisesti yhteen eri sukupolvien tekniikkaa.

Toimintatilan laajeneminen, tapahtumien ja tekijöiden määrän sekä nopeuden kasvaminen luovat tarpeen päätöksentekoprosessien nopeuttamiseen. Valmisteltaessa taistelutila operatiivis-taktiselle tasalle ja otettaessa siellä aloite kyetään automatisoituja prosesseja hyödyntämään, mutta muuttujien määrän kasvaessa tulee väistämättä eteen tilanteita, jossa ihmisen on ryhdyttävä tekemään päätöksiä. Tiedustelu- ja päätöksentekosyklien nopeutumisen asettamat vaatimukset tiedon analysoinnille ja oikein ymmärtämiselle muodostavat edelleen haasteen tiedustelu- ja valvontajärjestelmille sekä niitä yhdistäville tiedonsiirtoverkoille. Päätöksentekoon vajaan, analysoimattoman tiedon perusteella on operatiivis-taktisella tasalla edelleen valmistauduttava.

### 2.3.2 Tiedonkeräysjärjestelmät

Tiedonkeräysjärjestelmissä ei tapahdu uusia, merkittäviä teknologisia läpimurtoja seuraavan 20 vuoden aikana. Järjestelmien alustana toimivan informaatioteknologian (antenni-, vastaanotin- ja signaalinkäsittelyteknologian) jatkuva kehitys johtaa siihen, että järjestelmät ja laitteistot kehittyvät ohjelmistopohjaisiksi. Ohjelmistopohjaisuus mahdollistaa järjestelmien nopean, yli verkon tapahtuvan valmistelun erilaisiin tehtäviin erilaisissa toimintaympäristöissä. Tästä kehityksestä myös seuraa, että järjestelmissä käytetään monitoimisensoreita, jotka toimivat joko valvontatutkana, elektronisen tiedustelun ja valvonnan sensorina (Comint/Elint) tai optisen alueen laitteena.

Signaalitiedustelu (Sigint), kuvaustiedustelu (Imint) ja julkisten lähteiden tiedustelu (Osint) säilyttävät merkittävän asemansa strategisen ja operatiivisen tiedon keräämisessä. Sigint –tiedustelun suurena haasteena tulevat olemaan monimutkaiset digitaaliset signaalit, joiden analysointi ja avaaminen vaativat korkeatasoista tietoliikenne- ja kryptosaamista. Ohjelmistopohjainen järjestelmäkehitys on myös johtamassa siihen, että Sigint-järjestelmien integrointityöt ovat vaativia ja järjestelmät siten suhteellisen kalliita. Myös Sigint-järjestelmien käyttö vaatii laaja-alaista erikoisasantuntemusta. Sigint-tiedustelusta nousee esiin tietoverkkojen tiedustelu (e-Sigint) tarkastelujakson kuluessa.

Sigint- ja Imint-järjestelmiä sijoitetaan satelliitteihin sekä lentokone- ja lennokkialustoille. Strategisissa Sigint-järjestelmissä käytetään sekä kiinteitä että liikkuvia alustoja (ml. alukset). Komponenttiteknologian (ml. nanoteknologian) ja järjestelmien ohjelmistopohjainen kehitys johtavat siihen, että järjestelmiä voidaan sijoittaa pienempiin tiloihin ilman, että järjestelmien suorituskyky huononee. Lisäksi samalle alustalle voidaan integroida useita erilaisia sensoreita (Comint, Elint, Imint). Järjestelmien automatisointiaste tulee olemaan korkea, mikä mahdollistaa lentokone- ja lennokkialustaisten

järjestelmien käytön maa-aseilta laajakaistaisen linkin välityksellä. Järjestelmän ohjaus on mahdollista myös mistä tahansa verkon toimipisteestä. On kuitenkin todennäköistä, että strategisissa Sigint-lentokonejärjestelmissä käytetään edelleen operaattoreita erikoistehtävissä. Sensoreita käyttävä ihminen hyödyntää yhä suurempaa määrää tausta- ja tukevaa tietoa havainnollisessa muodossa ja hän pystyy lähes reaaliajassa ohjelmoimaan keräysjärjestelmää sekä jalostamaan keräämäänsä dataa yhä pidemmälle.

Avaruuteen sijoitettavat tutkajärjestelmät mahdollistavat joka sään ja vuorokaudenajan peiton lyhyellä viiveellä (tunteja) kaikkialla maapallolla (globaalinen tilannekuva). USA:ssa suunnitteilla olevassa järjestelmässä tullaan käyttämään yksipaikkaista/monipaikkaista SAR-tutkatekniikkaa, johon liittyy myös pienten liikkuvien maalien ilmaisu maanpinnalta. Järjestelmän ensimmäinen satelliitti laukaistaan radalleen ensi vuosikymmenen alussa. Tutkien erottelukyky mahdollistaa ajoneuvojen ja asejärjestelmien muodon tunnistamisen lähes reaaliajassa. Satelliittitutkaprojektin laajuus ja kalleus herättävät ristiriitaisia tunteita Yhdysvalloissa. On todennäköistä, että järjestelmä, joka käsittää 21 satelliittia, ei ole käytössä täydessä laajuudessaan vielä 2020-luvulla.

Tutkavalvontalentokoneita tullaan kehittämään sekä maa-, ilma- ja merivalvontaan. Maavalvontakoneissa käytetään SAR-tutkatekniikkaa ja pienten liikkuvien maalien ilmaisu- ja tekniikkaa maanpinnan valvontaan, ilmavalvontakoneissa pulssidoppleritekniikkaa pienten matalalla lentävien koneiden havaitsemiseen ja merivalvontakoneissa ISAR-tekniikkaa, joka mahdollistaa merimaalien tunnistamisen. Prosessointitekniikan ohella merkittäviä muutoksia tulee tapahtumaan lentokoneiden antenneissa, jotka suurien koneen rungosta erottuvien antennikupujen sijasta sijoitetaan näkymättömästi runkoon koneen pinnalle. On myös todennäköistä, että tarkastelujakson loppupuolella on käytössä monitoimivalvontakoneita, joissa käytetään samaa monitoimitutkaa maa-, ilma- ja merivalvontaan.

Tutkatekniikassa kehitys tulee olemaan asteittaista keskittyen tekniikoihin, jotka mahdollistavat pienten liikkuvien maalien havaitsemisen ja tunnistamisen vaikeissa välke- ja häirintäympäristöissä. Kehitys johtaa laajakaistaisiin monipaikkatutkiin, joita voidaan käyttää myös perinteisesti yksipaikkatutkana. Tutkat tulevat olemaan monitoimitutkia, jotka ohjelmoidaan valvontatehtävään optimivalla, mikä voi merkitä hyvin mutkikkaasti koodattua tutkasignaalia, jota vaihdellaan nopeaan tahtiin. Viime vuosina on tutkittu ns. hiljaisia tutkia ja myös passiivisia tutkia, jotka tulevat operatiiviseen käyttöön jo ensi vuosikymmenellä. Hiljaiset tutkat on tarkoitettu signaalitiedustelua vastaan ja passiiviset tutkat elektronista häirintää vastaan. Viimeksi mainituissa tutkissa ei käytetä omaa lähetintä, vaan toimintaympäristössä olevia muita aktiivisia lähettämiä (radio-, TV, tukiasema, yms. lähettämiä).

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien sensoreiden verkottaminen parantaa järjestelmien suorituskykyä tilannekuvan muodostamisessa. On myös nähtävissä, että verkottuneella monisensorijärjestelmällä on yliote vastustajaan nähden perinteisessä elektronisessa sodankäynnissä (pl. valemaalit). Koska järjestelmien suorituskyky perustuu elektronisten, ohjelmitavien sensorien verkottamiseen, järjestelmien suojauksessa on otettava huomioon uudet informaationsodankäynnin uhat, kuten vastustajan eSigint-toiminnot sekä harhatietojen levittämisen ja radiotaajuisten aseiden uhat.

Linkittämällä spektrin ja tilan eri alueilla toimivat sensorit, laajakaistaisilla siirtoyhteyksillä ja fuusioimalla niiden tieto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kyetään vähentämään harhauttamis- ja häirintäjärjestelmien sekä toimenpiteiden vaikutusta ja luomaan operatiivis-taktiselle tasolle taistelunkestävä tilannekuva suunnittelun ja maalittamisen perustaksi.

Partiotiedustelulla voidaan hankkia tietoa vastustajan kohteesta, keskityksistä tai aikomuksista. Lisäksi partiota voidaan käyttää maalinosoitukseen, tuholaistoimintaan ja vangin sieppaukseen/vapauttamiseen. Partiotiedusteluun syvällä vihollisen alueella käytetään ensisijaisesti tehtävään erikseen koulutettuja kaukopartiointiin kykeneviä tiedustelu- tai erikoisjoukkoja. Partiotiedustelun aikana partio voi käyttää eri tiedustelulajien keinoja tehtävänsä edellyttämän tiedon hankintaan. Partiotiedustelun suurin uhka on sen paljastumisherkkyys ja siten partion toiminta-ajan lyhyys. Strategis-operatiivisessa tiedustelussa partiotiedustelua tulee käyttää ensisijassa varmentamaan muilla tiedustelulajeilla hankittua tietoa erittäin tärkeissä kohteissa ja siihen liittyen mahdollisesti tulen osoitukseen tai kohteen tuhoamiseen. Partiotiedustelun menetelmin ei kyetä kattamaan kuin strategis-operatiivisen tiedustelun kaikkein keskeisimmät kohteet tai suunnat ja yleensä hyvin rajoitetun ajan ratkaisutaisteluun liittyen.

Salainen tiedustelu tulee säilyttämään asemansa. Salaisella tiedustelulla ymmärretään kaikkia sellaisia menetelmiä, joissa tietoa hankintaan salaa ja lakien vastaisesti tapahtuvilla tavoilla kuten varastamalla, harhauttamalla ja soluttautumalla sisään organisaatioihin ja järjestelmiin. Tällaiseen toimintaan teknologian kehittyminen tuo yhä moninaisempia ja vaikeammin havaittavia keinoja ja välineitä. Koska tiedon määrä kasvaa edelleen räjähdysmäisesti ja toisaalta tieto säilytetään, siirretään ja käsitellään yhä enemmän salattuna, kehitetään keinoja, joilla teknisiä välineitä voidaan viedä sisälle tietovarastoihin tai ainakin niiden ulostulopisteisiin, josta tietoa pyritään sieppaamaan suuria määriä salaamattomana. Tällaiseen toimintaan kehitetään henkilötiedustelun ja erilaisen teknisen tiedustelun keinojen yhdistelmiä ja malleja.

### 2.3.3 Tiedon prosessointi, analysointi ja jakaminen

Nykyaikaisessa sodankäynnissä etulyöntiasemassa on se, joka pystyy nopeimmin yhdistämään kaiken tiedon sekä muodostamaan siitä mahdollisimman oikean tilannekuvan ja ymmärryksen (tilannetietoisuuden, situation awarness) päätöksenteon perusteeksi.

Päätöksenteon prosessin (havainnointi – arviointi – päätös – toiminta, ns. OODA-loop, Observe, Orient, Decide, Act) nopeutuessa on myös kyettävä nopeuttamaan perinteistä tiedusteluprosessia (tiedon keräys – prosessointi – analysointi – tiedon jakaminen), joka tapahtuu päätöksentekoprosessin kahden ensimmäisen vaiheen välissä.

Tiedon keräämistä ei juurikaan voi enää nopeuttaa nykyisestä, koska se on teknisiä keräämismenetelmiä käytettäessä lähes reaaliaikaista. Näin ollen tilannekuvan muodostamisen nopeuttaminen on toteutettava prosessointia ja analysointia sekä tiedon jakelua nopeuttamalla.



Merkittäviä keinoja kokonaistoiminnan nopeuttamiseksi ovat järjestelmien horisontaalinen integrointi, tietojen yhdistäminen (fuusio) ja antaminen tarvitsijoiden käyttöön samanaikaisesti kaikilla päätöksenteon tasoilla (taistelutekninen – taktinen – operatiivinen – strateginen). Eri tiedon käyttäjät voivat myös edelleen jakaa tiedot jalostettuina muiden käyttöön saman järjestelmän avulla. Tähän antavat todellisen mahdollisuuden nykyajan tietoyhteiskunnassa käytettävät viesti- ja tietojärjestelmät.

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien keskeisin kehittyminen liittyy tietojen käsittelyyn, eli yhdistämiseen ja fuusiointiin sekä analysointiin. Tiedon yhdistäminen aloitetaan sensoripäässä (sensor fusion), jonka jälkeen toteutetaan järjestelmätasolla eri tietolähteistä saadun fuusioidun tiedon yhdistäminen (datafusion) maalitilannekuvaksi (target situation picture, TASP). Tämän jälkeen toteutetaan eri tiedustelulajien ja -menetelmien avulla saatujen tietojen yhdistäminen ja analysointi (information fusion) ensin tunnistetuiksi ilma-, meri- ja maatilannekuviksi.

Puolustushaarat tarvitsevat tulevaisuudessa omassa toimintaelementissään tapahtuvan toiminnan suunnitteluun, johtamiseen ja seurantaan optimoituja tietojärjestelmiä ja -sovelluksia. Näiden avulla muodostetaan yhteiseen maalitilannekuvaan perustuvat, tunnistetut maa-, meri- ja ilmatilannekuvat. Verkkoon perustuva tiedustelu- ja valvontajärjestelmä mahdollistaa tiedon keräämisen yhteiseen puolustushaaroista ja toimialoista riippumattomaan tietoverkkoon, jossa maalit fuusioidaan operatiiviseksi tilannekuvaksi. Tilannekuvan saa jokainen tiedon tarvitsija käyttöönsä oman tehtävänsä edellyttämässä laajuudessa. Näin tiedustelu- ja valvontatieto on lähes reaaliajassa käytettävissä kaikilla päätöksentekotasolla (horisontaalinen integraatio).

Operatiivisen tilannekuvan pohjalta toteutetaan vertailu tietovarastoihin ja toimintamalleihin, jonka perusteella suoritetaan uhka-analyysjä (situation threat assessment, STA). Operatiivisella tasolla tehdään uhka-arvioita vertaamalla tietoja tunnettuihin signaali- ja ryhmitystietoihin, tunnistustietoihin, asejärjestelmätietoihin, tapahtumatietoihin, häirintätietoihin, yms. tietoihin ja mikäli näissä huomataan muutoksia, tiedot päivitetään ao. tietovarastoihin. Operatiivisen tason uhka-analyysissä käytetään automaattisia algoritmeja ja myös tekoälyä arvioiden tekemiseen. Toiminta tuottaa selvityksiä ja lyhyen aikavälin ennusteita sotilasjohdon käyttöön.

Strateginen ennakkovaroitus kohdemaan tai maailman sotilaallisesta tilanteesta edellyttää pitkäjänteistä Sigint-, Imint- ja Osint-analyysia ja tutkimusta sekä sotilaspolitiikan yleistä seuranta. Vaikkakin tietokoneita käytetään yhä enemmän tiedon analysoinnissa (vertailussa, lajittelussa, luokittelussa, yms.), niiden kyky havaita ja analysoida heikkoja signaaleja (ennusmerkkejä) on rajallinen ja riippuu ihmisen kyvystä ohjelmoida järjestelmiä. Näin ollen strategisella tasolla tarvitaan edelleen ja vielä tarkastelujakson lopullakin hyvin koulutettuja ja kokeneita tutkijoita (analyttikkoja), jotka tuottavat pitkän aikavälin arvioita ja ennusteita (perusteita) ylimmän sotilas- ja poliittisen johdon päätöksenteon tueksi.

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien verkottaminen parantaa tiedustelussa ja valvonnassa syntyvien tulosten hyödynnettävyyttä asevoimissa ja valtion johdossa. Merkittävä asia on myös prosessoinnin ja analysoinnin kehittäminen tiedon tuottamisen, tiedon hal-

linnan ja tiedon hyväksikäytön osalta. Käyttöön tulee verkkojulkaisujärjestelmiä, joissa tietojen hallintaratkaisuisa tärkeänä perusvaatimuksena on tietoturvallisuus. Järjestelmät tukevat tulosten tallentamista, jakamista ja etsimistä mahdollisimman yksinkertaisesti luonnollisena osana tiedustelu- ja valvontaprosessia. Verkkojulkaisujärjestelmä mahdollistaa hyödyllisten taustatietojen jakamisen tiedustelu- ja valvontajärjestelmän ja sen alajärjestelmien (sensorien) tehtävien suunnittelijoille ja järjestelmien käyttäjille (ml. operaattorit).

## 2.4 Johtopäätöksiä

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien kehitys parantaa tilannetietoisuutta ja tiedon hallintamahdollisuuksia. Tavoitteisiin päästään puolustushaaroista riippumattomalla verkkoon perustuvalla tiedustelu- ja valvontajärjestelmällä, jossa tiedustelu- ja valvontatiedon keräys ja analysointi on hajautettu ja jossa tieto jaetaan horisontaalisesti kaikille tiedon tarvitsijoille.

Tiedustelu- ja valvontatieto hankitaan verkotetulla ja monipuolisella sensorijärjestelmällä, jonka osat voivat olla sijoitettuna avaruuteen, ilmaan, veden alle tai maanpinnalle. Järjestelmän kehityksessä näyttelee merkittävää osaa teknologian kehitys, mutta ihminen tulee olemaan edelleenkin ratkaisevassa asemassa strategisen tiedon analysoinnissa sekä johtopäätösten ja ennusteiden laatimisessa.

Avaruuden hyödyntäminen johtaa korkeisiin kustannuksiin, mistä syystä satelliittijärjestelmien operointi muovautuu, suurvaltoja lukuun ottamatta, sotilas-, siviiliviranomais- ja kaupallista toimintaa tukeviksi palveluiksi. Tulevaisuudessa on mahdollista hankkia satelliittien ja niiden sensorien ohjelmointioikeuksia sekä ostaa käyttöoikeuksia eri maiden ja yritysten operoimien kuvaus- sekä valvontajärjestelmien palveluihin.

Tilannetietoisuuden parantuminen johtaa vaikuttamisjärjestelmien suorituskyvyn parantumiseen. Tarkastelujaksolla keskeistä kehitystä tapahtuu operatiivis-taktisella tasalla pienten liikkuvien maalien havaitsemisessa, pitkän kantaman aseiden maalinosoituksessa, täsmävaikuttamisessa sekä omien maalien tunnistamisessa.

Verkostuneen tiedustelu- ja valvontajärjestelmän robustisuus lisää järjestelmän taistelunkestävyyttä erityisesti kehittyvää elektronista vaikuttamista vastaan. Näin ollen järjestelmää ei voida täysin lamaannuttaa vastapuolen häirinnän tai harhautuksen seurauksena. Myös järjestelmän sisältämien sensorijärjestelmien taistelunkestävyys parantuu ohjelmistopohjaisen kehityksen myötä.

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmillä luotu ja operatiivisten sekä taktisten johtajien käytössä oleva yhtäläinen operatiivinen tilannekuva mahdollistaa pienemmillä joukkokoonpanoilla toimimisen ja vastustajan keskeisiin kohteisiin vaikuttamisen yhä laajemmalla alueella.

Verkkoon perustuva toiminta on haavoittuvaa fyysiselle ja elektroniselle vaikuttamiselle mikäli tiedonsiirtoalustassa turvaudutaan kiinteisiin tiedonsiirtojärjestelmiin. Muuntu-

miskykyisen ja joustavan tiedonsiirtoalustan muodostamiseksi verkoissa tullaan käyttämään laajakaista-, ad hoc- ja satelliittitietoliikenneteknologioiden suomia mahdollisuuksia.

Vielä 2020-luvulla tiedustelu- ja valvontajärjestelmät tulevat olemaan hybridejä joissa integroidaan teknisesti ja toiminnallisesti yhteen eri sukupolvien sensori-, tietoliikenne- ja alustaratkaisuiden tekniikkaa. Tästä johtuen järjestelmien hallinnan osaamisen merkitys tulee kasvamaan. Toisaalta tiedustelu- ja valvontajärjestelmän ja sen osajärjestelmien ylläpito yksinkertaistuu ohjelmistopohjaisen kehityksen myötä. Verkkoon perustuva järjestelmä mahdollistaa ohjelmistojen logistisen tuen oikea-aikaisesti ilman materiaalin ja ihmisten kuljetuksessa tapahtuvia viiveitä.

## 2.5 Teknologiset megatrendit

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien kehittämiseen liittyviä teknologisia megatrendejä ovat:

- Informaatio-, nano- ja bioteknologiat, joita hyödynnetään tiedustelu- ja valvontajärjestelmien yleisessä kehittämisessä.
- Tietoliikenne- ja tietojärjestelmäteknologiat, jotka mahdollistavat verkostosodankäynnin kehittämisen. Tietokone ja niitä yhdistävät verkot ovat tiedustelu- ja valvontajärjestelmän ydin ja voimanlähde. Tietokoneiden nopeuskehitys on nanoteknologian kehityksen tulosta.
- Sensoriteknologiat (tutkat, Sigint- ja Imint-sensorit) ja näiden hyödyntämiseen liittyen data- ja informaatiofuusion kehittäminen. Tutkatekniikassa kehitys johtaa ohjelmistotutkiin, joissa tutkan ohjelmistoa vaihtamalla yksi ja sama tutka voi toimia, joko aktiivisesti tai passiivisesti, laajalla taajuusalueella eri tehtävissä. Tutkateknistä kehitystä tapahtuu myös pienten liikkuvien maalien ilmaisussa ja tunnistamisessa maanpinnalta.
- Avaruuden käytön teknologiat, jotka liittyvät satelliittialustaisten tiedustelu- ja valvontajärjestelmien, viestijärjestelmien ja paikantamisjärjestelmien lisääntymiseen ja myös hyökkäyksiin näitä vastaan. Satelliittitiedustelussa käyttöön tulee hyperspektirikuvaus, joka soveltuu normaalin tiedustelun ohella myös vastustajalle aiheutettujen vahinkojen tiedusteluun.
- Ihminen-järjestelmä rajapintateknologiat, jotka liittyvät tiedustelujärjestelmien (johdantajärjestelmien) käyttöliittymien kehittämiseen. Tavoitteena on tiedon visualisointi eli tiedon esittäminen sellaisessa muodossa, että se tukee nopeaa ja optimaalista päätöksentekoa. Tätä kehitystä vauhdittaa visuaalisen analytiikan (visual analytics) tutkimukset.

## 3. JOHTAMISJÄRJESTELMÄT

Kirjoittajat 2004:

Insevl Mika Hyytiäinen, Pääesikunta Johtamisjärjestelmäosasto

Prkenr Jarmo Lindberg, Pääesikunta Operatiivinen osasto

Evl Juha Mattila, Pääesikunta Johtamisjärjestelmäosasto

Päivitys 2008:

Maj Juhana Nenonen, Pääesikunta Johtamisjärjestelmäosasto

*War is a product of its age. The tools and tactics of how we fight have always evolved along with technology. We are poised to continue this trend. Warfare in the Information Age will inevitably embody the characteristics that distinguish this age from previous ones. These characteristics affect the capabilities that are brought to battle as well as the nature of the environment in which conflicts occur. Often in the past, military organizations pioneered both the development of technology and its application. Such is not the case today. Major advances in Information Technology are being driven primarily by the demands of the commercial sector. Furthermore, Information Technology is being applied commercially in ways that are transforming business around the globe.*

### 3.1 Johdanto

Johtamisjärjestelmiä tarkastellaan tässä luvussa länsimaisesti keskeisenä sodankäynnin muutosvoimana, yhtenä kolmesta uuden sodankäyntitavan peruspilarista tulen käytön ja logistiikan rinnalla ja niiden sisällä, johtamisen muutoksen mahdollistajana. Teknisiä yksityiskohtia on tietoisesti pyritty välttämään ja monimutkaisia asioita pelkistämään, jotta asia olisi ymmärrettävissä ilman syvällistä teknistä tietoa. Tavoiteasettelujen toteuttaminen vaatii monen nykyisen ongelman ratkaisemista.

Lähtökohtana on Yhdysvaltojen ja Naton jo päättämä kehityssuunta, joka ohjaa tulevaisuutta sekä lyhyellä että pidemmällä aikavälillä. Lähitulevaisuuden kehityksen pääpaino on yhteistoimintakyvyn kehittämisessä laajalla rintamalla. Uusimman tekniikan käyttöönotto tapahtuu viiveellä, koska sidosryhmiä on paljon. Suurin vastaamaton haaste on johtamisjärjestelmien käyttäminen epäsymmetristen uhkien torjuntaan, jota vain sivutaan; aihepiiri on suomalaisittain lähinnä sisäistä turvallisuutta.

Lähiajan kehitystä tarkastellaan vuosikymmenen loppuun mennessä, jolloin nyt määriteltyjen kykyjen pitäisi olla käytössä. Tärkeimpänä lähteenä ovat Naton yhteensopivuusrakenteet ja verkkoavusteisen sodankäynnin ohjelma<sup>1</sup>. Pidemmällä aikajänteellä tärkein lähde on Yhdysvaltojen Joint Vision 2020 ohjelma sekä sen myötä kehittyvä verkkokeskeisen sodankäynnin (NCW, Network Centric Warfare) doktriini.

Yhdysvallat on ainakin seuraavan vuosikymmenen ajan kehityksen kärkimaa. Se pyrkii käyttämään 18 kuukauden kehitysrytmiä, jolla uudet askeleet testataan ja menestykset

<sup>1</sup> NNEC -termi otettiin käyttöön vuonna 2003 ja siitä on käynnissä 18 kuukauden mittainen kymmenen maan rahoittama tutkimus. Keskeinen käytännön toimija on Naton transformaatioesikunta ACT. Termin alkuperämaa on Iso-Britannia. Nopein kehitys on odotettavissa Naton nopean toiminnan joukon (NRF, NATO Response Force) kehittämisessä.

tuodaan käyttöön. Rakenne on joustava perustuen jatkuvaan muutokseen ja oppimiseen. Naton transformaatio seurannee Yhdysvaltoja kuitenkin siten, että yhteinen osa jää edelleen jälkeen. Naton maista Iso-Britannia, Kanada ja Saksa seurannevat Yhdysvaltoja, mukana ovat myös Australia ja Ruotsi.

Suomella on tietämys korkeimmasta tekniikasta, mutta puolustusvoimien kyky ottaa tekniikkaa käyttöön leveällä rintamalla on rajoitettu. Suuri sodanajan armeija vaatii edelleen kehittämään omintakeisia ratkaisuja. Kansainvälisessä toiminnassa Naton mukana kehittyminen riittää, muttei tuota merkittävää teknistä lisäarvoa uskottavalle puolustuskyvylle.

## 3.2 Perusteet

Tietoon liittyvinä käsitteinä käytetään seuraavia:

- Data on jäsentymätöntä, sensorien<sup>2</sup> tuottamaa raaka-ainetta.
- Informaatio on dataa, joka on liitetty asiayhteyteen esimerkiksi paikan ja ajan suhteen<sup>3</sup>.
- Tietämys on jalostettua ja yhdistettyä informaatiota, johon liittyy tulkinnallinen aspekti.
- Ymmärrys arvottaa tiedon ja antaa sille merkityksen osana kokonaisuutta.
- Näkemys määrittää suunnan, johon pyritään.

Data on johtamisjärjestelmän kannalta raaka-ainetta, josta tiedustelu- ja valvontajärjestelmät luovat osin automatisoidulla käsittelyllä informaatiota. Johtamisjärjestelmä esittää informaatiota käyttäjille, jotka muodostavat sen avulla tietämystä taistelukentän tapahtumista. Päätöksenteko perustuu aina tietämykseen. Ymmärrys on järjestelmän käyttäjän ominaisuus, samoin näkemys.

Yhdysvaltojen näkemyksen mukaan teknologialla hankittu ylivoima on todellista vasta kun se on muokattu ylivoimaiseksi tietämykseksi ja päätöksiksi (päättöylivoima) sekä päätöksen mukaiseksi toiminnaksi (toteutusylivoima).

Verkottuneen taistelun avaintekijä on yhteentoimivuus, joka tarkoittaa järjestelmien ja joukkojen kykyä tuottaa ja käyttää toistensa tekemiä palveluja siten, että yhteistoiminta on tehokasta. Yhteentoimivuus on vaatimuksena sekä puolustushaarojen välillä (joint), operaatioihin osallistuvien eri maiden joukkojen välillä (multinational) että eri turvallisuusalojen välillä (interagency). Tietoylivoima (information superiority) on kyky kerätä (collect), käsitellä (process) ja välittää (disseminate) keskeytymätön tietovirta samalla, kun se kiistetään vastustajalta.

Tietoylivoiman oletetaan syntyvän nelivaiheisen prosessin tuloksena:

- Datan ja informaation hallinta: kattavuus, monipuolisuus, resoluutio, dynamiikka, ajantasaisuus, tekninen laatu, kyky saada informaatio käyttöön johtamisprosessin tueksi.

<sup>2</sup> Sensorilla tarkoitetaan tässä myös ihmisiä heidän tekemiensä havaintojen osalta.

<sup>3</sup> Ihmisten tuottama tieto on pääsääntöisesti informaatiota. Havainto (data) prosessoituu aivoissa lähes aina informaation tasolle.

- Prosessointi: Lisäarvon tuottaminen informaatiolle analyyseilla.
- Visualisointi: Tulosten visualisointi siten, että johtamisprosessiin osallistuville ihmisille syntyy oikea ymmärrys tilanteesta.
- Jakaminen: Datat, informaation ja tietämyksen välittäminen sekä ymmärryksen kommunikointi eri johtamistasojen ja linjojen välillä siten, että syntyy yhteinen ymmärrys.

Tiedonsiirto- ja tiedonkäsittelytekniikoiden voimakas kehittyminen ovat jo teknisesti mahdollistaneet kaksi ensimmäistä vaihetta ja ovat lähiaikana mahdollistamassa kolmatta. Neljäs vaihe on käynnissä, mutta sen toteutuminen vaatii toimintakulttuurin muuttamista ja syventämisen tekniikan kehittämistä edelleen sekä ennen kaikkea tekniikan määrän kasvattamista alemmilla tasoilla. Merkittävin integraatio tapahtuu taisteluteknisellä tasalla<sup>4</sup>. Informaatioajassa uusi piirre on tekniikka kerätä ja automatisoidusti hyödyntää massamaista dataa vastustajasta, omista joukoista ja ympäristöstä. Tiedon laadulliset ominaisuudet korostuvat määrän ohella. Mitä enemmän tietoja kerätään ja niitä käytetään, sitä heikompi on järjestelmän väärän tiedon kestokyky.

Sodankäynnin muuttuessa kriisinhallintapainotteiseksi ja epäsymmetriseksi ennakkoinnin ja suunnittelun sijaan, on alettu korostaa reagointikykyä. Samalla välijohtoportaiden roolia itse taistelun johtamisessa kavennetaan, joka johtaa matalampiin organisaatioihin. Tietotekniikka mahdollistaa myös useampien alaisten johtamisen, aiemmasta 3–5 alaisesta on siirrytty jopa viisinkertaiseen alaisten lukumäärään. Synkronointi tapahtuu tällöin pääosin joukkojen välillä vertikaalisesti, joka edellyttää johtamisjärjestelmältä verkkoista rakennetta.<sup>5</sup>

Viranomaisyhteistyön korostuminen uusissa kriisimalleissa vaatii kokonaan erilaisten johtamiskulttuurien yhteensovittamista. Perinteisesti yhteistoiminta on tapahtunut keskusvirastotasolla, tulevaisuudessa painottunee taktisen ja taisteluteknisen tason yhteistoiminta. Haasteeseen vastaaminen eri maissa on vasta alussa, myös Suomessa.

Digitointi linkittää tietoliikenne- ja johtamisjärjestelmän avulla ne taistelukentän järjestelmät, jotka keräävät, varastoivat, prosessoivat, lähettävät tai käyttävät informaatiota. Digitointi tukee myös logistiikkainformaatiota, koulutusta ja tehtäväkohtaista harjoittelua. Ajantasaisen digitaalisen kartan ja sen tehokkaan visualisoinnin merkitys erityisesti asutuskeskuksissa kasvaa ja paikkatietoaineistot tukevat myös graafista ja kirjallista käsitystä, tilannetietoisuutta, tulitukipyynnöjä sekä suunnittelu- ja logistiikkatoimintoja. Päätöksenteon tukijärjestelmät kypsyvät tekoälyn, virtuaaliodellisuuden ja sulautettujen sotapeliin avulla. Muutosta nopeuttaa taistelujoukkojen määrän merkittävä pieneminen uhkakuvien muuttuessa. Samanaikaisesti panostus tietotekniikan käyttöön on edelleen kasvanut. Kehitys aikaansaa tilanteen, jossa erot tietotekniikan hyödyntämisessä sekä armeijoiden välillä että sisällä kasvavat voimakkaasti.

<sup>4</sup> Alan keskeisen tutkijan John. J. Gartskan näkemys. Yleisemmin puhutaan sensor – shooter suorasta yhteydestä.

<sup>5</sup> Kuvattu syy – seuraussuhde voidaan esittää myös tekniikkalähtöisesti, kaikki osat liittyvät muihin. Johtamisen muutoksen vahvuus määräytyy sen mukaisesti, millä kaikilla alueilla muutokset tehdään ja kuinka syväälle ne viedään. Läntisissä erikoisjoukko-operaatioissa voidaan jo syystä puhua vallankumouksesta.

Digitalisoitujen joukkojen taisteluharjoituksissa Yhdysvalloissa on tunnistettu uusia uhkia:

- Eri toimijoilla on taipumus ”surffata verkossa”. Pääsy tietoverkon virtuaalimaailmaan seuraamaan taistelua muualla voi viedä huomiota pois omasta toiminnasta.
  - Komentajat eivät uskalla päättää vaillinaisen tiedon perusteella, vaan he jäävät odottamaan kuvan lopullista selkenemistä. Vastustaja sen sijaan toimii ja pitää aloitetta hallussaan.
  - Komentajat alkavat johtaa etulinjan pieniä yksiköitä ohi usean johtoportaan, koska he kokevat omaavansa parhaan tilannekuvan. Hyväkään visualisointi ei kuitenkaan voi korvata itse paikan päällä olemista.
  - Johtaminen on pian kokonaan tietokoneiden varassa. Jos virta katkeaa, ei ole enää manuaalista varamenetelmää, johon palata.
  - Mikäli tietoverkkoa ei koeta luotettavaksi, uhkana on sen käyttämättä jättäminen.
- Johtamisen muutoksen vahvuus määräytyy sen mukaisesti, millä kaikilla alueilla muutokset tehdään ja kuinka syväälle ne viedään. Läntisissä erikoisjoukko-operaatioissa voidaan jo syystä puhua vallankumouksesta.

Uhat ovat pääosin ihmisen toimista johtuvia ja / tai kulttuurisia. Vain viimeinen kohta liittyy tekniikkaan ja sekin lähinnä välillisesti. Uhat on tiedostettava myös Suomessa.

## 3.3 Kehitys lähitulevaisuudessa

### 3.3.1 Integraatio ohjaavana tavoitteena

Kansainvälisen ja viranomaisten välisen yhteistoimintakyvyn tarve sekä Yhdysvaltojen että Naton johtamissa operaatioissa edellyttää integraation merkittävää parantamista. Kylmän sodan aikana alimpana integraatiotasona oli yhtymä, jonka alapuolella käytettiin kansallisia rakenteita ja koordinaatio joukkojen välillä toteutettiin vastuualueilla. Nykyisellä taistelukentällä eri maiden joukot toteuttavat yhteistoimintaa pataljoonan tasalla ja sen alapuolella tilanteessa, jossa rintamalinjoja tai vastuualueita on vaikea määrittää. Omien tappioiden välttämiseksi ja toimintojen koordinoimiseksi pääpaino integraatiossa on taisteluteknisellä tasolla, ”kentällä”. Koska joukkokoalitiot ovat heterogeenisiä, usein ad hoc tyyppisiä ja nopeasti muuttuvia, lähiajan konkreettinen tavoite on omien joukkojen tilanteen reaaliaikainen ja automaattinen seuranta, ns. blue force tracker.



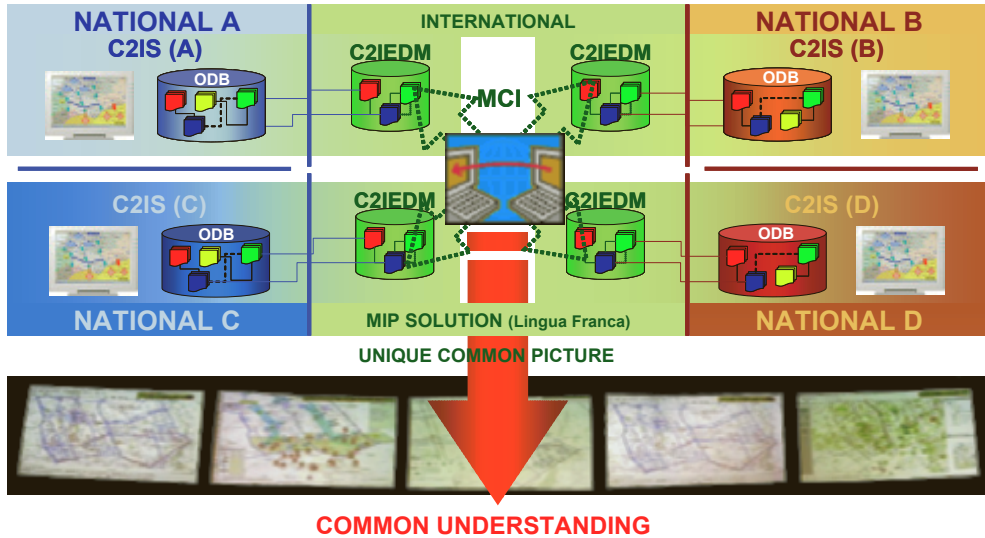
**Kuva 1.** Blue Force Tracking, toiminnallinen periaate.<sup>6</sup>

Naton integraatiokehys on kokonaisuus, joka muodostuu yhdenmukaisesta arkkitehtuurikehikosta, teknisestä arkkitehtuurista, tietomalleista ja standardeista sekä testausrakenteista.

Multilateral Interoperability programme, MIP, on hyvä esimerkki taktisen tason tilannekuvan integroinnista. Ohjelma käynnistyi maavoimien ATCCIS- tietomallin pohjalta ja laajentui siinä määrin, että vuoden 2004 alussa sen todettiin korvaavan Naton virallisen referenssitetomallin. Ohjelma on jo tuottanut sanomatason rakenteen ja on kehittänyt vuoteen 2007 mennessä informaatiotason integroinnin mahdollistavan JC3IEDM-tietomalliin. Malli on otettu käyttöön NATON stanagina 5525. Myös Yhdysvallat ovat ottamassa rakenteet käyttöön. Seuraava askel on suunnitelma- ja ennustetason integraatio vuosikymmenen loppuun mennessä. Suomi liittyi ohjelmaan jäseneksi marraskuussa 2003.

<sup>6</sup> NC3A TN-1322, Appendix A - Figures (v 0.06)





**Kuva 2.** MIP integraation periaate. Tietojen vaihto automatisoidaan joko sanomilla tai tietokantamekanismeilla siten, että tilannekuva saadaan yhteiseksi. Lähde: <http://mip-site.org>, MIP Standard Briefing

Tietointegraatio on perusta muulle antaen yhteiset käsitteet kuvata tilannetta. MIP ohjelman rinnalla on useita puolustushaarakohtaisia ohjelmia. Shared Tactical Ground Picture (STGP) -ohjelma<sup>7</sup> pyrkii määrittelemään yhteisen kehyksen, joka kattaa usean mallin lisäksi siirtoprotokollan, johtamisjärjestelmän perusrakenteen sekä esittämistävat. Vastaava kehitys on käynnissä myös OMG:n<sup>8</sup> avoimessa SOPES-ohjelmassa. Nato on käyttänyt merkittävän panoksen myös sanomien ja niihin liittyvien protokollien standardointiin.

Teknisellä aselavettitasolla datalinkit tuottavat käytännön integraatorajapinnan. Kehitteillä on vahvimmin LINK16- standardi<sup>9</sup>, joka on jo käytössä ilmasta tapahtuvan toiminnan johtamisessa. Läntiset kärkevät saavuttanevat kattavan kyvyn muutaman seuraavan vuoden aikana, mutta laitteiden ja ohjelmistojen kalleus vaikeuttavat tekniikan laajentumista pienemmille partnereille. Pidemmällä yhteys väleillä kehitetään voimakkaimmin LINK 22 standardia.<sup>10</sup>

Erilaiset yhteensopivuutta testaavat harjoitukset ovat kasvattaneet merkitystään. Suurin johtamisjärjestelmälän harjoituskokonaisuus on Yhdysvaltojen vuonna 1989 aloittama Combined Warrior Interoperability Demonstration (CWID), joka laajeni monikansalliseksi vuonna 1997. Tällä hetkellä harjoituksen vuosibudjetti on noin 100 miljoonaa

<sup>7</sup> STGP osallistujina ovat Yhdysvallat, Iso-Britannia, ranska, Saksa, Italia, Kanada ja Norja. STGP = (CAESAR Plus) + (MIP + INTEL) + (C2 Architecture) + (Data Display and Management) + TTP

<sup>8</sup> Object management Group (OMG) on yritysten ja käyttäjäosapuolten yhteistoimintajärjestö, joka pyrkii yleisten standardien kehittämiseen. Shared Operational Picture Exchange Service (SOPES) on yksi sen ohjelmista

<sup>9</sup> LINK 16 perustuu aallonpituuksiin, jotka etenevät suoraviivaisesti ja on parhaimmillaan ilmasta tapahtuvassa johtamisessa AWACS- tyyppisellä tekniikalla. LINK 22 käyttää HF-alueita ja mahdollistaa siten heijastuksien käyttämisen sekä pidemmät yhteysväli. Yhdysvalloilla ja Natolla on myös kehitettynä tekniikoita, jotka mahdollistavat eri standardien yhteiskäytön.

<sup>10</sup> LINK 16 perustuu aallonpituuksiin, jotka etenevät suoraviivaisesti ja on parhaimmillaan ilmasta tapahtuvassa johtamisessa AWACS-tyyppisellä tekniikalla. LINK 22 käyttää HF-alueita ja mahdollistaa siten heijastuksien käyttämisen sekä pidemmät yhteysväli. Yhdysvalloilla ja Natolla on myös kehitettynä tekniikoita, jotka mahdollistavat eri standardien yhteiskäytön.

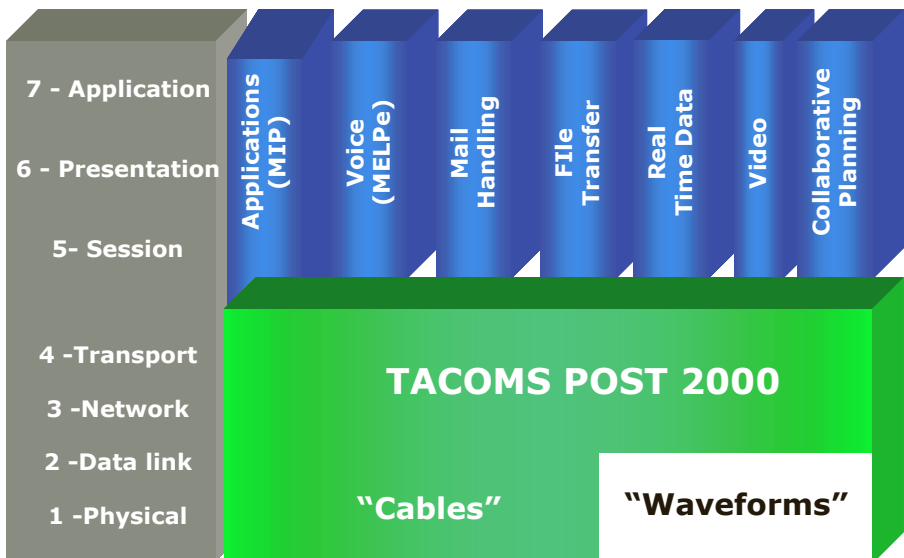
USD. Vuonna 2004 harjoiteltiin kahdessa skenaariossa, toisessa rauhaan pakottamista Afrikassa ja toisessa Yhdysvaltojen kansallista turvallisuutta.

Harjoituksen tavoitteina on testata seuraavia osa-alueita<sup>11</sup>:

- Tiedonvaihtoratkaisuja verkkojen ja järjestelmien välillä sotilas- ja muiden viranomaisten kesken (Multi level security across information domains)
- Tilannetietoisuus (Situational Awareness).
- Menetelmiä fuusoida erimuotoisia tietoja erilaisissa tietokannoissa (Database Fusion).
- Tiedustelutietojen jako (ISR Dissemination).
- Langattoman verkon tietoturva (Wireless Security).
- Verkon suojaus (Coalition Network Defense).
- Logistinen tilannekuva (Logistics Systems).
- Kielenkääntäjiä (Language Translation).
- Information Exchange Gateways

Suomi sai muiden Pfp-maiden mukana kutsun vuoden 2004 harjoitukseen Naton kehityksessä ja toimintaa on tarkoitus jatkaa mahdollisimman laajalla osanottajajoukolla. Yhdysvalloissa harjoituksessa hyväksi todetut tekniikat on saatava kentälle 6–12 kuukauden kuluessa, Naton aikataavoite on pidempi ja siten myös virheiden sietokyky suurempi.

Naton Combined Endeavour (CE) harjoitus on testannut vastaavalla tavalla teknistä yhteensopivuutta. Suomi on osallistunut harjoituksiin jo vuodesta 1997 lähtien. Keskeisessä asemassa CE:ssa on ollut standardointiohjelma TACOMS POST 2000. Ohjelma tuottaa luonnoksia NATO:n stanageihin 4637–4647, joiden tavoitteena on standardoida fyysisen tiedonsiirron rajapinnat ja luoda edellytyksiä informaatiotason yhteisopintikykyille.



**Kuva 3.** Esimerkki TACOMS POST 2000:n toiminnallisista osa-alueista.

<sup>11</sup> Tavoitteet vaihtelevat jonkin verran vuosittain, mutta tietoturvasta, yhteensopivuudesta ja automaattisesta kielenkääntämisestä on tullut vakioaiheita. Vuonna 2004 Nato on korostanut PFP-maiden mukaantuloa.

Yhdysvallat on pyrkinyt kehittämään maiden välistä yhteistyötä Multinational Experiment (MNE) -harjoituksissa vuodesta 2000 alkaen. Poiketen CE ja CWID harjoituksista MNE pyrkii kehittämään ennen kaikkea prosesseja ja tunnistamaan teknisiä kehittämisalueita.

Yhdysvaltojen Joint Forces Command (JFCOM) -esikunta on vastannut vuodesta 2005 alkaen MNE ja CWID -harjoituksista. Koska esikunnalla on keskeinen rooli uuden doktriinin kehittämisessä ja läheinen yhteistyösuhde Naton ACT -transformaatioesikuntaan, voidaan arvioida kyseisten harjoitusten painoarvojen edelleen kasvavan. Niistä tulee sekä teknisiä ”hyväksymistestauksia” yhteisiin operaatioihin että uusien rakenteiden käytännön esittämiskohteita.

Monenvarainen standardointityö on aina hidasta ja pakottaa kompromisseihin. Toisaalta integraatio tapahtuu pienimmän yhteisen nimittäjän kautta. Voidaan arvioida, että kuvattavat rakenteet ovat laajassa operatiivisessa käytössä aikaisintaan 2009 ja synkronoinnin mahdollistavalla tiedon tasolla vasta ensi vuosikymmenellä. Hitaus on tulos kulttuurin ja toiminnan muuttamiseen liittyvästä kitkasta, ei tekniikasta.

Todellinen integraatio kuitenkin tapahtuu vasta kun toiminnan prosessit ja ”ajattelu” on yhdenmukaistettu. Mikäli länsimailla on aitoa halua, yhteensopivuus voi olla mahdollista 2010-luvulla. Koska kyse ei ole tekniikasta, sen ennustaminen ei kuulu tämän tekstin piiriin. Joka tapauksessa verkottumisen alku mahdollistaa muutokset johtamisprosesseissa jo ennen vuosikymmenen vaihdetta.

### 3.3.2 Tiedonsiirtojärjestelmät ja infrastruktuuri

Johtamisjärjestelmien osatekijät kehittyvät voimakkaimmin verrattuna muihin sotilaallisiin järjestelmiin. Erityisesti tietojenkäsittelyn sekä teletoiminnan teknologiat kehittyvät.

Puolijohdepiirien integrointiasteen kehitys noudattaa edelleen ns. Mooren lakia, jonka mukaan yhdelle sirulle integroitujen piirien määrä kaksinkertaistuu 18 kuukaudessa. Piiriteknologian kehittymisen lisäksi rinnakkainen prosessointi (samalla kellojaksolla suoritetaan useita yhtäaikaista käskyjä), prosessoinnin hajauttaminen (peer-to-peer computing), järjestelmien virtualisointi sekä aallonpituuskanavoinnin käyttöönotto (WDM) kehittävät tietojenkäsittely- ja tiedonsiirtokykyä.

Yksilön ympärille kyetään rakentamaan personoituja tiedonkäsittely- ja siirtotoimintoja (Personal Area Network). Nämä yksilöverkot kyetään kytkemään toisiinsa ja verkossa oleviin palveluihin aiempaa useammalla vaihtoehtoisella kanavalla (kupari, kuitu, 2,5G, radio, WLAN) kapea- ja laajakaistaisesti, joten yksilöiden verkottuminen, tilannetiedon jakaminen, vuorovaikutuksellinen suunnittelu, päätöksen teko sekä toteutuksen synkronointi on mahdollista laajoissakin verkostoissa.

Verkottuneet yksilöt ovat yhteydessä verkkokeskeiseen tietojenkäsittelystruktuuriin, joka tarjoaa esityspalvelut, sovelluspalvelut, prosessointipalvelut sekä tallennuspalvelut. Näis-

sä tietovoimaloissa kyetään verkottuneella laskentakyvyllä simuloimaan tilannevaihtoehtoja ja esittämään niitä 3-ulotteisesti päättäjille ja toimijoille. Yksilöiden toimintakyvyn joustava muuttaminen on mahdollista tässä simuloidussa oppimisympäristössä.

Liikkumis- ja siirtymiskyvyn edellyttämä langaton viestintä käyttää taajuusspektriä, josta muodostuneen vuosikymmenen lopulla ruuhkainen ja pohjakohinasta aiempaa saastuneempi alue. Lisääntynyt riippuvuus sähköstä, jakeluverkoista ja varastoinnista tekee johtamisjärjestelmistä ja verkoista haavoittuvia. Tietoliikenneprotokollista TCP/IP ja sen variantit valtaavat viestinnän välitysjärjestelmät. Piirikytkentäiset tietoliikennepalvelut siirtyvät pakettikytkentäisen tietoliikennekerroksen päälle virtuaalisesti toteutetuiksi. Pakettikytkentäisen tiedonsiirron palveluluokat ja tehokas reititys tarjoavat taistelunkestävän ja luotettavan välitysjärjestelmän eri verkostoiden viestinnälle. Toisaalta TCP/IP-protokollan yleisyys, haavoittuvuus, eheysongelmat ja sopimattomuus häiriöisille yhteyksille edellyttävät sotilaallisten muutosten kehittämistä erityisolosuhteisiin.

### 3.3.3 Johtamisjärjestelmät

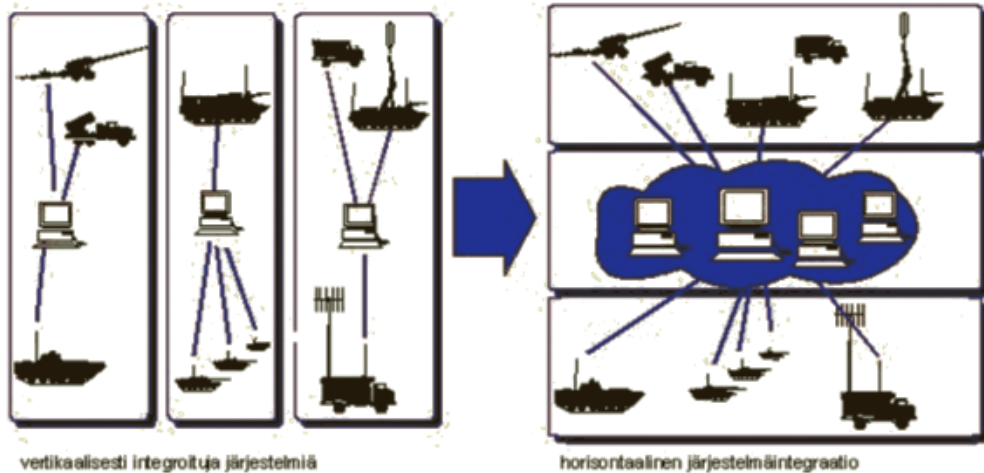
Sovellusten rakenne on tällä hetkellä pääosin rakenteellisesta koodista käännetty tai tulkittu monoliittinen ohjelma. Lähitulevaisuudessa sovellus rakentuu pienemmistä ohjelmista (applet), jotka määritetyillä rajapinnoilla kutsuvat toistensa palveluita ja keskustelevat keskenään. Ohjelmaosat voivat hajautua useammalle prosessille ja eri kirjastoihin, jolloin verkostoitunutta prosessorivoimaa voidaan käyttää tilanteen mukaan optimoiden esimerkiksi simuloinnin toteuttamiseen. Taistelun kestävyys voidaan myös optimoida uhkan mukaisesti, koska ohjelmaosat voidaan joko hajauttaa verkon reunoille tai keskittää yhteen instanssiin.

Sovellusarkkitehtuuri muuttuu nykyisestä kaksitasoisesta client-server toteutuksesta 3–4-tasoisuuden kautta n-tasoiseksi (n-tier client-server), jossa asiakas erikoistuu tietojen näyttämiseen. Esityskerros tarjoaa prosessiperustaiset näkymät 3-ulotteisina, toimintalogiikka hajautuu pieniksi sovelluksiksi ja tietovarastot muuttuvat relaatiopohjaisiksi tai XML-sivupohjaisiksi.

Komponenttiparadigmaan, joka ohjaa johtamisjärjestelmien kehittämistyötä, siirtyminen alkoi Natossa 1990-luvun lopulla. Tekniikka on kuvattu Naton teknisessä arkkitehtuurissa<sup>12</sup>, joka määrittää mm. yhteiset standardit, rakenteet, palvelut ja tuotevalinnat.

Komponentilla tarkoitetaan tietyn toiminnallisuuden toteuttavaa, kaupattavissa olevaa ja omavaraista ohjelmiston osaa, jonka ominaisuuksia ovat helppo asennettavuus ja koptioitavuus, käyttömahdollisuus ennalta arvaamattomissa yhdistelmissä, käyttö rajapinnan kautta ja mahdollisuus kutsua yleisellä tavalla. Komponenttia pitää pystyä erikseen ylläpitämään eikä sen vaihtaminen uuteen saa vaikuttaa järjestelmän muihin osiin.

<sup>12</sup> Naton johtamisjärjestelmien teknisen arkkitehtuurin NC3TA viimeisin versio v5 ratifioitiin tammikuussa 2004. Kokonaisuus on ladattavissa Naton internet-sivustolta.



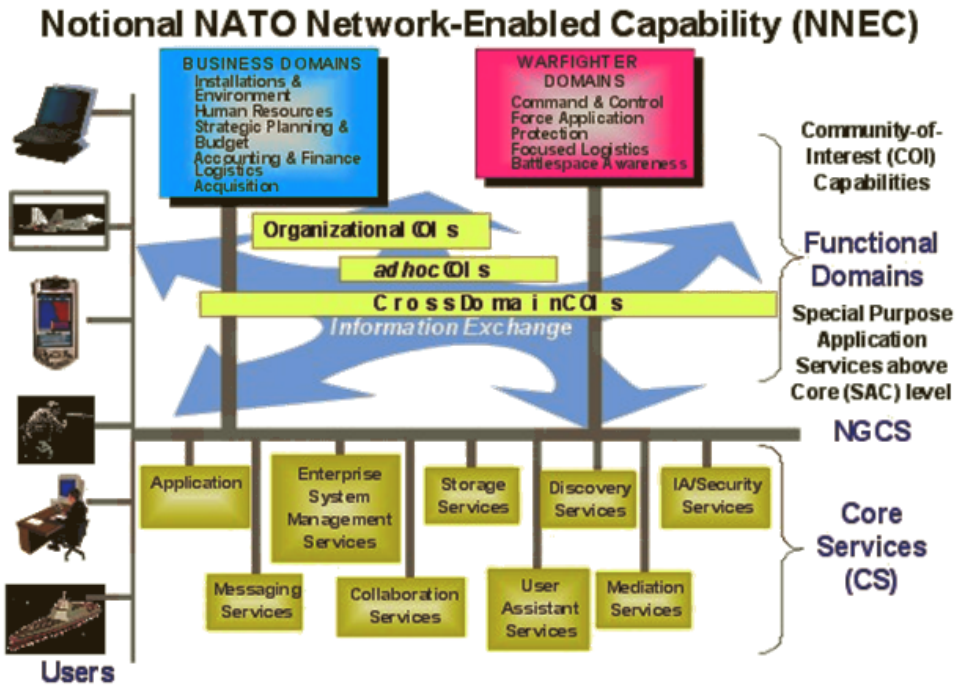
**Kuva 4.** Nykyisen toimialaperusteisen johtamisjärjestelmäputkirakenteen ja uudemman komponenttiparadigman mukaisen tasoratkaisun keskeiset erot<sup>13</sup>

Komponenttien määrittäminen on jo aiemmin aloitettu matalammista OSI-kerroksista kuten tiedon siirtopalveluista, käyttöjärjestelmästä ja tietoturvasta. Nyt kehitys on siirtynyt yhteisiin palveluihin kuten toimistoautomaatioon, paikkatietopalveluihin (GIS) ja sähköpostiin. Samalla kaupallisten ratkaisujen (Commercial-off-the-shelf, COTS) käyttö on laajentunut myös johtamisjärjestelmiin. Kehityksen voidaan arvioida edelleen jatkuvan.

Uutta on avoimeen lähdekoodiin perustuvien ratkaisuiden<sup>14</sup> käyttäminen myös johtamisjärjestelmissä. Asiaa tutkitaan sekä Yhdysvalloissa että Natossa, mutta laajoja päätöksiä kaupallisten suljetun lähdekoodin ratkaisujen hylkäämisestä ei ole tehty. Kyse on lähinnä uskottavuudesta, ylläpidettävyydestä ja kokonaiskustannuksista. Suljettu rakenne ei mahdollista omaa testaamista ja analysointia, kun taas avoin rakenne lisää tietoturvariskejä antaen myös hyökkääjälle paremmat lähtökohdat. Natossa ratkaisut perustuvat ainakin toistaiseksi pääosin kaupallisen suljetun koodin käyttämiseen.

<sup>13</sup> Tekniikan laitoksen julkaisusarja 1, n:o 7/2000, Kosola, Jyri, Solante, Tero: Digitaalinen taistelukenttä - Informaatioajan sotakoneen tekniikka, elokuu 2000.

<sup>14</sup> Open Source Software, OSS.



**Kuva 5.** Naton komponenttien tasorakenne<sup>15</sup>

Alimpana oleva verkkokerros vastaa tietojen siirrosta. Ydin sisältää mm. käyttöjärjestelmän, ikkunoinnin ja tietoturvapalvelut. Infrastruktuuri mahdollistaa teknisesti ja yleiset palvelut rakenteellisesti tietojen vaihdon. Sovellusrajapinnat määrittävät tavan, jolla palveluihin liiyytään. Tavoitetilassa ainoastaan sovellukset ovat toimiala- tai puolustushaarariippuvaisia.

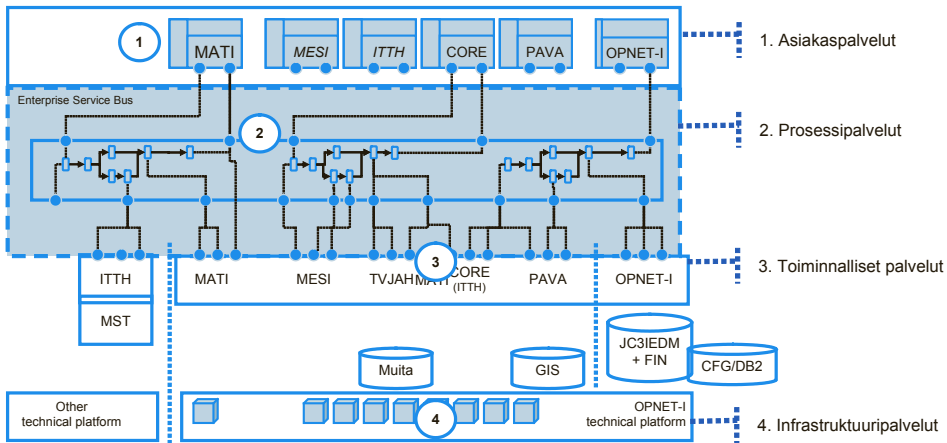
Komponenttiparadigman etuja on perusteltu seuraavasti:

*”The COE concept began with the following observations about C3 Systems: certain functions (e.g. mapping, security, communication interfaces, etc.) are so fundamental that they are required within every C3S. Unfortunately, these same functions are often built over and over again in totally incompatible ways between systems. If these same functions were extracted and implemented as a common set of low-level building blocks, the system designer could use them to build C3S more effectively (i.e. resulting in accelerated project schedules and reduced costs). Furthermore, interoperability would improve substantially since the functional capabilities inherent across so many C3S need only be built correctly once rather than separately for each and every project.”<sup>16</sup>*

Puolustusvoimat siirtyivät 2005 palvelupohjaiseen arkkitehtuuriin osana tietohallinnon rationalisointia (TIERA).

<sup>15</sup> NATO C3 Technical Architecture. <http://194.7.80.153/website/book.asp?menuid=15&vs=3&page=volume2%2Fch03.html>.

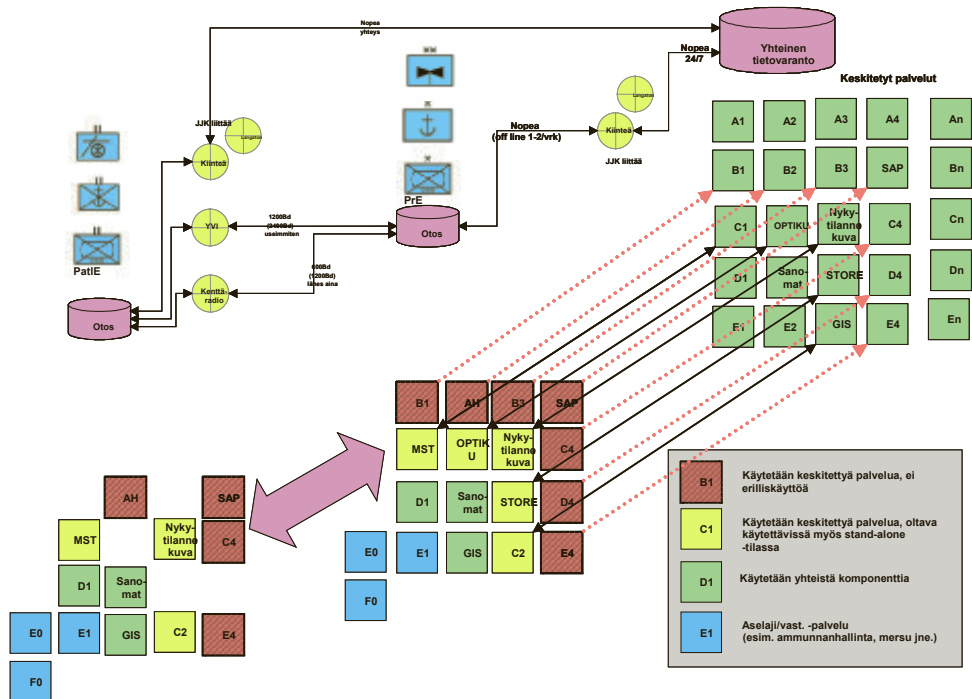
<sup>16</sup> NC3TA v5



**Kuva 6.** Puolustusvoimien operatiivinen referenssiarkkitehtuuri ja eri palvelutyytit

Johtamisjärjestelmä voidaan toteuttaa monen eri tason ratkaisuna. Liikkuivissa tehtävissä asiantuntijajärjestelmät voidaan edelleen toteuttaa stand alone -ratkaisuina, joissa kaikki ohjelmatoiminnot ja tarvittavat tiedot ovat samassa työasemassa tai työasemakokonaisuudessa. Näin käyttäjä on riippumaton tiedonsiirtoyhteyksistä tai voi päivittää tietojään manuaalisesti muistivälineillä tai -sanomilla. Useat niin sanotut johtamislaitteet on toteutettu näin.

Client-server -ratkaisussa ainakin muuttuvat tiedot ovat yhteiskäyttöisellä palvelimella usean käyttäjän saatavilla samanaikaisesti. Tiedonsiirto ratkaisun vahvuudesta riippuen myös prosessointi voidaan kokonaan tai osittain toteuttaa palvelimella. On myös mahdollista pitää staattinen data, kuten suuret paikkatietoaineistot tai kirjastot, työasemassa ja käyttää palvelinta muuttuvien yhteisten tietojen ylläpitämiseen. Tässä tapauksessa osa automatisoiduista analyyseistä voi tapahtua palvelimella. Ratkaisutavan valinta riippuu mm. tiedonsiirtoyhteyksistä ja niiden luotettavuudesta, tietojen muuttumisnopeudesta sekä ohjelmistolisenssien kustannuksista.



**Kuva 7.** Esimerkki keskitetyn palvelupohjaisen arkkitehtuurin skaalaamisesta matalle taktiselle tasolle

Verkkokeskeisessä sodankäynnissä ollaan siirtymässä n-tasoratkaisuiden käyttämiseen. Käyttäjällä on selain tai taustatiedot omaava ja mahdollisesti visualisointiin kykenevä mix client -ratkaisu, mutta itse prosessointi tapahtuu verkon eri kerroksissa. Komponenttialustat kuten CORBA, J2EE ja .NET kykenevät jakamaan käsittelyn eri komponenteille siten, että kuormitusta voidaan tasata ja viansietokykyä parantaa. Kokonaisuuteen on myös helppo lisätä uusia palveluja tai korvata aikaisempia.

### 3.3.4 Sovelluskehitysmallit

Komponenttirakenteen käyttöönotossa myös sovelluskehitysmalli vaatii muutosta. Perinteinen tapa kehittää johtamisjärjestelmiä on paljolti kaupallisista syistä ollut niin sanottu vesiputousmalli, jossa on edetty vaatimusmäärittelystä toiminnan ja teknisen suunnittelun kautta toteutukseen. Jokainen vaihe on hyväksytty, jotta seuraavasta voidaan saada sitova toteutustarjous.

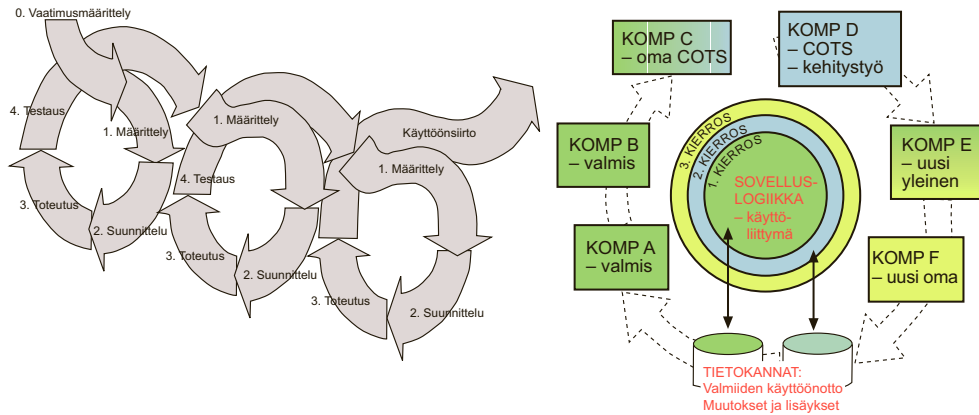
Tällä hetkellä ollaan siirtymässä<sup>17</sup> inkrementaalisen tai evolutionäärisen, yleisemmin iteratiivisen sovelluskehityksen käyttämiseen<sup>18</sup>. Kehittäminen tapahtuu useana kierroksena, joissa määritellään ja toteutetaan osia kokonaisuudesta. Testattavia osia sovelluksesta saadaan nopeammin käyttöön ja niitä on mahdollista tarkentaa saatujen kokemusten

<sup>17</sup> Naton C3-Agencyssa ”vaikeat ja uudet” hankkeet toteutetaan näin, vaikka perinteiset kehityshankkeet on edelleen jaettu osiin toteutettavaksi vesiputousmallilla. Teknisesti iteratiivista kehitystä pidetään parempana, mutta sen käyttöönotto on hallinnollisesti ja kaupallisesti haastavaa. Yhdysvalloissa mallia käytetään laajemmin, koska siellä kehittäminen on perustunut yksittäisen kilpailuttamisen sijaan kumppanuuksiin jo pidemmän aikaa.

<sup>18</sup> NATO C3 Development Policy, DoD C4ISR arkkitehtuuri.



mukaisesti. Lisäksi jo valmiiden osien käyttöönsaanti nopeutuu. Inkrementaalinen kehitys toteutetaan yhtäjaksoisesti ja samalla tekniikalla.



**Kuva 8.** Iteratiivisen rakennusvaiheen toteutusperiaate

Vasemmalla periaatekuva, oikealla nähdään eräs tapa soveltaa mallia eritasoisista komponenteista koostuvan sovelluksen kehittämisessä. Yleisiä komponentteja joudutaan kehittämään usean kierroksen ajan. Valmiit komponentit kannattaa heti alussa liittää osaksi toiminnallisuutta, jotta toimintatavan kehittäminen pääsee vauhtiin. Ensimmäisillä kierroksilla kannattaa myös tehdä vaikeimmiksi arvioidut osuudet riskien hallitsemiseksi.

Monimutkaisissa uusissa toteutuksissa käytetään evolutionääristä mallia. Kukaan kierros tuottaa käyttökelpoisen laajentuvan kokonaisuuden, joka auttaa testaamisen jälkeen kehittämään myös prosesseja. Siten samaan aikaan on jo käytössä osatoteutus kun seuraava vaihetta tehdään pääosin edellisen osan kokemusten perusteella.

Usein inkrementaalista ja evolutionääristä mallia käytetään synonyymeina. Molempien etuna, vesiputousmalliin verrattuna, on kyky vastata nopeasti muuttuviin tilanteisiin sekä toiminnan ja tekniikan kehittäminen rinnakkain, vuoropuheluna. Molempien mallien haasteena on kaupallinen hankinta, koska sopimusta ei voi tehdä tiukkaa määrittelyä vasten kokonaisuutena ja toimittajan vastuu on vaikea määrittää. Itse toteutus vaatii tilaajalta aiempaa merkittävämpää panosta. Edellä mainituista syistä johtuen kehittämisessä ollaan siirtymässä perinteisistä tiukasti kilpailuista hankinnoista pidempiaikaisiin kumppanuuksiin. Vesiputousmalli voi edelleen olla tehokas iteraatioiden sisällä, muttei enää koko järjestelmäkehityksen metodina.

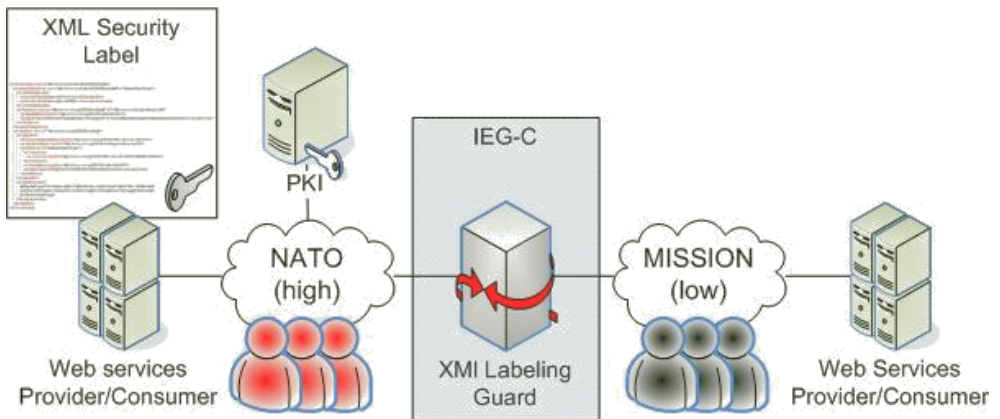
Vesiputousmalli ja inkrementaalinen kehitysmalli eivät ole automaattisesti toisensa poisulkevia. Pitkän aikavälin strateginen suunnittelu tai esimerkiksi kehitysohjelmat voidaan nähdä hitaasti muuttuvina vesiputousmalleina, joiden puitteissa kehitystä pyritään toteuttamaan nopeina inkrementaalisisina sykleinä.

### 3.3.5 Tietoturvan kehittyminen

Tällä hetkellä tietoturva perustuu pääosaltaan johtamisjärjestelmien eristämiseen omiin verkkoihin. Nykyratkaisua, jossa eri tietoturvasot ja salaisissa tiedoissa eri toimijat erotetaan omiin verkkoihin ja kokonaisuus suojataan tunkeilijoilta, kutsutaan verkkojakoiseksi (network centric partitioning). Tiedot joko salataan lähetyksiväleillä tai ne salakirjoitetaan erillisenä prosessina. Symmetrinen salaus on laajassa käytössä, mutta sen avaimistojen hallinta on vaativaa eikä mahdollista joustavuutta. Tietoturvaratkaisuiden voimakas kehittäminen on siten edellytys verkottumiselle ja joustavuudelle.

Siviilijärjestelmissä on lisääntynyt epäsymmetrisen avaimen käyttö, jossa jokaisen verkossa olijan julkinen avain voidaan esittää kaikille ja salaaminen perustuu kunkin käyttäjän salaisiin avaimiin. Rakenne on käytössä lisääntyvissä määrin myös sotilasjärjestelmissä ja sen turvallisuutta on pystytty kehittämään tietokoneiden prosessointikyvyyn kasvaessa.

Jo tällä hetkellä on kehitettynä rakenteita, joissa eri tietoturvasotien tietoja voidaan käsitellä samassa verkossa. Järjestelmä tunnistaa käyttäjät ja tarjoaa näille vain sen tiedon, joka vastaa käyttäjän oikeuksia. Käytössä voi olla suurehko määrä eri turvasotia, yhteisiä tasotia ja kategorioita. Näin verkossa tarvitaan vain yksi työasema. Järjestelmä pystyy vastaamaan osaan eri turvasotien verkkojen yhteenkytkemisen aiheuttamista haasteista, mutta sitä ei pidetä aukottomana.



**Kuva 9.** Esimerkki eri tietoturvaluokkia olevien verkkojen yhdistämisestä automatisoiduin palomuurein<sup>19</sup>

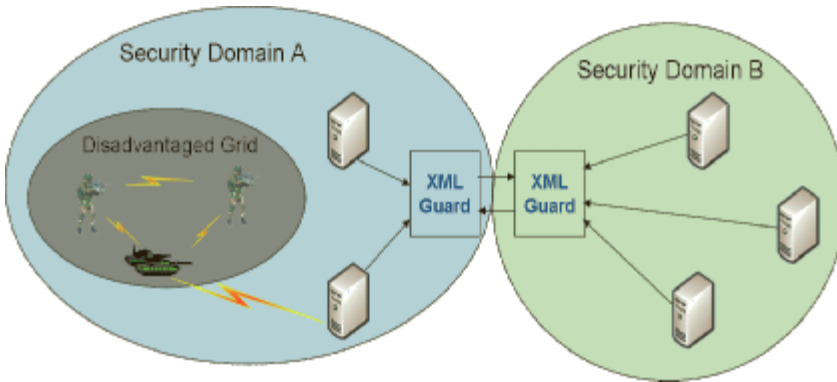
Parhaimmillaan ratkaisu on saman perustietoturvaluokan kokonaisuuksissa, joissa erotellaan käyttäjiä kuten kansainvälisten operaatioiden esikunnissa tai eri viranomaisten yhteistyössä.<sup>20</sup>

Uusin tutkittava tietoturvarakenne on tietojakoinen (information centric approach). Yhdysvallat johtaa tutkimusta ja sen tavoitteena on muodostaa monikansallinen tieto-

<sup>19</sup> CWID 2007 Handbook, luonnos, Kesäkuu 2007.

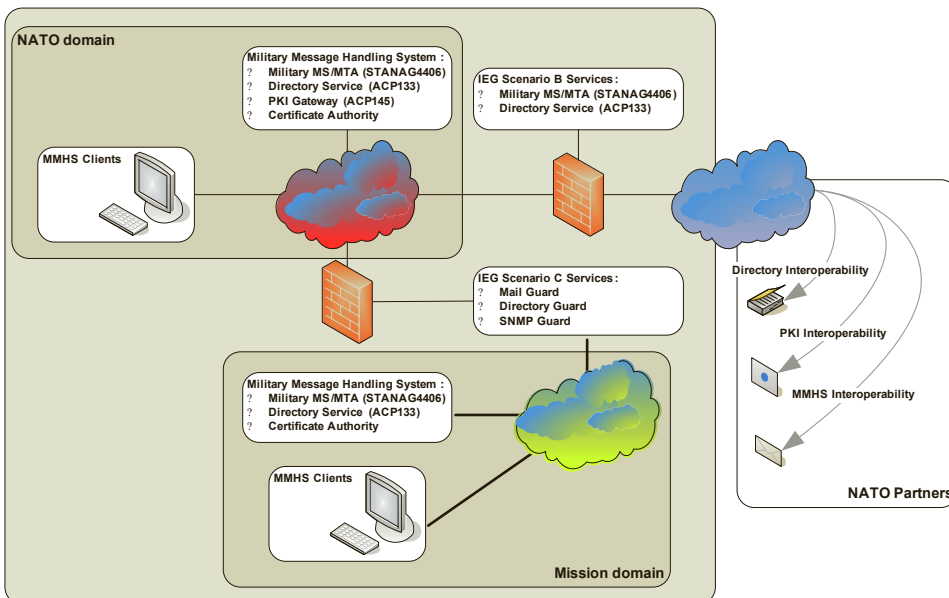
<sup>20</sup> Esimerkiksi Yhdysvaltojen käyttämä XTS-400 sisältää 16 tiedon luottamuksellisuusluokkaa, 8 tasoa ja 64 erilaista kategoriaa. Tekniikkaa ollaan ottamassa käyttöön turvaviranomaisten ja puolustusvoimien lisäksi mm. homeland security – kehyksessä ja keskeisessä teollisuudessa.

jenvaihtoympäristö, joka on sovitettavissa myös viranomaisyhteistoimintaan. Kehityspolku selviää parhaiten kuvaamalla tilannetta käyttäjän kannalta.



**Kuva 10.** Tietojen jakaminen verkkojen välillä

Kuvassa vasemmalla ovat erotetut langattomat verkot. Tiedonsiirto keskenään eri tietoturvaluokkaa olevien verkkojen välillä edellyttää sisältöpohjaista tietoturvaa. Tietueet luokitellaan yksittäin sisältönsä mukaisesti, ei kategorisesti laajoina kokonaisuuksina. Verkkojen välinen tiedonsiirto voidaan automatisoida XML-pohjaisesti, siten että tietoturvaluokaltaan alempaan verkkoon julkaistaan vain sinne tarkoitettua tietoa. Parhaimmillaan ratkaisu on käyttäjälle näkymätön, tarvittavat tiedot ovat käyttöoikeuksien mukaisesti näkyvissä, riippumatta siitä mistä ne ovat alun perin peräisin.<sup>21</sup>



**Kuva 11.** Tavoitetilan ratkaisu verkon ja tietovarastojen suhteen. Vasemmalla nykytila kahdenvälisine, monenvälisine ja koalitiiorakenteineen, oikealla tavoitetila. Tiedonvaihtomekanismina voi olla esimerkiksi MIP DEM (Data Exchange Mechanism) tai XML.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> CWID 2007 Handbook, luonnos, Kesäkuu 2007.

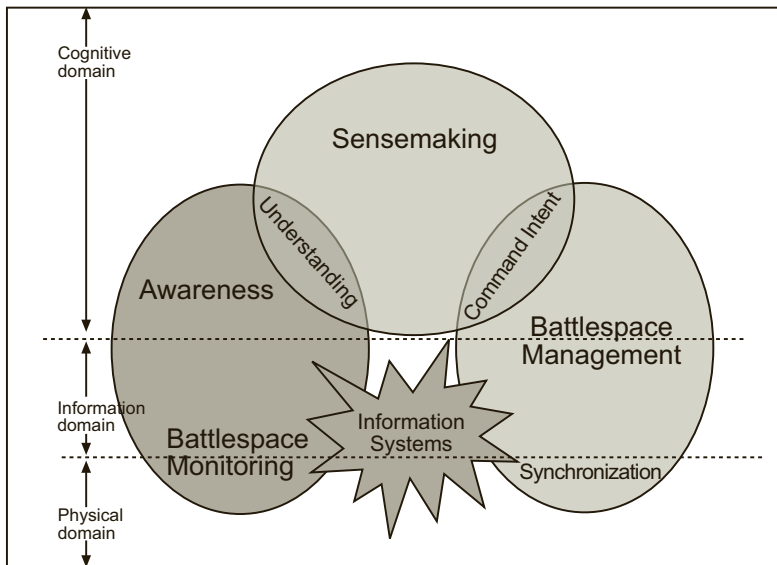
<sup>22</sup> CWID 2007 Handbook, luonnos, Kesäkuu 2007.

Tietoturvaratkaisu perustuu rakenteeseen, jossa kuhunkin tietoon (asiakirjaan, kuvaan, tietueeseen) liitetään kehystieto, kenelle tieto on tarkoitettu, ja salataan itse tietosisältö luotettavasti. Kehystyksen mukaisesti jokainen tunnistaa itselleen kuuluvat tiedot yhteisestä varastosta ja pystyy sitten avaamaan ne. Tietovirroissa erotetaan kolme toimijaa, käyttäjä (reader), tuottaja (author) ja julkaisija (publisher), joka vastaa tietojen siirrosta käyttöön.<sup>23</sup>

Voidaan arvioida, että ensimmäiset monitasotietoturvaratkaisut saadaan laajempaan käyttöön muutamassa vuodessa ja tietopohjainen tietoturva vuosikymmenen loppuun mennessä. Molemmat ovat ehtoja integraation toteuttamiselle.

### 3.3.6 Lähiajan kehittymisennuste

Arvioitavissa lähitulevaisuuden kehitystä on otettava huomioon nykytila. Tekniikan kärjen nopeasta etenemisestä huolimatta vasta ensimmäinen johtamisjärjestelmäskupolvi on nyt laajemmin käytössä ja toimintakulttuurin muuttuminen on siten vasta alussa. Monessa tapauksessa vanhat, hyväksi koetut, mutta manuaalisiin menetelmiin perustuvat toimintatavat siirrettiin lähes sellaisinaan tietokoneisiin. Suomessa keskeisten johtamisjärjestelmien kehittäminen aloitettiin 1990-luvun alkupuolella ja ne saatiin laajempaan käyttöön 2000-luvun alussa. Voidaan arvioida, että seuraavan sukupolven kehittämisäika on lyhyempi, mutta se tulee edelleen olemaan pääosassa maita parhaimmillaankin siirtymää kohti tietotekniikan tehokasta käyttöä.



**Kuva 12.** Periaatekuva johtamisjärjestelmien asemasta

Tietojärjestelmien tarjoama tuki päätöksenteolle on varsin matalla tasolla.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Tiedot perustuvat useampivuotisen Content Based Information Security tutkimushankkeen materiaaliin. Tutkimusta johtaa Yhdysvaltojen Joint Forces Command.

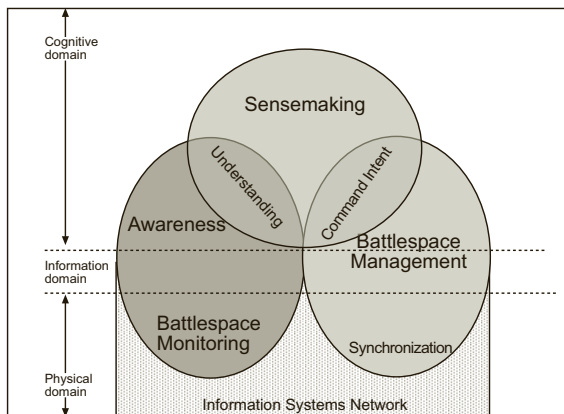
<sup>24</sup> Potts, David (toim.): The Big Issue: Command and Combat in the Information Age, Strategic and Combat Studies Institute, huhtikuu 2002. Saatavilla [www.muodossa.com/URL:http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The\\_Big\\_Issue.pdf](http://www.muodossa.com/URL:http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The_Big_Issue.pdf)

Manuaalisen ”vanhan” ja tietoteknisen ”uuden” johtamistavan todellinen kulttuurillinen yhteentörmäys on odotettavissa ennen vuosikymmenen vaihdetta. Kyse on muutosvastarinnan lisäksi myös tekniikan luotettavuudesta. Kriittisiä rakenteita ei haluta, eikä edes voida, täysin rakentaa tekniikan varaan ellei tekniikan viansieto- ja palautumiskyky ole hyvin korkeaa luokkaa. Lisäksi tietoverkkosodankäynti alkanee vaikuttaa vahvasti ennen vuosikymmenen vaihdetta mm. siksi, että myös johtamisjärjestelmissä on käytännössä pakko siirtyä tunnettujen ja nopeasti kehittyvien COTS -ratkaisujen käyttöön lähtökohtana. Toisaalta myös puolustusrintama koko ajan levenee, uhka esimerkiksi tuntemattomasta täsmävirkuksesta pienenee ja puolustus voi perustua koko yhteiskunnan osaamiseen, joka Suomen kaltaiselle pienelle teknisen maan armeijalle on kiistaton etu.

Lisähitauden tekniseen kehittämiseen tuo integraatiotarpeen kasvaminen yhteisoperaatioiden lisääntyessä ja siirtyessä yhä alemmille organisaatiotasolle. Myös siviilimaailmassa tämä trendi on juuri tällä hetkellä vallitseva. Kehittyneitä analyysitekniikoita, tekoälyä, hermoverkkoja ja hahmontunnistusta kyllä kehitetään, mutta päähuomio toteutuksissa on lähiaikana asettumassa syntyvän verkon solmuvälin tihentämiseen ja yhteyksien parantamiseen.

Seuraavien vuosien aikana pystytään toteuttamaan kohtuullinen tilannekuvan vaihtomekanismi. Ennusteiden ja arvioiden tai suunnitelmien vastaava mekanismi on käytössä vuosikymmenen loppuun mennessä. Keskeinen edellytys usean maan operaatiolle on omien joukkojen tunnistaminen ja seuraaminen omien tappioiden välttämiseksi, ns. blue force tracker, joka otetaan käyttöön mahdollisimman nopeasti.

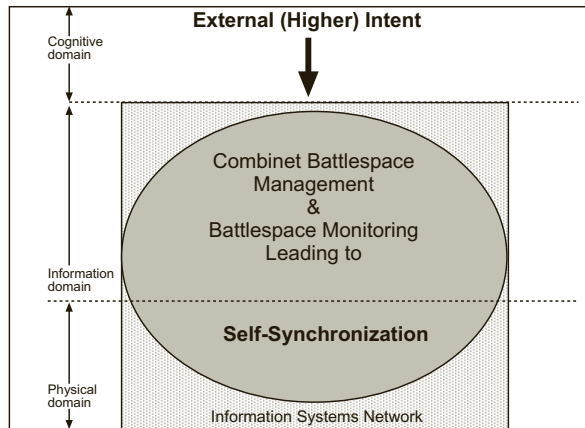
Seuraava osin rinnakkainen kehitysvaihe on tulenkäytön verkottaminen, sensor- to-shooter. Tietomallien ja tekniikan lisäksi tämä edellyttää laitteita ja reaaliaikaisia verkko-yhteyksiä hyvinkin matalalla tasolla. Useimmissa maissa kyky keskittyä ainakin alkuvaiheessa erikoisjoukoille ja parhaille yksiköille – digitaalinen taisteluenttä verkottuu vähän kerrallaan ja epätasaisesti. Samanaikaisesti joukkojen määrä edelleen vähenee, mikä taas nopeuttaa kehitystä. Tämä ns. solmuttumisen taso ja leveys ovat tärkeä mittari arvioitaessa eri maiden joukkojen verkottumiskykyä.



**Kuva 13.** Verkottuminen on lähentänyt tilannetietoisuutta, päätöksentekoa ja johtamista.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Potts, David (toim.): The Big Issue: Command and Combat in the Information Age, Strategic and Combat Studies Institute, huhtikuu 2002. Saatavilla [www.muodossa: <URL:http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The\\_Big\\_Issue.pdf>](http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The_Big_Issue.pdf)

Tulenkäyttösyklin lisänä kehitetään erilaisia analyyseja, joilla käytettävä asevaikutus kyetään laadullisesti ja määrällisesti optimoimaan. Mikäli johtamisprosessi kykenee antamaan riittävästi voimaa käyttöön, syklit pystytään toiminnan ajaksi erottamaan ja näin nopeuttamaan reagointia. Yhdysvallat pystyy jo nyt tämän tyyppiseen toimintaan. Mikäli resurssit ovat rajatut, joudutaan syklit yhdistämään esimerkiksi uutta priorisointia varten, jolloin toiminta on hitaampaa.



**Kuva 14.** Johtamisjärjestelmän integroituminen on johtanut tilanteeseen, jossa kasvanut tilannetietoisuus on mahdollistanut itsesynkronoitumisen. Alatason johtaminen toteuttaa ylemmän johtoportaan toiminta-ajatusta, mutta valitsee keinot usein vallitsevan tilanteen mukaisesti. Suunnittelun ja hierarkisen johtamisen osuus on jatkuvasti vähentynyt.<sup>26</sup>

Edellä mainituista syistä johtuen lähitulevaisuuden kehityssennuste tekniikan käytölle on maltillinen. Vain Yhdysvallat näyttää pystyvän muuttamaan johtamistapaansa ja sitäkin hillitsee liittolaisten hitaampi kehitys. Moderneimmilla joukoilla ja erikoisjoukoilla, nähdään koko ajan lisääntyvä määrä henkilökohtaista tietotekniikkaa, mutta laajassa mittakaavassa kehitys on merkittävästi hitaampaa. Myös tietojen massamaisessa analysoinnissa edetään uusien uhkakuvien vaateiden mukaisesti, kyky seuloa neuloja heinäsuovista koko ajan kasvaa.

### 3.4 Pitkä aikaväli

Tietotekniikan kehittymisen ennustaminen seuraavalle vuosikymmenelle on erittäin vaikeaa ja on todennäköistä, että kymmenessä vuodessa teknisessä kehityksessä tapahtuu suuriakin muutoksia. Johtamisjärjestelmien osalta ennustaminen on ainakin jossakin määrin helpompaa.

Natossa ja useimmissa sen jäsenmaissa on käynnissä tekninen integraatio, joka tähtää johtamisjärjestelmien tehokkaampaan käyttöön. Aiemmin esitelty Naton NNEC-ohjelma pyrkii ylittämään toiminnan muutoksen kuilun mm. yhteisten palvelukompo-

<sup>26</sup> Potts, David (toim.): The Big Issue: Command and Combat in the Information Age, Strategic and Combat Studies Institute, huhtikuu 2002. Saatavilla [www.muodossa.com/URL:http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The\\_Big\\_Issue.pdf](http://www.muodossa.com/URL:http://www.dodccrp.org/publications/pdf/The_Big_Issue.pdf)

nenttien, tietoturvan kehittämisen ja operatiivisen toiminnan muutoksen kautta aloittaneen parhaista joukoista. Tähtäin on asetettu prosessi-integraation tasolle myös yhtymien alapuolella.

Yhdysvallat on valinnut tavoitteekseen päästä ainakin vallankumouksen kuilun alkuun ja se on valinnut jo lähtökohtaisesti kokonaan uudet prosessit, joita vasten johtamisjärjestelmät kehitetään.

### 3.4.1 Yhdysvallat ja NCW tiennäyttäjänä

*We define NCW as an information superiority-enabled concept of operations that generates increased combat power by networking sensors, decision makers, and shooters to achieve shared awareness, increased speed of command, higher tempo of operations, greater lethality, increased survivability, and a degree of self-synchronization. In essence, NCW translates information superiority into combat power by effectively linking knowledgeable entities in the battlespace.<sup>27</sup>*

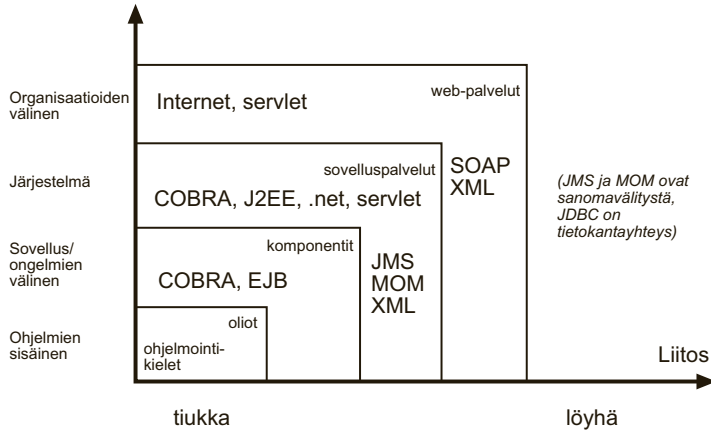
Yhdysvallat on jo tehnyt päätöksen siirtyä internet-tyyppisen verkkopalveluparadigman käyttöön omissa johtamisjärjestelmissään. Ensimmäinen sukupolvi voi olla käytössä jo ennen vuosikymmenen vaihdetta. Rakenne on teknisesti komponenttiratkaisua yksinkertaisempi ja nopeammin mukautuva, mutta se asettaa suuret vaatimukset tiedonsiirtokaistan leveydelle ja luotettavuudelle. Toteutuksen laatua on erittäin vaikea valvoa. Kun sensor-to-shooter on vaikutuksen kannalta keskeinen taso, vaatii varsinkin taistelu-tekniinen taso kokonaan uutta tekniikkaa rakenteen onnistumiseksi.

Internet-tyyppisessä lähestymistavassa tiedon ja palvelun haku tarpeen perusteella (data / service – pull) on mahdollista toteuttaa siten, että tiedon tarvitsija kykenee muokkaamaan nopeasti rakenteita. Tämä kuitenkin edellyttää laajoja yhteisiä tietovarastoja, data-mining tekniikoita ja tiedonsiirtoyhteyden mukaisesti muokkautuvia tietomuotoja. Lähtökohtaisesti kehitys on jo käynnissä siviilijärjestelmien mobiilisovelluksissa.

Mikäli Yhdysvallat onnistuu vastaamaan monenkeskisiin tietoturvaasteisiin, toteuttamaan riittävät luotettavat yhteydet myös taktiselle tasolle ja ennen kaikkea muuttamaan johtamiskulttuurinsa, mataloittamaan organisaatioita ja toimimaan verkottuneesti, muutos voi tapahtua myös muualla. Tällä hetkellä näyttää siltä, että tavoiteltu 18 kuukauden kehityssykli yhdistettynä merkittävään tutkimus- ja hankintapanokseen pystyy ainakin teknisesti ratkaisemaan ongelmat.

*Since successful adoption of NCW requires a cultural change, it cannot be achieved without widespread discussion, debate, experimentation, and ultimately, broad acceptance.*

<sup>27</sup>. Alberts: Understanding Network Centric Warfare



**Kuva 15.** Eritasoiset palveluratkaisut esitettynä liitoksen kiinteyden ja tietojärjestelmän suhteellisen koon mukaisesti nykytermeillä

Naton komponenttiarkkitehtuuri on sovelluspalvelutasolla, Yhdysvallat pyrkii käyttämään web-palvelutasoa. Vaikka tulevaisuuden tekniikat varmasti ovat erinimisiä, vastaavat periaatteet ovat todennäköisesti edelleen käytössä.

Vuosikymmenen vaihteessa Yhdysvalloissa on jo käytössä uuteen tietotekniikan käytötapaan perustuva johtamismalli. Kehitys jatkunee lisääntyvällä kauko-ohjauksen ja robotiikan käyttöön otolla, jotka korostavat johtamisjärjestelmän asemaa ja alkavat todella lisäämään sen automatisointia. Tietyn tyyppinen plug-and-play on tavoite myös taistelukentällä.

Ruotsi on tehnyt valinnan seurata Yhdysvaltoja teknisen kärkensä osalta. Maa kiinnittää erityistä huomiota osaamiseen ja inhimillisen osan huomioonottamiseen jo arkkitehtuuritasolla.

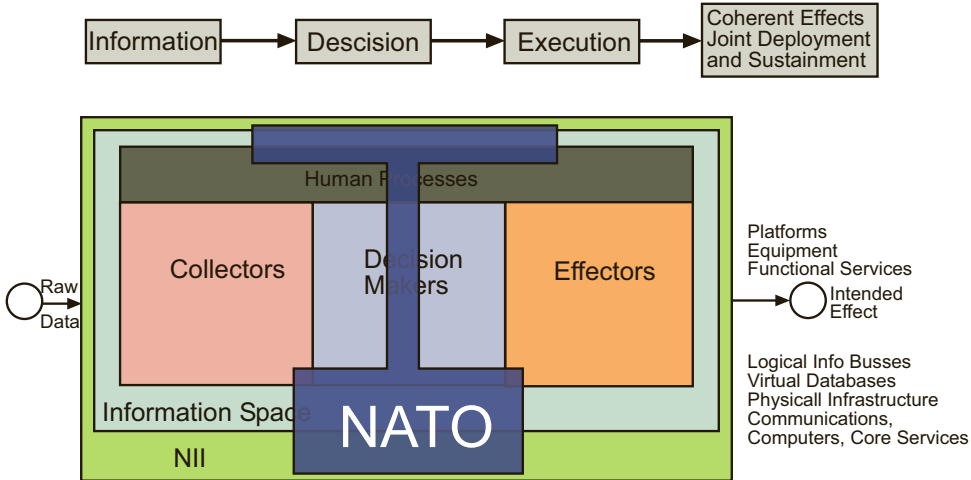
### 3.4.2 Naton NNEC-doktriini

*”Vuoteen 2020 mennessä taistelutilan digitointi tuottaa infrastruktuurin, jolla maaleja kyettään havaitsemaan ja seuraamaan monisensoriseurantana ja maalitilannekuva välittämään kaikille operaatioalueella oleville tulitukijärjestelmille. Tukijärjestelmät käsittävät asevaikutuksen arvioinnin asiantuntijajärjestelmät sekä päätöksenteon tukijärjestelmät, jotka perustuvat luonnollisen kaltaisiin taistelusäännösten ohjaamiin päätteletekniikoihin.”<sup>28</sup>*

Liittolaisten kyky ja halu seurata kehityksen kärkeä parhailla joukoillaan vaikuttaa integraatiotapaan. Maat jakautuvat ja Naton sisällä jatkuu merkittävä eritasaisuus. Varsinkin kovimman kriisin jälkeen käytettävät johtamisjärjestelmät pitää rakentaa siten, että laaja integraatio on mahdollista. Tällä hetkellä Nato käyttää edelleen x.400 tiedonsiirtostandardia ja 10 vuotta vanhaa sähköpostia, vastaavia tämän vuosikymmenen rakenteita on todennäköisesti käytössä myös pitkälle ensi vuosikymmenelle.

<sup>28</sup> NATO maasodankäynnin kuva 2020





**Kuva 16.** NNEC osuus koko Naton transformaatiossa

Konseptin vaikuttavuus on kuvattua suurempi, koska se on sisäänrakennettu myös johtamisrakenteisiin ja integroituun huoltoon.

Nato käynnisti vuoden 2004 alussa Network Enabled Capabilities -tutkimuksen ja toteutuksen usealla eri taholla. Kehitystyön lähtökohta poikkeaa Yhdysvalloista siinä, että se perustuu uudella tavalla käytettäväksi mahdollisten kykyjen tunnistamiseen ja doktriinin sovittamiseen tähän. Kehittäminen kohdistuu tekniikan lisäksi prosesseihin, organisaatioon, informaation käyttötapaan ja tietoturvaratkaisuihin. Myös Nato on asettanut tavoitteekseen suhteellisen tietoylivoiman hankkimisen.

NNEC:n ensimmäisen iteraation aikajänteeksi on asetettu 18 kuukautta, jonka aikana toiminta käynnistetään oikeaan suuntaan. Tämän jälkeen kehittämistä jatketaan ainakin kolmen – neljän kierroksen ajan. Naton Bi-SC AIS johtamisjärjestelmään muutokset alkavat heijastua vaiheittain ja isompi muutos on mahdollista tehdä nykysuunnitelmin noin vuosikymmenen vaihteessa.

Naton nopean toiminnan joukkojen esikuvan mukaisesti verkkoperusteinen sodankäynti kyettäneen määrittelemään ja sen tavoitteet jakamaan eri maiden ja toimijoiden kesken lähivuosina. Nato saavuttaa Yhdysvaltojen etumatkaa viimeistään vuosikymmenen lopulla.

Nato on jo määritellyt johtamisjärjestelmän arkkitehtuurikehikon, yhdenmukaisen kattavan kuvaustavan, jota käyttäen uudet kyvyt ja niiden kytkennät toisiinsa kuvataan. Kehikko on muokkaantunut uusien vaatimusten mukaiseksi ja otettu laajaan käyttöön vuosikymmenen vaihteeseen mennessä. Seuraavan vuosikymmenen kuluessa myös Euroopassa johtamisjärjestelmiä voitaneen kehittää hajautetusti ja saavuttaa Yhdysvaltojen etumatkaa. Keskeisin osa arkkitehtuurista liittyy integraatioon.

## 3.5 Kehitys Suomen kannalta

### 3.5.1 Nykytila

Suomessa nykyiset johtamisprosessit ovat säilyneet lähes muuttumattomina viime sotien jälkeen. Lisääntynyt kansainvälinen yhteistyö on tuonut käyttöön muutamia Natosta tai länsimaista kopioituja johtamisprosesseja, mutta niitä ei ole laajasti sovitettu Suomen puolustusdoktriinin toteutukseen. Johtaminen on komentajakeskeistä ja tehtäväperustaista, koulutus rähtää tehtävän toteuttamiseen mahdollisimman itsenäisesti, mutta kokonaisuuden osana. Esikuntatyöskentely on paikkariippuvaista ja vuorovaikutus perustuu fyysiseen tapaamiseen. Tilannetietoisuus toteutuu joitakin kertoja vuorokaudessa pidettävillä tilannekatsauksilla ja päätöksenteko tapahtuu noin 12 tunnin sykleissä.

Kukin johtamispaikka on tietotekniseltä toiminnaltaan omavarainen ja tieto kulkee hierarkkisessa järjestyksessä johtamispaikoilta toiseen. Tietojärjestelmät ovat puolustushaara-, toimiala- tai tehtävärajoittuneita. Niiden esitystapaa tai tietomallia ei ole yhdenmukaistettu. Tiedonvaihto järjestelmien välillä on vähäistä ja tapahtuu usein käyttäjän työpöydän kautta. Johtamiseen käytetään asiakirjoja, sanomia ja puhetta. Eri tasoilla käytetään keskenään erilaisia esikuntatyöskentelyvälineitä. Useimmiten tieto joudutaan siirtämään paperille jossakin tietovuon kohdassa.

Ensimmäisen sukupolven johtamisjärjestelmät ovat laajassa käytössä, mutta toimintakulttuurin muutos on jo alkanut. Osia uuden rakenteen edellyttämästä muutoksesta on hiljaisena tietämyksenä itse järjestelmätoteutuksissa. Suomen lähtökohdat tässä suhteessa ovat hyvät.

### 3.5.2 Kehitysnäkymät johtamisessa ja johtamisprosesseissa

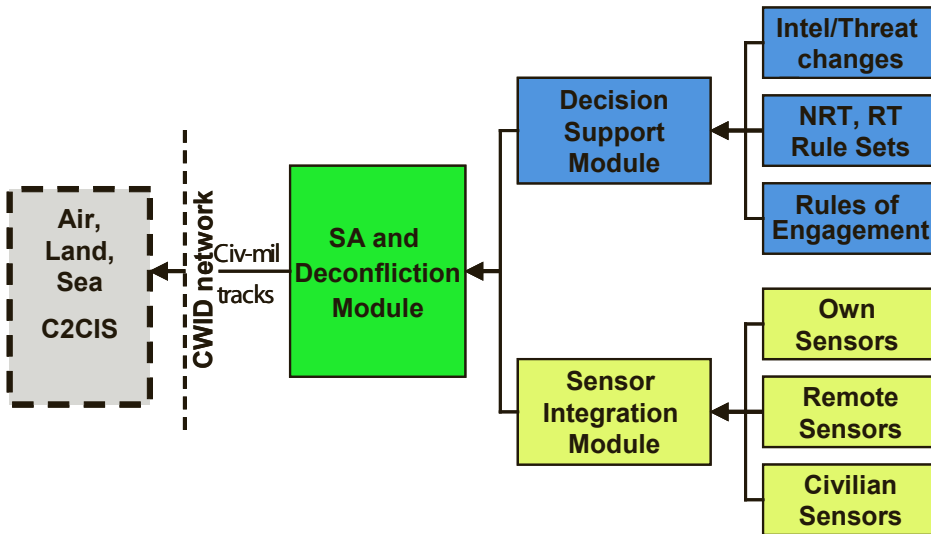
Johtaminen on tietoyhteiskunnassa osittain muuttumassa. Samalla on uudestaan nousut pintaan perustotuuksia ihmisten johtamisesta. Yksilöiden osaaminen ja innovointikyky ovat sekä siviiliyrityksen että sotilasorganisaation kilpailukyvyyn perustuksia. Tätä ei ole tietotekniikka muuttanut. Käytettävissä olevan tiedon määrä kaksinkertaistuu noin puolentoista vuoden välein, mutta johtamiselle merkittävän avaintiedon määrä kasvaa samaan aikaan vain noin viidenneksen. Entistä suuremmasta tietomäärästä on siis kyettävä hahmottamaan tilanne ja tekemään analyysejä päätöksenteon pohjaksi.

Funktionaalinen ihmiskäsitys ei toimi yksilötasolla verkottuneessa organisaatiossa, jossa vuorovaikutus ja innovatiivinen osaamisen käyttö on yksi tuotannon tehostamiskeinoista. Virtuaaliset organisaatiot, tiimityö, osaamisen muutoksen kyky ja innovatiivisuus ovat avaintekijöitä muutoskykyisessä organisaatiossa, joka kykenee sopeutumaan tilanteeseen tai ennakoimaan tilanteita muita paremmin. Sotilaallisen operaation perusrakennesosat tuli, liike ja suoja, jotka toteutetaan henkilöstö-, materiaali- ja taloudellisin resurssein ovat laajentuneet tietoyhteiskunnan tuotannontekijällä, tiedolla, sekä uudella taistelukentällä, informaatioavaruudella. Tieto ja sen käsittely liitetään muihin resursseihin, prosesseihin sekä struktuurin siten, että tiedonkäsittelyä parantamalla kyetään

tehostamaan resurssien käyttöä, prosessit tuottavat parempia palveluita ja struktuuri on taistelun kestävämpi.

Taktis-teknisen tason johtaminen tehostuu tilannetietoisuuden, itsesynkronoitumisen ja nopeamman päätöksen tekosyklin avulla. Tilannetietoisuus tarkoittaa sensorijärjestelmien liikkuvuuden, ulottuvuuden ja ilmaisukyvyn kasvun sekä verkottumisen mahdollistavan tilannetiedon eheyden ja sen jakamisen nopeuden tuomaa mahdollisuutta nähdä tarkemmin ja laajemmin taistelukentän tapahtumat. Taistelukentän sumu osin hälvenee, päätöksiä voidaan tehdä tilanteen mukaan ja nähdä niiden vaikutus paremmin ja nopeammin. Kun laadukas tilannekuva jaetaan kaikille verkoston osapuolille, kykenevät samalla tasolla olevat organisaatioyksiköt keskenään sovittamaan toimintansa ilman hierarkkisen auktoriteetin käskyjä tai ohjausta. Tätä kutsutaan itsesynkronoitumiseksi, joka mahdollistaa myös alaisten lukumäärän kasvattamista kutakin johtajaa kohden. Päätöksentekosykli muuttuu kaaoksen käsittelystä tunnetun ympäristön käsittelyksi.

Strategis-operatiivisen johtamisen tasolla korostuvat kasvavan monimutkaisuuden hallinta, operatiivisen toimintaidean viestintä ja skenariointikyky. Yhteiskuntien muuttuessa myös vaikutuslogiikka ja sotilaallinen keinovalikoima muuttuvat: strategisella tasolla puhtaan sotilaallisen tai poliittisen tason vaikuttamisen lisäksi myös taloudellinen ja sosiaalinen vaikuttaminen on mahdollista. Sotilaallinen tappioiden tuottaminen fyysisellä tasolla on edelleen merkittävää, mutta informaatiotason ja kognitiivisen tason vaikuttamiskeinot ovat kehittymässä.



**Kuva 17.** Esimerkki johtamisjärjestelmän tuesta päätöksenteolle<sup>29</sup>

Johtamisen ja suunnittelun periaatteena on tilanteen kehittymisen analysointi ja skenariointi siten, että toimintaympäristön kaikki neljä tiedollista osa-aluetta kyetään hallitsemaan: tunnettu ympäristö, tunnettava ympäristö, kompleksinen ympäristö ja kaaosympäristö. Päätöksenteossa ei ole enää kysymys vakioitujen toimintatapamallien valinnasta, vaan tilanteeseen on räätälöitävä sopiva toimintatapa kaikki uudenlaiset muutostekijät huomioon ottaen. Operatiivinen suunnittelu kykenee tarkastelukaudella hallitsemaan

<sup>29</sup> CWID 2007 Handbook, luonnos, Kesäkuu 2007.

useaa operaatiosuuntaa yhtä aikaa ja kutakin operaatiosuuntaa kohden analysoimaan yhtäaikaaisesti 2–5 tilannevaihtoehtoa. Operatiivisessa johtamisessa rikotaan keskimääräinen viiden alaisen rajoite ja siirrytään matalampien organisaatiohierarkioiden käyttöön, joissa yhdessä johdossa voi olla kymmeniä tai jopa satoja alayksiköitä.

### 3.5.3 Johtamisjärjestelmien kehittyminen

Johtamisjärjestelmät kehittyvät yhä enemmän toimintaprosessin kehittämisen ehdoilla. Verkottuminen edellyttää tilannekuvan jakamista muutoinkin kuin hierarkkisen linjaorganisaation mukaisesti. Yhteisoperaatiot puolustushaarojen ja muiden turvallisuuteen liittyvien toimijoiden kanssa edellyttävät vähintään tilannekuvan yhdistämistä, organisaatorajojen yli kulkevaa suunnitteluprosessia sekä laajalti käytössä olevia tulenkäytön johtamisyhteyksiä.

Tiedon määrän kasvaessa ei kyetä enää ilmaisemaan jokaista tapahtumaa sellaisenaan, vaan tapahtumista yhdistetään (fuusioidaan) laajempi kokonaisuus, joka esitetään symbolisesti tilannetasolla. Informaation lähes tosiaikainen esittäminen ei myöskään ole riittävää, vaan fuusioitun informaation avulla on kyettävä esittämään animoidusti tapahtumien kulku historiassa, tapahtumien ennustettava eteneminen, tulevaisuuden vaihtoehtojen eteneminen sekä tapahtumien kulku.

Tiedon hallintamenetelmät monipuolistuvat siten, että sotilaallisen push- tiedonhallinnan rinnalla otetaan käyttöön Publish-pull-push -variaatioita. Push -menetelmässä pyritään yhteisen tietomallin avulla mahdollisimman suureen kytkentään eri järjestelmäosien välillä. Pull -menetelmässä käytetään siviilirakenteita, internet-rakenteita sekä relaatiokantoja. Vanhat toimiala- tai puolustushaarakohtaiset tietojärjestelmät joko integroidaan sanomatasolla, esitystasolla tai koteloidaan elinjaksonsa loppuajaksi monoliittisena komponenttina modulaaristen järjestelmien joukkoon.

Publish-pull -menetelmä edellyttää kehittyneiden hakumoottoreiden käyttöönottoa myös sotilasympäristössä, kun tieto esitetään moniosaisina web-sivuina julkaisijan palveluna. Pull- tiedonhallintoa on täydennettävä rinnakkaisella push -menetelmällä, jolla julkaistaan käyttäjäroolien sivuilla ajankohtaista muuttuvaa tietoa tietovirtoina (datastream, videostream, audiostream).

Vuorovaikutuksen lisääntyminen tiedon lisäarvon kasvattamisessa ja osaamisen syvetessä sekä osaamisalueiden kaventuessa edellyttää vuorovaikutustyövälineiden (collaboration) integroimista osaksi johtamisjärjestelmiä. Puhelin-, videoneuvottelu-, piirtotaulu-, verkkokeskustelu- ja sovellusten jako tulee osaksi johtajan työpöytää, joka on integroitu esityskerroksessa. Erilliset mediakohtaiset päätelaitteet häviävät ja käyttölaite vaihtuu sen kannettavuuden, käyttöpaikan tai tehtävän mukaan. Saman käyttölaitteen avulla käyttäjä pääsee käyttämään sovelluspalveluita paikallaan, siirtyessään tai liikkuessaan. Yhteyden kaistaleveys vain vaihtelee liikkeen muutoksen mukaan.

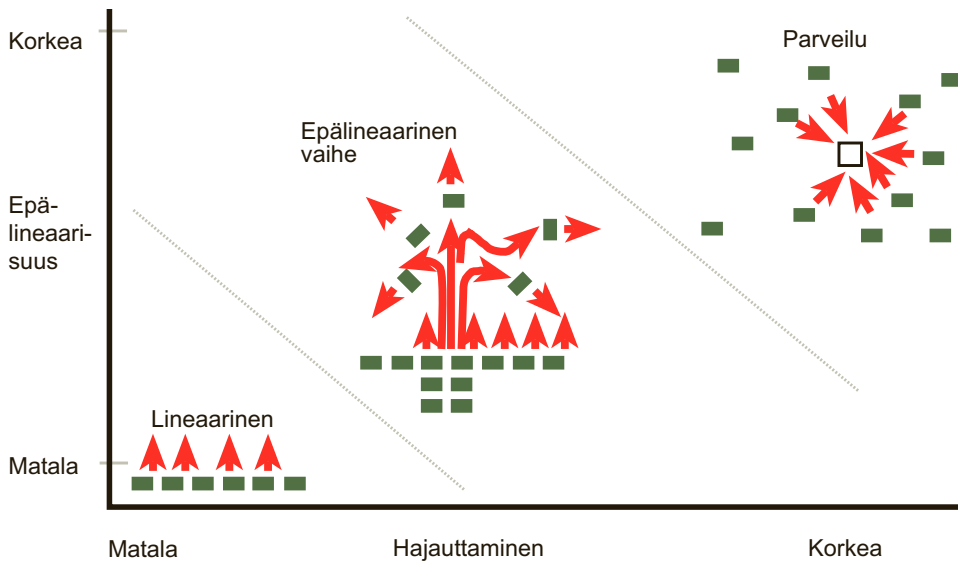
Sovellukset rakennetaan toimintaprosessien mukaisesti, jolloin prosessin tehtävillä voi olla erilaisia näkymiä käyttäjärooleittain. Tietojärjestelmissä korostuu myös toiminnan-

johtamisen ominaisuudet, joilla prosessia voidaan johtaa useiden organisaatorajojen ylitse. Käyttäjähallinta kehittyy siten, että esimerkiksi esikuntatiimiin voidaan joustavasti liittää tai poistaa asiantuntijoita muista organisaatioista. Prosesseja ja tietojärjestelmiä ei rakenneta kiinteiksi vaan joustavasti muutettaviksi, jotta organisaation toimintatapaa voidaan sovittaa tilanteen ja operaatioalueen mukaiseksi.

Verkkokeskeinen tietojenkäsittely muokkaa sotilaallisia tietojärjestelmiä kahdella tavalla. Suurikapasiteettinen tietojenkäsittely siirtyy päätelaitteista verkkojen keskusta, jossa peer-to-peer -tietojenkäsittelystä otetaan tehoja simulointiin, datafuusioon ja ennustamiseen. Käyttäjään integroitu tietojenkäsittelykapasiteetti käytetään vuorovaikutuksen tehostamiseen sekä tilannetietoisuuden parantamiseen. Verkkokeskeinen toiminta mahdollistaa käyttäjien liikkumisen, hajautumisen maantieteellisesti sekä virtuaalisten organisaatioiden toiminnan.

### 3.5.4 Parveilu esimerkkinä toimintatavan muutoksen mahdollisuudesta

Keskeinen osa uuden taisteludoktriinin kehittämistä myös Suomessa on kyky johtaa hajautettuja liikkuvia joukkoja yhteisen tavoitteen täyttämiseksi. Perusrakenne voidaan tiivistää yhtälöksi hajauttamisen asteen ja toiminnan lineaarisuuden välillä.



**Kuva 18.** Joukkojen toimintatapa hajauttamisasteen ja epälineaarisuuden suhteen

Aiempi kylmän sodan aikainen joukkojen käyttöperiaate on sekoitus taktisen tason lineaarisuutta sekoitettuna operatiivisen tason epälineaarisuuteen. Lineaarisuuden aste on kompromissi johtamissyklin kestoajan ja tiedonsiirtorakenteen kesken; mikäli tyydytään pitkään aikaan, epälineaarisuutta voidaan jo nyt lisätä aina hajautettuun sissitaisteluun saakka.

Siirtyminen epälineaariseen taistelutapaan myös taktisella tasolla vaatii alayksiköiltä kykyä itse organisoitumiseen yhteisen tilannekuvan avulla. iTVJ- johtamisjärjestelmää kehitetään tämän mahdollistamiseksi. Keskeistä on esimerkiksi maavoimissa integraatio- ja tulosolmun tason laskeminen yhtymätasolta alemmas ainakin pataljoonaan tai operatiivisen yhtymän komppaniaan. Tämä kehitystaso on mahdollista saavuttaa vuosikymmenen loppuun mennessä.

Parveilussa pienet hajautetut yksiköt iskevät useilta suunnilta samanaikaisesti vastustajan perinteisesti organisoitua joukkoa vastaan, minkä jälkeen joukot hajautuvat iskeäkseen jälleen uudelleen. Tietoverkkojen tuomaa etua hyödynnetään pienillä liikkumiskykyisillä taisteluyksiköillä, jotka yhdistetään ryhmiksi<sup>30</sup>.

Ryhmät hajautetaan laajahkolle alueelle, josta ne komentajan linjausten mukaisesti hyödyntävät tilannekuvaa hyödyntäen ja tehtävätaktiikkaa käyttäen iskevät useilta suunnilta samanaikaisesti keskittäen vaikutuksen.

Parveilu edellyttää onnistuakseen kolmea tekijää: kykyä kiinnijäämisen välttämiseen, aseiden pitkää kantamaa ja ylivoimaista tilannekuvaa. Kiinnijäämisen välttäminen ja tilannekuva ovat historiallisessa tarkastelussa osoittautuneet tärkeämmäksi kuin aseiden pitkä kantama.

Jotta kyetään iskemään vastustajaan useista eri suunnista, täytyy pienten taisteluyksiköiden olla tiiviisti toisiinsa verkottuneita eli niiden tulee kyetä kommunikoimaan ja koordinoimaan toimintaansa halunsa mukaan. Toinen vaatimus on, ettei parveilujoukko toimi pelkästään iskujoukkona vaan muodostaa sensoriorganisaation, joka tuottaa tilannekuvaa johdon linjauksia varten. Johto tietää paljon tilanteesta, mutta puuttuu siihen vain tarvittaessa ja mahdollisimman harvoin. Parveilu edellyttää suurta ja luotettavaa tiedonsiirtokapasiteettia ja nuorilta upseereita kykyä ajatella nykyistä laajemmin sotaoperaation kokonaisuutta, jotta päätöksentekovaltaa voidaan delegoida alaspäin.

Parveilu on tuottaa useita taktisia etuja. Hyökkäyksellä useista suunnista on hermostuttava psykologinen vaikutus vastustajaan ja se luo useita tuhoamisvyöhykkeitä antaen mahdollisuuden valita taistelun aika ja paikka. Harhauttavat taktiikat ovat tuloksellisia kuritonta vihollista vastaan ja parveilija voi katkoa perinteistä sodankäyntiä noudattavan vastustajan liikenneyhteydet. Hajauttaminen antaa paremman suojan pitkän kantaman täsmäaseita vastaan kuin suuren massan keskittäminen pienelle alueelle ja sen suojaaminen perinteisillä tavoilla.

Verkottunutta sodankäyntitapaa noudattava joukko pärjää paremmin myös muita verkottuneita sodan kävijöitä vastaan. Informaatioteknologian ja tietoverkkojen kehittyminen on avannut maailman laajuisille aktivisti- ja terroristiryhmille sekä rikollisorganisaatiolle koordinoita toimiaan yli valtakunnanrajojen. Tämä ”sosiaalinen verkkosota” on jo käynnissä. Mitättömän organisaatiohierarkian omaavat verkottuneet aktivistiryhmät osoittautuivat lähes ylitsekäyttömäksi haasteeksi perinteiselle viranomaisorganisaatiolle.

<sup>30</sup> Tässä käsite ryhmä on tulkittava maa-, meri- ja ilmavoimissa sekä yhteisoperaatioissa joustavasti. Maavoimien ryhmä voi olla pataljoona tai jopa prikaati, merivoimien alusyksikkö ja ilmavoimien parvi.

Hyvä vastaläike parveilutaktiikkaa käyttävää osapuolta vastaan on eliminoida parveilijan liikkumisetu. Joskus pitkän kantaman tulen menettäminen on vienyt parveilijalta edun. Pienten yksiköiden hajauttaminen laajalle alueelle johtaa logistiikkahaasteisiin, minkä seurauksena huoltoyhteyksiin iskeminen voi viedä parveiluedun. Suurin haaste on kuitenkin johtamisen jatkuva mahdollistaminen.

Perinteisen organisaation ja verkko-organisaation yhdistäminen tuottaa erilaisia hybridihierarkioita. Tämä on jo koettu yhdistettäessä linjaorganisaation komentorakennetta operaatiokeskusten ja tilannekeskusten ketjuun sotapeleissä ja harjoituksissa. Toimivaltuusristiriidat ovat ilmeisiä ja kiusallisia, mutta ne on ratkaistava, jotta tietoverkkojen tuomaa etua voidaan hyödyntää. Perinteisen sodankäyntivälineisiin ja -alustoihin orientoituneen ajatusmallin pitää antaa tilaa verkkolähtöiselle ajattelulle, jossa rakennetaan kaikkien puolustushaarojen yhteensopiva verkko ja sen mahdollistama joint -tilannekuva, jonka jälkeen liitetään yhteensopivilla käyttöliittymillä liikkuvat alustat verkkoon. Verkko lisäksi jo nykyisten asejärjestelmien kokonaistehoa merkittävästi, jos ne vain kyettäisiin liittämään yhteensopivaan digitaaliseen tietovirtaan.

Parveilutaktiikan suurin haaste on valmius muuttaa organisaatorakennetta vastaamaan uuden teknologian tuomia doktriinimuutosmahdollisuuksia. Erityinen painoarvo on puolustushaarojen välisellä koordinoinnilla, jotta eri puolustushaarojen pienet osastot voivat vaihtaa yhteensopivaa informaatiota keskenään ja muodostaa yhteisiä ryhmiä yli puolustushaararajojen. Tämä ei onnistu ilman täysin integroitua valvonta- ja viestiyhteyksijärjestelmää. Yksiköt on muutettava verkotetuksi sensoriorganisaatioksi, joka kykenee hajautuksestaan huolimatta eri yksiköiden toistuviin yhdistettyihin iskuihin. Strateginen johto säilyy ylätasolla, mutta taktista päätäntävaltaa hajautetaan ja delegoidaan alaspäin.

Tilannekuva ja uudet organisaatiojärjestelyt saattavat tuoda houkutusjoukkojen ylikontrollointiin, mikä edellyttää uudenlaista ”informaatioajan kenraaliutta”. Sotaväelle siirtyminen harvoista ja suurista moniin, mutta pieniin saattaa osoittautua kaikkein suurimmaksi haasteeksi. Haaste onkin enemmän organisatorinen ja kulttuurillinen kuin teknologinen.

## 4. ELEKTRONISEN SODAN- KÄYNNIN KEHITYS 2010-LUVULLA

Kirjoittajat 2004:

Insevl Jyri Kosola, Pääesikunta Johtamisjärjestelmäosasto

Inskapt Janne Jokinen, Ilmavoimat

Päivitys 2008:

Insevl Jyri Kosola, Maavoimien Materiaalilaitos

### 4.1 Johdanto

#### 4.1.1 Tarkastelunäkökulma

Tässä Sotateknisen Arvion ja Ennusteen ELSO-luvussa aihetta tarkastellaan operaatioiden toteuttamisen kannalta aiemman tekniikkalähtöisen tarkastelutavan sijasta. Teknisiä yksityiskohtia on tietoisesti pyritty välttämään, jotta teksti olisi mahdollisimman sujuvasti luettavissa myös ilman syvällistä teknistä käsitystä elektronisen sodankäynnin tekniikoista ja menetelmistä.

Kehitystä tarkastellaan noin kymmenen seuraavan vuoden aikana, jota pidemmällä aikajänteellä voidaan arvioida vain kehitystrendejä. Kymmenen vuoden aikajänteellä teknologinen ja tekninen kehitys ei tuota operatiiviseen käyttöön mitään sellaisia järjestelmiä, jotka eivät tätä kirjoitettaessa olisi jo rajoitetussa kokeilukäytössä, prototyyppiasteella tai tuotekehityksen alkuvaiheessa. Tältä osin seuraavassa esitettyjen teknologioiden ulkopuolisia yllätyksiä ei ole odotettavissa. Sen sijaan operaatioiden ja operaatioalueiden muuttuva luonne vaikuttaa voimakkaasti sekä uhkan kehittymiseen että ELSO:n rooliin operaatioissa. Tämä näkyy hyvin nopeasti investointeina erilaisiin tuotekehitysprojekteihin sekä kalustohankintoina, joilla on luonnollisesti voimakkaasti ELSO-järjestelmiä ja niiden käyttöä ohjaava vaikutus.

Elektroniikan teknologisen ja tiedustelu-, valvonta-, johtamis- ja asejärjestelmien teknisen kehityksen nopeuden vuoksi käyttöön tulevien järjestelmien ominaisuuksien ennustaminen tätä pidemmällä aikavälillä ei ole realistista.

#### 4.1.2 Laadun voitto määrästä

Länsimaissa vallalla olevan ajattelumallin mukaan taistelun voittoon pyritään iskemällä vastustajan kriittisiin kohteisiin strategisella, operatiivisella ja taktisella tasolla koko sen syvyudessa. Taistelussa on kyettävä ylläpitämään liikettä, löydettävä vihollisen toiminnan kannalta kriittiset kohteet sekä iskettävä niihin nopeasti, yllättävästi ja keskitetyllä voimalla. Voitto saavutetaan hidastamalla vihollisen toimintaa samalla kun itse ylläpidetään omaa operatiivista tai taktista taistelutempoa. Tämä edellyttää muun muassa:

- kykyä valvoa reaaliaikaisesti taistelutilaa ja sähkömagneettista spektriä syvältä vihollisen hallussa olevalta alueelta kauas omaan selustaan



- kykyä löytää ja paikantaa todelliset maalit sekä erottaa ne vihollisen harhautuksesta
- kykyä välittää tulenkäyttöön liittyvää informaatiota mahdollisesti kaukana vihollisen syvyydessä toimivilta sensoreilta kaukana omassa selustassa sijaitseville asejärjestelmille
- kykyä suunnata asevaikutusta havaittuihin maaleihin muutamissa sekunneissa tai minuuteissa havainnosta
- kykyä varmistaa ohjusten ja muiden hakeutuvien tai ohjattavien aseiden osuminen maaleihinsa
- kykyä kerätä taistelukentällä hajallaan olevilta joukoilta tietoja ja johtaa niitä niiden ollessa liikkeessä

Vastaavasti vihollisen hidastaminen edellyttää vaikuttamista yhteen tai useampaan vihollisen kokonaistoiminnan kannalta kriittisistä elementeistä: sensori- tiedonsiirto-, päätöksenteko- tai asejärjestelmään.

Tehokkain keino oman taistelutemmon ja taktisen toimintavapauden ylläpidossa on varmistaa johtajille ja asejärjestelmille riittävän reaaliaikainen tietoisuus ympäröivästä tilanteesta. Paremman – siis reaaliaikaisemman ja tarkemman – *tilannetietoisuuden* (SA, Situational Awareness) omaava saavuttaa informaatioylivoiman vastustajastaan. *Informaatioylivoima* (IS, Information Superiority) on suhteellinen ylivoima informaatio-operaatioissa vastustajaan nähden ajantasaisen informaation keräämisessä, käsittelemisessä ja jakamisessa. Informaatioylivoima saavutetaan sekä tukemalla omaa informaatioprosessia että heikentämällä vastustajan informaatioprosessia.

Voittoon pyritään siis nimenomaan informaatioylivoiman avulla. Informaatioylivoima puolestaan saavutetaan älykkäillä ja *toisiinsa verkotetuilla* sensoreilla, johtamisjärjestelmillä sekä asejärjestelmillä<sup>1</sup>. Tällaisesta älykkästä verkotetusta kokonaisuudesta käytetään erilaisia nimityksiä eri maissa, kuten verkostokeskeinen sodankäynti (NCW, Network-Centric Warfare, USA), verkon mahdollistama suorituskyky (Network-Enabled Capability, UK) tai verkkokeskeinen puolustus (NBF, Net-Baserad Försvär, Ruotsi). Sensoreiden, asejärjestelmien ja johtajien verkottamisen etuna on kyky valvoa laajaa taistelutilaa ja kohdentaa viholliseen tulta riippumatta siitä missä omat joukot ja järjestelmät ovat sekä kyky keskittää nopeasti tulivaikutus yllättäviinkin suuntiin. Suurimpana haittana on tällaisen kokonaisuuden täydellinen riippuvuus sähkömagneettisesta spektristä, ja sen vuoksi suuri alttius elektroniselle sodankäynnille. Mikäli ELSO:lla kyetään lamauttamaan tiedon siirtäminen jollakin välillä, järjestelmän suorituskyky romahtaa.

#### 4.1.3 Sähkömagneettisen spektrin hallinta on kriittinen taistelutekijä

***Spektrin kokonaishallinnasta on tullut yksi taistelun kriittisistä tekijöistä.***

Vaikuttaminen vastustajan syvyyteen sen hyvin suojattuihin kriittisiin pisteisiin edellyttää kykyä lamauttaa ainakin

tilapäisesti vastustajan valvonta-, johtamis- ja suojausjärjestelmät. Vastaavasti puolustautuminen vastustajan hyökkäyksiltä edellyttää omien tiedustelu-, valvonta-, johtamis- ja

<sup>1</sup> Verkotetusta sensori- ja maalinositusjärjestelmästä käytetään myös nimitystä ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance eli tiedustelu, valvonta ja maalinositus)

asejärjestelmien suojaamista. Aina kun toimitaan liikkeessä tai syvyydessä, joudutaan toiminta perustamaan tiedon siirtämiseen sähkömagneettisen spektrin kautta. Tiedon siirtämisestä sähkömagneettisen spektrin kautta radioaaltoina (tai fotoneina) on kyse johtamisjärjestelmän puhe- ja tietokoneyhteyksien lisäksi esimerkiksi tutkien, lämpö-  
tähtäinten, ohjusten hakupäiden ja satelliittinavigointijärjestelmien toiminnassa. Koska sekä puolustajan, että hyökkääjän toiminta perustuu kokonaan sähkömagneettisen spektrin hyväksikäyttöön, spektrin kokonaishallinnasta on tullut yksi taistelun kriittisistä tekijöistä.

*Spektrin hallinnan defensiiviset elementit* ovat taajuushallinta, emissiokontrolli ja järjestelmien elektroninen suojaaminen. *Taajuushallinnalla* tarkoitetaan taajuuksien jakamista järjestelmien käyttöön sekä joukkojen spektrin käytön valvontaa. *Emissio-kontrollilla* tarkoitetaan sitä, että yhtymän spektrin käyttö suunnitellaan, valvotaan ja ohjataan osana yhtymän operatiivista toimintaa<sup>2</sup>. Emissiokontrollin suunnittelun perusteet tulevat lähinnä operaatioturvallisuuden vaatimuksista, jotka puolestaan saadaan komentajan perusajatuksista.

Oman spektrin käytön hallintaan liittyen on varmistettava, etteivät omat lähettävät ja vastaanottavat järjestelmät ole konfliktissa. Kontrolloitavia laitteita on suuri määrä tietoliikennejärjestelmistä aktiivisiin sensoreihin, kuten tutka ja lasertutka, ja passiivisiin sensoreihin, kuten ES ja kuvaavat millimetriaaltojärjestelmät. Radiotaajuisten aseiden sekä perinteisen elektronisen sodankäynnin vaikuttamiskeinojen käyttö asettaa erityisiä ongelmia erityisesti taajuuskaistan käytettävyydelle.

Vihollisen spektrin käyttöä ei voida täysin estää. Se voi kuitenkin olla mahdollista halutulla hetkellä valitussa paikassa ja halutuilla taajuuksilla. *Spektrin hallinnan offensiiviset elementit* sisältävät elektroniseen sodankäyntiin kuuluvan elektronisen häirinnän ja lamauttamisen lisäksi fyysisen tulenkäytön vihollisen elektronisia järjestelmiä vastaan.

#### 4.1.4 Elektronisen sodankäynnin keskeiset käsitteet

**Elektroninen sodankäynti (ELSO, engl. Electronic Warfare, EW)** on sähkömagneettista säteilyä käyttävien tai lähettävien järjestelmien tiedustelua ja valvontaa ja niihin vaikuttamista sekä suojautumista näiden järjestelmien vaikutuksilta. Elektronisen sodankäynnin tavoitteena on

- 1) **hankkia passiivisin menetelmin sähkömagneettisen spektrin kautta tietoa** vihollisen joukoista ja järjestelmistä tilannekuvan muodostamiseksi, maalien paikantamiseksi sekä uhkavaroituksen antamiseksi omille joukoille välittömästi uhkaavista vaaroista
- 2) **lamauttaa ja hidastaa** vihollisen tiedustelua, valvontaa, johtamistoimintaa sekä ase- ja omasuojajärjestelmien käyttöä **häiritsemällä** tai **estämällä** sähkömagneettisen spektrin käyttöä, **harhauttamalla** sensoreita sekä **lamauttamalla** elektronisia järjestelmiä ja
- 3) **suojata** omat joukot ja niiden järjestelmät **estämällä** tai **harhauttamalla** vihollista saamasta tietoa niiden määrästä, sijainnista, liiketilasta, käyttötavasta ja -aikeista sekä

<sup>2</sup> NATO:n käsitemaailmassa emissiokontrolli EMCON (Emission Control) on osa operatiivisen alan vastuulla olevaa elektronista sodankäyntiä, kun taas taajuushallinta on osa johtamisjärjestelmäalaa.

teknisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista sekä **valvomalla** omaa sähkömagneettisen spektrin käyttöä.

Elektroninen sodankäynti jakautuu

1. elektroniseen tukeen (ELTU, engl. Electronic Support, ES)
2. elektroniseen vaikuttamiseen (ELVA, engl. Electronic Attack, EA)
3. elektroniseen suojautumiseen (ELSU, engl. Electronic Protection, EP)

Elektroniseen sodankäyntiin liittyy lisäksi elektronisen tiedustelun muodossa signaalitiedustelu (SIGINT, Signals Intelligence), jota Suomessa ei lueta osaksi ELSO:a, vaan strategista tiedustelua. Signaalitiedustelulla kerätään kuitenkin tietoja myös elektronisen sodankäynnin tarpeisiin. Signaalitiedustelussa käytetään samoja menetelmiä ja osin jopa samoja järjestelmiä kuin elektronisessa tiedustelussa ja valvonnassa, joten sen ryhmittäminen ELSO:n ulkopuolelle kuvaa pikemminkin asioiden organisoimista ja tiedon hyödyntämiskohdetta kuin asian teoreettista tai konseptuaalista olemusta.

Elektronisen sodankäynnin menetelmiä ja tekniikoita käytetään lähes kaikissa taistelukentän järjestelmissä, vaikka ne eivät olisikaan elektronisen sodankäynnin järjestelmiä. Esimerkiksi tutka ei ole ELSO-järjestelmä, vaikka käyttääkin elektronisen sodankäynnin keinoja suojautumiseen. Juuri elektroninen suojautuminen koskee kaikkia järjestelmiä, kun taas elektroninen tuki ja elektroninen vaikuttaminen ovat toimintoja, jotka toteutetaan nimenomaan ELSO-järjestelmissä.

## 4.2 Elektroninen sodankäynti taistelun tukena

### 4.2.1 ELSO on kiinteä osa taistelua

***Mikäli ELSO on kiinteä osa kokonaisoperaatiota, se voi olla avain murskavoittoon. Jos ELSO sen sijaan on vain erillinen jälkikäteen lisättävä osa perinteiseen operaatiosuunnitelmaan, sillä voidaan saavuttaa vain rajallista etua.***

Kaikki sähkömagneettisen spektrin käyttöön liittyvät asiat on suunniteltava, toteutettava ja koordinoitava osana yhtymän kokonais-taistelua siinä missä perin-

teisetkin elementit; tuli ja liike sekä suoja. Vielä 1900-luvulla elektroninen sodankäynti oli paljolti erillinen taistelun elementti, joka suunniteltiin ja toteutettiin sen jälkeen kun operaatio oli muutoin suunniteltu. Tällöin ELSO kyllä tehosti suorituskykyä, muttei tuonut radikaalia muutosta taistelun kulkuun. Maailman huomion herätti kuitenkin Israelin vuoden 1982 hyökkäys Libanoniin. Yhdistetyllä ELSO-tuli-iskulla israelilaiset tuhosivat syyrialaistaisten 20 ilmatorjuntaohjuspatterista 19, yhden panssariprikaatin sekä noin 80 torjuntalennolle lähetettyä hävittäjää vain yhden koneen omilla tappioilla. Tulos perustui paljolti tiedustelulennokkien sekä häirintä-, tiedustelu-, ja taistelunjohtokoneiden reaaliaikaiseen yhteistoimintaan. Ennen kaikkea kyse oli kuitenkin elektronisen sodankäynnin huomioimisesta operaation suunnittelussa ja toteutuksessa jo alusta lähtien. Elektronisella tuella luotiin reaaliaikainen tilannekuva. Elektronisella harhauttamisella ja häirinnällä lamautettiin syyrialaistaisten ilmapuolustuksen toiminta ja houkuteltiin heidät ampumaan ohjuksensa väärään aikaan harhamaaleihin todellisten

rynnäkkökoneiden sijasta. Elektronisella suojausjärjestelmällä varmistettiin oma tilannekuva ja johtamiskyky sekä aseiden osuminen maaleihinsa. Tämän kokonaisuuden seurauksena israelilaiset pystyivät johtamaan omaa toimintaansa, kun taas syyrialaisilta katosivat joukot, lentokoneet ja asejärjestelmät hallinnasta. Häirinnän ja täsmäaseiden vaikutuksen suojassa Israel tuhosi ensin Syyrian ilmavoimat ja ilmatorjunnan ja sitten lamautti sen maavoimat. Jos operaatio olisi rakennettu perinteiselle ilmasodankäynnin periaatteille eikä siinä olisi sovellettu elektronista sodankäyntiä, tappioluvut olisivat olleet radikaalisti toisenlaiset. Elektronisella sodankäynnillä päästiin tappiosuhteeseen 80:1! Strateginen isku alkaa vastustajan ilmapuolustuksen lamauttamisella (SEAD, Suppression of Enemy Air Defences), jossa ELSO:lla luodaan toimintavapaus tuhota ensin vastustajan sensorit ja sitten sen ase- ja komentojärjestelmä fyysisellä asevaikutuksella sekä säteilyyn hakeutuvilla että muutoin hakeutuvilla ohjuksilla. Tästä kokonaisuudesta käytetään nimitystä ELSO-tuli-isku. Tulevaisuudessa strategisen iskun ensiaseina voitaneen käyttää radiotaajuisia aseita. Niillä tarkoitetaan sähkömagneettiseen pulssiin (EMP, Electro-Magnetic Pulse) tai suuritehoiseen mikroaaltosäteilyyn (HPM, High-Power Microwave) perustuvia asejärjestelmiä, joilla lamautetaan puolustajan ilmapuolustus- ja johtamisjärjestelmät ja taataan hyökkääjän ilmavoimille täydellinen ilmaherruus.

***Puutteet komentajan osaamisessa voivat muodostaa esteen ELSO:n tehokkaalle hyödyntämiselle taistelussa.***

2000-luvulla järjestelmät integroituvat ja verkottuvat. Näin tapahtuu myös elektronisen sodankäynnin kohdalla. Elektronisen tuen sensorit eivät enää ole salamyhkäisiä taistelu-

kentän hiljaisia korvia, vaan osa komentajan käytössä olevaa sensoripopulaatiota siinä kuin vaikkapa akustiset sensorit tai aktiiviset tutkat. Myös elektronisen vaikuttamisen välineet ovat osa komentajan käytössä olevaa keinovalikoimaa, aivan kuten epäsuora tuli. Toisaalta vihollisen elektronisen sodankäynnin välineet on nähtävä vähintään vastaavan arvoisina maaleina kuin sen tiedustelu- ja asejärjestelmät. Tulevaisuuden taistelukentällä komentajan on siten osattava käyttää ELSO:a yhtenä sensori- ja asejärjestelmänä muiden joukossa sekä ymmärrettävä miten vihollisen elektronisen sodankäynnin järjestelmät vaikuttavat operaatioon. Tämä asettaa komentajan osaamiselle ja luovuudelle nykyistä tiukempia vaatimuksia. Mahdolliset puutteet komentajan osaamisessa muodostavat esteen ELSO:n tehokkaalle hyödyntämiselle taistelussa.

ELSO antaa mahdollisuudet myös säädellä voimankäyttöä. Kohdetta ei tarvitse aina tuhota (ns. hard kill), vaan se voidaan myös lamauttaa (soft kill) estämällä sitä toteuttamasta operaatiota. Vihollisen toiminnan estämiseen voi riittää pelkkä lamauttaminen: Esimerkiksi viestiyhteyksien lamauttamisella voidaan estää joukon osallistuminen taisteluun tai sensorin lamauttamisella estää tiedustelujärjestelmää suorittamasta tehtäväänsä. Tulevaisuudessa radiotaajuisien aseiden avulla voidaan vihollisen toimintaa häiritä tai jopa estää lamauttamalla sen elektroniset järjestelmät. Toisaalta perinteinen fyysinen asevaikutus voi tarjota edullisemmän tai pysyvämmän mahdollisuuden sopivien kohteiden tuhoamiseen, joten oikea vaikutustapa tulee osata valita tilanteen mukaisesti.

## 4.2.2 Elektroninen tuki

Elektroninen tuki (ES, Electronic Support) on elektronisen sodankäynnin keskeisin elementti. Se havaitsee sensoreillaan taistelukentällä aktiiviset lähettimet, kuten radiolaitteet, tutkat ja radiokorkeusmittarit. Paikantamalla lähettimet se tuottaa reaaliaikaista tilannekuvaa sekä vastustajan että omien järjestelmien sijainnista, liikkeestä ja käytöstä. Elektroninen tuki kykenee muodostamaan muutamissa sekunneissa tilannekuvan, josta käy ilmi aktiivisesti toimivat omat ja vihollisen joukot sekä taistelualueella mahdollisesti olevat muut toimijat. Puolustuksessa elektroninen tuki mahdollistaa vihollisen hyökkäyksen rakenteen, aikautuksen ja painopisteen selvittämisen taistelukosketuksesta alkaen. Sen tuottamia tietoja voidaan käyttää esimerkiksi panssarintorjunnan ja oman epäsuoran tulenkäytön painopisteiden muodostamiseen. Sen antamien maalitietojen perusteella voidaan johtaa epäsuoraa tulta vihollisen johtamispaikkoja ja tuliyksiköitä vastaan.

Elektronisen tuen järjestelmät ovat passiivisia, joten niiden olemassaolo, sijainti tai käyttö ei paljastu viholliselle. Siten vihollisen on erittäin vaikea havaita ja tuhota tai kiertää niitä. Vihollisen rynnäkkökoneet eivät esimerkiksi havaitse olevansa passiivisen sensorin seurannassa eivätkä siten osaa käynnistää vastatoimenpiteitä. Passiivisen järjestelmän avulla voidaan johtaa tulta suoraan tai ohjata aktiivisia sensoreita toimimaan vain hetimitäin, jolloin niiden tuhoutumisriski pienenee.

Elektronisen tuen etuna on se, että tilannekuva syntyy hyvin nopeasti taistelukosketuksen jälkeen, kun joukot käynnistävät aktiiviset sensorinsa ja radiolaitteensa. Samalla saadaan nopeasti paikannettua myös omat joukot sekä seurattua niiden liikkumista ja taistelua reaaliaikaisesti.

Passiivisuus on toisaalta heikkous, sillä elektroninen tuki ei havaitse järjestelmiä ja joukkoja, jotka eivät lähetä mitään sähkömagneettiseen spektriin. Operaatioturvallisuuden ylläpitämiseksi joukot pyrkivät noudattamaan radiohiljaisuutta taistelukosketukseen saakka, jonka jälkeen tulikomentoliikenne, maalinosoitus ja taistelun johtaminen edellyttävät lähetinten käyttöä. Siten tilannekuvaa ei saada ennen taistelukosketusta. Toisaalta taistelukosketuksen jälkeen tilannekuva saadaan muodostettua erittäin nopeasti. Lisäksi esimerkiksi hävittäjä- ja rynnäkkökoneosasto ei välttämättä voi toimia ilman aktiivisia lähettäjiä; kuten radiokorkeusmittareita, yhteyttä taistelunjohtoon, tai hävittäjä- tai pommitustutkaa.

Verkottuneella taistelukentällä, jolla valvonta- ja asejärjestelmien suuri ulottuvuus mahdollistaa nopean ja tarkan tulenkäytön, on merkittäväksi ongelmaksi noussut havaittujen maalien tunnistaminen. Maalipisteet on ensinnäkin kyettävä päättämään vihollisiksi ja toiseksi on kyettävä päättämään, mitkä lukuisista havaituista maaleista ovat tulenkäytön arvoisia. Elektronisen tuen yksi erityisominaisuus on se, että se (toisin kuin tutka tai lämpökamera) kykenee useissa tilanteissa tunnistamaan joukon pitkiltä etäisyyksiltä tunnistamalla sen käyttämät välineet niiden lähettämien signaalien perusteella. Elektroninen tuki onkin tulevaisuudessa keskeisimpiä maalintunnistuksen (combat-ID, non-cooperartive target recognition) menetelmiä. Se on jo tällä hetkellä kriisinhallinta- operaatioiden tärkein sensori.

Elektroninen tuki kykenee myös antamaan joukolle, aluksille tai ajoneuvoille uhkavaroituksen havaitsemalla, paikantamalla ja tunnistamalla omiin järjestelmiin välittömästi kohdistuvan tiedustelun, häirinnän ja asevaikutusuhkan. Sen perusteella voidaan optimoida omat vastatoimet. Elektroninen uhkavarointi voidaan saada joukkoa tukevalta elektronisen tuen sensorilta tai kohteen omasuojajärjestelmältä. Uhkavarointia voidaan käyttää sekä suojautumis- ja väistötoimenpiteiden käynnistämiseen ja ohjeistamiseen, että omasuoja- ja asejärjestelmän aktivoimiseen ja ohjaamiseen.

### 4.2.3 Elektroninen vaikuttaminen

Elektroninen vaikuttaminen (EA, Electronic Attack) tarkoittaa hyökkäyksellisiä toimenpiteitä, joilla pyritään heikentämään vihollisen toimintakykyä vaikuttamalla sen elektronisiin järjestelmiin. Elektroninen vaikuttaminen jakautuu elektroniseen häirintään, elektroniseen harhauttamiseen ja elektroniseen lamauttamiseen sekä elektroniseen tuhoamiseen.

**Elektronisella häirinnällä** vaikeutetaan tai estetään vihollisen kykyä hyödyntää sähkömagneettista spektriä. Elektroninen häirintä kohdistuu aina järjestelmien vastaanottimiin. Häirintä voi olla luonteeltaan estävää tai harhauttavaa. Estävällä häirinnällä pyritään vaikeuttamaan vastapuolen kykyä vastaanottaa tietoa sähkömagneettisesta spektristä. Käytännössä tämä näkyy häiritävän järjestelmän toimintaetäisyyden supistumisena, esimerkiksi tutkajärjestelmän kantama ja viestijärjestelmällä saavutettavissa oleva yhteysväli supistuu normaalista murto-osaan. Ilmapuolustuksen valvonta- ja seuranta-tutkien häirinnällä pyritään pienentämään valvonta- ja asejärjestelmien tehollista kantamaa niin paljon, että niitä vastaan voidaan hyökätä tutkan kantaman ulkopuolelta mutta oman asejärjestelmän sallimalta etäisyydeltä. Joissakin tilanteissa häirintä on riittävän tehokasta, jos sensori- ja asejärjestelmien kantamaa kyetään pienentämään niin paljon, että vihollisen puolustusjärjestelmään muodostuu aukko, jota se ei kykene selvittämään tai johon se ei kykene ampumaan ilmatorjuntaohjuksia. Johtamisjärjestelmän häirinnällä pyritään katkaisemaan vastustajan johtamisyhteydet ja siten hidastamaan sen toimintaa.

**Elektroninen harhauttaminen** tarkoittaa aktiivisia hyökkäyksellisiä toimenpiteitä, joilla pyritään syöttämään viholliselle vääriä tietoja omien järjestelmiemme ja joukkojemme määrästä, sijainnista, liikkeestä, aikeista ja teknisistä ominaisuuksista. Elektronisella harhauttamisella vaikeutetaan ennen kaikkea vihollisen tiedustelutoimintaa, mutta sillä voidaan pyrkiä myös vaikuttamaan vihollisen johtamistoimintaan lähettämällä harhauttavia sanomia ja käskyjä vihollisen komentoverkkoon. Harhauttamiseen voidaan käyttää esim. aktiivisia ja passiivisia tutkavalemaaleja, aktiivisia valelähettämiä sekä häirintälähettämiä, joiden lähettämien signaalien avulla luodaan valemaamaaleja vastaanottavaan tutkaan.

**Elektroninen lamauttaminen** tarkoittaa vihollisen elektronisten laitteiden toimintakyvyn heikentämistä kohdistamalla niihin sähkömagneettista energiaa. Lamauttaminen on luonteeltaan tilapäistä, eikä se aiheuta suoraan vihollisen järjestelmään pysyviä vaurioita. Välillisesti pysyviä vaurioita voi syntyä esimerkiksi silloin, kun sensori- tai ohjausjärjestel-

män lamauttaminen johtaa ajoneuvon törmäykseen tai ohjuksen maahan syöksymiseen. Elektronisen häirinnän ja lamauttamisen erona on se, että edellinen kohdistuu vastaanottimiin ja sillä pyritään estämään vihollisen kykyä vastaanottaa tietoa sähkömagneettisesta spektristä, kun taas lamauttamisella sen sijaan pyritään vaikuttamaan itse laitteen sisäiseen toimintakykyyn. Lamauttaminen toteutetaan samoilla elektronisilla asejärjestelmillä kuin tuhoaminenkin.

**Elektronisella tuhoamisella** pyritään aiheuttamaan vihollisen elektronisiin laitteisiin pysyviä vaurioita kohdentamalla niihin niin suuri sähkömagneettinen energia, että laitteiden elektroniset komponentit vaurioituvat. Elektronisessa tuhoamisessa voidaan käyttää esimerkiksi sähkömagneettista pulssia (EMP) tai suurtehomikroaaltopulssia (HPM). Näistä *radiotaajuisista aseista* sekä laserista käytetään myös nimitystä *suunnatun energian ase* (DEW, Directed-Energy Weapon).

Suunnatun radiotaajuisen energian aseet voivat tuoda mukanaan vallankumouksellisen mahdollisuuden lamauttaa vastustajan elektroniset järjestelmät. Erittäin voimakastehoiset radiotaajuiset signaalit kykenevät häiritsemään elektronisesti ohjattuja järjestelmiä johtamisjärjestelmien tietokoneista ohjusten hakupäihin. Suunnatun energian aseista erityisesti suurtehomikroaaltoase, eli HPM-ase, on muodostumassa todellisuudeksi taistelukentällä. Tämän epäkonventionaalisen aseiden perusluonne, näkymätön ja monesti jopa täysin huomaamaton vaikuttaminen, tuo mukanaan monipuolisia vaikutusmahdollisuuksia. Kohteita voidaan esimerkiksi lamauttaa niiden sitä itse havaitsematta. Aseiden käyttökynnystä madaltaa lisäksi se, ettei sillä ole vaikutusta muihin kuin elektronisiin laitteisiin, joten oheisvahinkojen pelko ei rajoita aseiden käyttöä kriisitilanteissa. Erityisen sovelias se on lyhyen kantaman sovelluksiin, kuten erittäin lyhyen kantaman ohjus- ja ilmatorjuntajärjestelmiin sekä kohteen välittömään läheisyyteen toimitettavien täsmäaseiden taistelukärkiin tai erikoisjoukkojen käyttöön.

#### 4.2.4 Elektroninen suojautuminen

**Elektroninen suojautuminen** (EP, Electronic Protection) tarkoittaa toimenpiteitä, joilla pyritään takaamaan omien elektronisten järjestelmien toimintakyky ja joilla vaikeutetaan vihollisen tiedustelutoimintaa. Elektroninen suojautuminen on luonteeltaan puolustusellista, vaikka jotkut sen menetelmistä perustuvatkin aktiiviseen vaikuttamiseen. Puolustusvoimien määritelmän mukaan elektroninen suojautuminen jaetaan aktiiviseen ja passiiviseen suojautumiseen. Määritelmä on teknislähtöinen. Operatiivisen tarkastelunäkökulman kannalta on parempi jakaa suojautuminen seuraavasti:

- suojautuminen elektroniselta tiedustelulta ja sen tukemalta asevaikutukselta
- suojautuminen elektroniselta vaikuttamiselta
- suojautuminen asejärjestelmiltä

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti edellä kuvattuja kolmea elektronisen suojautumisen aluetta.

**Suojautuminen elektroniselta tiedustelulta ja sen tukemalta asevaikutukselta** tarkoittaa sitä, että taistelukentän järjestelmät suunnitellaan ja niitä käytetään siten, etteivät

ne paljastu vihollisen elektroniselle tiedustelulle ja altistu sen tukemalle asevaikutukselle. Käytännössä ei ole mahdollista estää järjestelmiä paljastumasta, mutta ne voidaan kuitenkin suunnitella siten, että teknisin keinoin ja oikealla järjestelmien käytöllä voidaan toimia myös vihollisen elektronisen tiedustelun alaisena. Tämä edellyttää kuitenkin järjestelmien suunnittelemista jo alun perin toimimaan elektronisessa uhkaympäristössä. Tällöin on kyettävä sovittamaan yhteen vihollisen aiheuttama uhka sekä oman järjestelmän tekniset ominaisuudet ja järjestelmän käyttöperiaatteet. Järjestelmien kehittäminen ja hankinta on siten tehtävä kokonaisuutena, jossa samanaikaisesti tarkastellaan uhkarviota, operatiivista konseptia ja järjestelmän teknisiä vaatimuksia.

Suojautuminen vihollisen elektroniselta tiedustelulta kulminoituu emissioiden, eli omien läheteiden, hallintaan ja sitä tukevaan taajuushallintaan. Emissioiden hallinnalla (EMCON, Emission Control) tarkoitetaan omien järjestelmien toiminnallisten ja tahattomien sähkömagneettisten emissioiden tuntemista ja minimoimista siten, että minimoidaan vihollisen mahdollisuudet havaita, analysoida, luokitella, tunnistaa, yksilöidä ja paikantaa järjestelmiämme sekä estetään järjestelmiämme vastaan kohdistuvien vastatoimien optimoimista. Suojautumiseen voidaan käyttää myös välillisiä keinoja, kuten vihollisen tiedustelu- ja valvontajärjestelmän tukkimista suurella informaatiomäärällä ja tilannekuvan muodostamisen hidastamista harhauttamalla.

*Suojautuminen elektroniselta vaikuttamiselta* käsittää sekä teknisiä keinoja, kuten järjestelmien vahvistamisen kestävästi haitallista sähkömagneettista säteilyä, että järjestelmien oikean käytön ohjeistamista ja suunnittelua ja erilaisia mahdollisia vastatoimienpiteitä häirinnän alla.

*Suojautuminen asejärjestelmiltä* tarkoittaa sitä, että estetään vihollisen sensorin maalihavainto vaikuttamalla asejärjestelmän etsintäensensoreihin, estetään asejärjestelmän lukittuminen maaliin vaikuttamalla maalinosoitusjärjestelmään tai estetään aseosumisen tai suunnitelman mukainen toiminta vaikuttamalla ammusten hakupäihin ja herätesytyttimiin. Asejärjestelmiltä suojautumisessa on kyettävä yhdistämään sekä elektronisen tuen ja elektronisen häirinnän että häivetekniikan menetelmiä optimaalisen kokonaisuuden muodostamiseksi.

Taistelukentän järjestelmien kallistumisen sekä korkeateknologisen uhan kasvun myötä *omasuojajärjestelmät* ovat tulossa myös taistelukentän keskeisiin lavetteihin. Omasuojajärjestelmän välittömänä tavoitteena on saada vastustajan ase harhautumaan maalista tai tuhota se ennen kuin se ehtii vaikuttamaan suojattavaan kohteeseen. Omasuojajärjestelmät ovat osa kohteen kokonaissuojaa ja ne liittyvät kiinteästi sekä tilannetietoisuuteen että lavetin herätteen minimointiin. Häivetekniikan avulla saadaan vähennettyä kohteen herätettä, mikä puolestaan lyhentää sensoreiden havaitsemis- ja tunnistamisetäisyyksiä. Näitä voidaan edelleen lyhentää elektronisella häirinnällä. Käyttämällä kohdetta lisäksi siten, etteivät uhkaavat sensorijärjestelmät pääse havaitsemis- tai yleisemmin tunnistamisetäisyydelle, kohde on suojassa. Mikään edellä mainituista ei yksinään tuo riittävää suojaa.

Täsmäaseiden kehittyminen on mahdollistanut pistemaalien systemaattisen tuhoamisen sekä tykistöllä että ilmasta. Aseissa käytettävän teknologian halpeneminen ja sitä seuran-



nut täsmäaseiden yleistyminen puolestaan luo sodanjohdolle mahdollisuuksia hyökätä täsmäsein yhteiskunnan infrastruktuuriin ja strategisten maalien lisäksi myös taktisen tason kohteita vastaan. Vastaavasti puolustajan on toimintakykynsä säilyttääkseen kehitettävä kykyä suojata elintärkeitä kohteitaan täsmäaseilta.

Suojaamisessa on käytettävä kustannustehokkaassa suhteessa elektronista vaikuttamisesta ja -suojautumista, häive- ja maastouttamis- sekä harhautusmenetelmiä ja -välineitä. Ilma-aluksissa tämä tarkoittaa tutkavaroitin- ja ohjusvaroitinien käyttöä sekä silpun/soihdunheitintä ja omasuojahäirintälähetinien käyttöä. Tarvittava varoitin- ja vastatoimenpidelaitteistokokonaisuus riippuu lavettiin kohdistuvasta uhkasta. Lentokoneissa perinteisen tutkavaroitin-silpunheitin-tutkahäirintälähetin -yhdistelmän lisäksi (passiivinen) ohjusvaroitin-soihdunheitin ja ennen kaikkea ohjusvaroitin-infrapunahäirintälähetin -yhdistelmät (suunnattu infrapunahäirintä – DIRCM Directed IR Countermeasures) tulevat yleistymään matalalla toimivissa laveteissa. Niiden yleistymistä lisäävät lisäksi erilaiset sotaa matalammat konfliktit, joissa yhtenä merkittävänä uhkana on koneiden nousu- ja laskuvaiheessa tapahtuva hyökkäys ns. olkapääohjuksin. Tutkahäirintälähetin on 1990-luvulla osin siirtynyt lentokoneesta sen perässä vedettäväksi hinatteen (towed decoy), johon tutkahakuisen ohjuksen halutaan harhautuvan. Säteenseuraajaohjusten yleistyminen lisää myös laservaroitinien käyttöä lentokoneiden omasuojajärjestelmissä.

Laivojen omasuojajärjestelmissä käytetään passiivista ES-sensoria sekä laservaroitinta ilmaisemaan tuleva uhka ja perinteisiä (infrapuna- ja tutka)heitteiden ja manöövereiden yhdistelmää suojautumisessa. Miehitämättömien pinnassa liikkuvien alusten ja lennokeiden tai muiden lentävien häirintälavettien käyttö mahdollistaa realistisesti liikkuvan maalin herätteen luomisen riittävän kauas suojattavasta kohteesta ilman heitteiden toiminta-aikarajoituksia. Multispektraalinen sumu voi tekniikan kehittyessä tarjota hyvän suojan täsmäaseita vastaan.

Maalaveteissa käytetään uhkasensorina uhkatyyppistä riippuen tyypillisesti laservaroitinta ja/tai millimetriaaltotutkavaroitinta ja suojauksen multispektraalisia (visuaali- ja infrapuna- sekä millimetriaaltoalueen) heitteitä ja mahdollisesti infrapunahäirintäjärjestelmiä. Maasovelluksissa omasuojajärjestelmät eivät ole yleistyneet samassa määrin kuin ilmassa ja merellä liikkuvissa aluksissa. Ensisijaisena syynä tähän on omasuojajärjestelmän suhteessa korkeampi hinta lavetin hintaan nähden sekä monitahoisempi uhkaympäristö, jossa reagointiaikaa on lyhyiden ampumaetäisyyksien vuoksi lisäksi hyvin vähän. Kustannustehokkain keino on edelleen tutka- ja infrapunaherätteen hallinta rakenne- ja materiaaliteknisin keinoin sekä yksinkertaisten multispektraaliheitteiden käyttö.

#### 4.2.5 ELSO-tukitoiminta

ELSO-tukitoiminta (Electronic Warfare Support) on otettu suomalaiseksi käsitteeksi 2000-luvun alussa. ELSO-tukitoiminta tarkoittaa niitä toimia, joilla strategisen signaalitiedustelun ja muiden tiedustelulajien tuottamilla tiedoilla tuetaan eri puolustushaarojen ELSO-toimintaa. ELSO-tukitoimintaa suorittaa tyypillisesti tietty nimenomainen yksikkö (ELSO-tukikeskus; Electronic Warfare [Operational] Support Centre), tai vaihtoehtoisesti vastuualueita on jaettu asevoimien eri yksiköille.

ELSO-tukitoiminta on osaksi teknistä tukea uhkakuvan mukaisiin elektronisen sodankäynnin kohdejärjestelmiin liittyen. Annettavat tiedot ovat hyvin monitasoisia, vaihdellen ELSO-sensorijärjestelmien parametroidista (kohteiden tunnistukseen tarvittavat signaalikirjastot) häirintäjärjestelmien tarvitsemiin kohdejärjestelmäspesifisiin häirintämenetelmiin, erilaisiin ELSO-toiminnan kehittämisessä tarvittaviin suorituskykyarvioihin, jne. ELSO-tukitoimintaa tarvitaan kaikilla ELSO:n taajuusalueilla (tutkat, viestijärjestelmät, optoelektroniset järjestelmät) ja tietoja käytetään sekä järjestelmätasolla, että toimintaa ja taktiikkaa suunniteltaessa sekä koulutettaessa.

Teknisessä ELSO-tukitoiminnassa käytetään erilaisia laboratoriojärjestelmiä omasuojajärjestelmien ja häirintäjärjestelmien parametroidin ja häirintämenetelmien kehityksen tukena.

ELSO-tukitoiminta on myös operatiivis-taktista tukea operatiivisen ja taktisen tason elektronisen sodankäynnin joukoille. Tällöin kohdejärjestelmien sijaan korostuvat kohdeorganisaatiot ja niiden toiminta erilaisissa taistelutilanteissa. Nämä tiedot vaikuttavat suoraan ELSO-järjestelmien tuottamiin automaattisiin elektronisiin taistelujao-tuksiin (EOB, Electronic Order of Battle), ELSO-joukkojen koulutukseen ja toiminnan suunnitteluun, sekä laajemminkin elektronisen taistelukentän uhkakuvana koko puolustusvoimien operatiiviseen suunnitteluun.

On huomattava, että *ELSO-tukitoimintaa* ei tule sekoittaa edellä kuvattuun *elektroniseen tukeen*, vaikka termit muistuttavat toisiaan.

#### 4.2.6 Taajuushallinta saa perusteet elektronisen taistelun hallinnasta

Suomalaisessa käsitemaailmassa taajuushallinta ei ole osa elektronista sodankäyntiä. Kuitenkin esimerkiksi NATO:n ja Yhdysvaltain asevoimien mukaan taajuuksien käytön ohjaus (frequency deconfliction) sekä suojautuminen myös omilta elektronisen sodankäynnin menetelmiltä on osa elektronista suojautumista. Operatiivisen käytön kannalta on huomattava, että häiriösignaalin vuoksi toimimaton järjestelmä on toimimaton, vaikka häiriö tulisikin omista järjestelmistä.

Edellä kuvattujen sidosten ja reaaliaikavaatimusten vuoksi kriisin aikana taajuushallinta on osa elektronisen taistelun suunnittelua ja johtamista. Taajuushallinta antaa mahdollisuuksia käyttää taajuuksia, ja elektroninen suojautuminen pyrkii osoittamaan näistä käyttöön soveltuvia taajuuksia ja toimintamoodeja, joilla toiminta vihollisen tiedustelu-, valvonta-, maalinosoitus- ja häirintäuhkan alla on mahdollista. Taajuushallinta pyrkii valvomaan omien joukkojen taajuuksien käyttöä allokointi- ja käyttökonfliktien havaitsemiseksi. Elektroninen tuki puolestaan pyrkii muodostamaan kokonaistilannekuvaa riippumatta siitä onko informaation lähde vihollisen, kolmansien osapuolten, tai oma järjestelmä. Elektronisella vaikuttamisella pyritään estämään vihollisen järjestelmien kykyä käyttää sähkömagneettista spektriä. Vaikuttamisessa on otettava huomioon paitsi se, miten vihollisen operatiivinen kyky tietyistä spektrin osista riippuu, myös se, että häiritsemällä voidaan samalla estää tai haitata omaa kykyä hyödyntää spektriä sekä oman tiedustelujärjestelmän toimintaa.

Taajuuksien allokoinnin on kriisiaikana oltava reaaliaikaista ja perustuttava sekä rauhan aikana tehtyihin taajuusvarauksiin että omien joukkojen elektronisen suojan tarpeeseen, elektronisen tuen antamiin tilanne- ja vihollistietoihin ja omaan tiedustelu- ja häirintätarpeeseen. Tämän vuoksi kaikki sähkömagneettisen spektrin hallintaan liittyvät toimitteet ja voimavarat on keskitettävä samaan organisaatioon ja samoihin järjestelmiin.

## 4.3 ELSO:n elementtien kehittyminen

### 4.3.1 Elektroninen tuki

Elektronisen tuen järjestelmät kohtaavat jatkossa suuria ongelmia kohteiden teknisen kehittymisen vuoksi. Kohteiden havaitseminen, paikantaminen ja muu hyödyntäminen vaikeutuu oleellisesti viesti- ja tutkajärjestelmien signaalinkäsittelyominaisuuksien kehittymisen vuoksi. Signaalien parametreja vaihdellaan taajuuden, ajan ja paikan suhteen. Hajaspektritekniikat (suorahajotusmenetelmä), taajuushyppivät radiot, lyhyet purskelähteet yms. yleistyvät edelleen viestijärjestelmissä, ja erilaiset LPI-tekniikat, lähetystaajuuden ja muiden parametrien nopea vaihtaminen, elektronisesti keilaavat antennit yms. tutkajärjestelmissä. Viestilähteissä siirrytään yhä enemmän mikroaaltoalueelle, tutkalähteissä millimetrialueelle ja optronisissa sovelluksissa infrapuna-alueelta ultravioletialueelle, mitkä kaikki vaikuttavat elektronisen tuen järjestelmien vaatimuksiin.

Ongelman tuottaa myös viestijärjestelmien jatkuva digitalisoituminen sekä salauksessa ja muussa koodaamisessa vaadittavan prosessointitehon halpeneminen. Jatkossa aina vain pienempi osa viestiliikenteestä siirtyy puheena tai muuten selkokielisenä läheteenä. Viestiliikenteen havainnointi lähenee siten perinteistä tutkakohteiden elektronista tukea, jossa kohteita tarkastellaan niiden teknisten parametrien, ja lisäksi esim. liikenneanalyysin avulla. Signaalit ovat dataa ja purskelähteitä, joiden tunnistamiseksi on kyettävä analysoimaan läheteen kaistanleveys, taajuustarkkuus, modulointitapa, koodaus, säröt, ryömiminen ja yms. parametrit. Vaativimpia tehtäviä tulevat olemaan hajaspektritekniikalla kätkettyjen signaalien ja muun salatun datan tilastollinen selvittäminen. Tämä edellyttää spektrien tallentamista ja tietokoneanalyysiä. Käyttöön tulevat yhä enenevässä määrin "tiedonlouhintatekniikat" (data mining), joilla relevantti tieto kaivetaan esiin suurista tietomassoista.

Toisaalta tekniikan yleinen digitalisoituminen tuo uusia mahdollisuuksia elektronisen tuen järjestelmille. Digitaalivastaanottimien yleistyminen ja digitaalisen signaalinkäsittelyn menetelmien ja prosessointitehon paraneminen tuo uusia mahdollisuuksia kehittyvien kohdejärjestelmien havainnointiin, kuten hajaspektrilähteiden löytämiseen. Järjestelmät myös pienenevät kooltaan. Elektronisen tuen järjestelmät kehittyvätkin yhä lähemmäksi strategisen signaalitiedustelun järjestelmiä, ja monet perinteisesti signaalitiedusteluun liittyvät tekniikat ja toiminnot, kuten yksittäisten lähettimien tunnistus (alustatunnistus, sormenjälkitunnistus) ja yhä tihenevän signaaliympäristön vaatimat analysointilaitteet ja älykkäät luokittelijat, ovat tulevaisuudessa tulossa myös taktiseen käyttöön.

Elektronisen tuen järjestelmät ovat viime vuosituhannella jakautuneet niiden kohdejärjestelmien mukaisesti viestijärjestelmien tiedusteluun, valvontaan ja kuunteluun (vrt. COMINT, Communications Intelligence) sekä puhetta sisältämättömien läheteiden tiedusteluun, valvontaan ja analysointiin (vrt. ELINT, Electronic Intelligence). Kohdejärjestelmien tekninen kehitys tulee kuitenkin ennen pitkää sulauttamaan elektronisen tuen haarat yhteen kokonaisuudeksi: Viestijärjestelmät ovat digitaalisia ja salattuja, niiden signaalinkoodaus muistuttaa koko ajan enemmän tutka- ja paikannusjärjestelmissä käytettävää koodausta, joten vastaavasti viesti-ES-järjestelmien on kyettävä samanlaiseen signaalinprosessointiin kuin tutka-ES-järjestelmienkin. Kun lisäksi vielä viestijärjestelmien käyttämä taajuusalue laajenee tutkataajuuksille ja toisaalta tutkien käyttämät taajuudet ulottuvat viestijärjestelmien perinteiselle kaistalle, tullaan siihen tilanteeseen, että ES-järjestelmien toimintataajuudet, antennirakenteet, vastaanottimet ja signaaliprocessointiyksiköt ovat samoja tai ainakin niin samankaltaisia, että järjestelmät sulautuvat yhteen elektronisen tuen kokonaisuudeksi. Vastaanotinjärjestelmät myös integroituvat signaalien monimutkaistumisen myötä, jolloin toisten vastaanotintyyppien heikkouksia täydennetään toisten hyvillä ominaisuuksilla.

Kasvava signaalitiheys, signaalirakenteiden kehittyminen yhä vaativammiksi, signaalien levittäytyminen yhä laajemmalle taajuusalueelle sekä teknisen analysoinnin korostuminen myös viestijärjestelmien tiedustelussa ja valvonnassa nostavat myös elektronisen tuen järjestelmien hintoja.

Elektronisen tuen järjestelmien suorituskykyyn liittyy myös sensoreiden ja johtamisjärjestelmien verkottuminen. Havainnot tulee saada levitettyä nopeasti ja laajalle eri johtoportaisissa. Tiedonsiirtomenetelmien ja esitysjärjestelmien kehittyminen tukee tätä kehitystä, joskin perinteiset tietoturvasuhteet voivat aiheuttaa tähän konflikteja. Tulevaisuutta ovat kuitenkin joka tasolla myös datafuusiojärjestelmät, joilla erityyppisten sensoreiden tietoja yhdistetään ja saadaan johtopäätöksille lisäarvoa.

Yleisenä elektronisen sodankäynnin kehitysvisiona on huomattava ohjelmistoradioiden kehittyminen: tulevaisuudessa samalla laitteella voi olla hyvinkin erilaisia viestiliikenne-, navigointi- ja jopa tutkasovelluksia, minkä lisäksi sitä voidaan käyttää älykkäästi elektroniseen tukeen ja vaikuttamiseen. Toisaalta ohjelmistoradiot asettavat suuria haasteita elektroniselle tuelle, sillä tietyn järjestelmän käyttäminen useaan eri tarkoitukseen vaikeuttaa vastapuolen elektronisen tuen johtopäätösten tekoa (esim. joukkojen tunnistamista lähettimien perusteella).

#### 4.3.2 Elektroninen vaikuttaminen

Elektroniseen harhauttamiseen ja vaikuttamiseen voidaan käyttää osin samoja järjestelmiä, joskin harhauttamisen saralla voidaan kekseliäillä yksinkertaisillakin järjestelmillä saada paljon aikaiseksi pienin kustannuksin. Harhautuksen merkitys korostuu tulevaisuuden elektronisella taistelukentällä, koska vihollisen sensorijärjestelmien kehittymisen myötä omaa toimintaa on hyvin vaikeaa pitää täysin salassa. Myös omat hyötyläheteet peittävä (maskaava) häirintä liittyy oman toiminnan salaamiseen. Joidenkin arvioiden

mukaan elektronisesta harhautuksesta tulee tulevaisuudessa elektronisen vaikuttamisen keskeisin osa-alue.

Elektroninen häirintä kehittyy teknisesti jatkuvasti kilpajuoksussa kohdejärjestelmien häirinnänväistöominaisuuksien kanssa. Taajuushyppytystä seuraavat viestihäirintälähetimet ja nopeasti kehittyviin digitaalisiin radiotaajuusmuisteihin (DRFM; Digital Radio Frequency Memory) perustuvat tutkahäirintälähetimet uhkaavat perinteisesti hyvin suojattuina pidettyjä järjestelmiä. Toisaalta uudet esim. älyantennitekniikkaan perustuvat suojautumismenetelmät tuovat häiritäjälle uutta päänvaivaa.

Vaikka järjestelmiä voidaan suojata häirinnältä monin erilaisin tekniikoin, häirintä on aina viime kädessä taistelua voimakkaimmasta läheteestä. Lähelle tuotu häirintälähetin kykenee helpommin häiritsemään kohteensa, minkä vuoksi myös häirintälavettien kehitys etenee nopeaa tahtia kohti miehittämättömiä järjestelmiä. Tulevaisuudessa lennokit sekä massiivisesti käytettävät yksinkertaiset sirotettavat järjestelmät ovat potentiaalisia häirintälavetteja, joskin niiden ongelmana on heikko sähkötehon tuotantokyky.

HF-alueella radiohäirinnän merkitys jäänee pieneksi, koska tehokkaan häirinnän järjestäminen on vaikeaa avaruusaallon ja suunta-antennien käytön vuoksi. VHF/UHF-alueilla radiohäirinnällä on tulevaisuudessa edelleenkin tärkeä merkitys. Tämän vuoksi elektroninen vaikuttaminen on integroitava muuhun tulenkäyttöön: fyysisellä tulenkäytöllä tai muita informaatio-sodankäynnin keinoja käyttäen lamautetaan ne järjestelmät, joita ei voida häiritä, ja toisaalta elektronisella häirinnällä lamautetaan ne järjestelmät, joihin ei voida vaikuttaa muuten. Vain tällaisella kokonaisstrategialla voidaan saavuttaa tuloksia – muuten vastustajan käyttöön jää aina jokin varajärjestelmä, eikä häirinnästä sen paremmin kuin tulenkäytöstäkään saada kovin suurta hyötyä.

Elektroninen häirintä niveltyy usein tiiviisti yhteen vihollisen ilmapuolustuksen lamauttamisen tai tuhoamisen (SEAD/DEAD; Suppression/Destruction of Enemy Air Defence) kanssa, mikä on nykyaikaisten sotien ensimmäisiä vaiheita. Ilmapuolustusjärjestelmää häiritään massiivisesti, mutta mahdollisuuksien ja tarpeen mukaan myös tuhotaan säteilyyn hakeutuvilla ohjuksilla (ARM; Anti Radiation Missile). SEAD-lavettien ja kokonaisjärjestelmien kehitysprojektit ovat lähitulevaisuudessa ehkä suurimpia yksittäisiä elektronisen sodankäynnin hankkeita, erityisesti USA:ssa.

Häirintämenetelmät sivuavat myös psykologista sodankäyntiä. Tulevaisuuden sodissa kiinnitetään yhä enemmän huomiota ELSO-järjestelmien suuritehoisten lähettimien käyttöön informaatio-operaatioissa oman propagandan lähettämiseen ja vihollisen tiedotteiden estämiseen. Lavetteina toiminevat jatkossakin Compass Call -tyyppiset isot lentokoneet.

On syytä korostaa erikseen satelliittinavigointisignaalien häirintää. GPS on erittäin helpposti häiritävä järjestelmä, ja sitä vastaan on myynnissä jopa kaupallisia häirintäjärjestelmiä. Satelliittinavigointijärjestelmällä tulee siten olla tulevaisuudessa aina varajärjestelmät. GPS-satelliitteihin ja -vastaanottimiin ollaan kehittämässä häirinnänväistöominaisuuksia, jotka perustuvat adaptiiviseen antennitekniikkaan sekä uuteen signaalirakenteseen. On kuitenkin nähtävä, että häirintäjärjestelmät kykenevät myös tulevaisuudessa

vaikuttamaan GPS-järjestelmän toimintaa. Eurooppalaisessa Galileo-järjestelmässä ei ole erikseen huomioitu vihamielisen elektronisen häirinnän väistämistä.

Keskeinen tulevaisuuden kysymysmerkki on elektroniseen lamauttamiseen käytettävien radiotaajuisten aseiden yleistyminen. Erilaisia EMP- ja HPM-aseita tai niiden demonstraattoreita on jo olemassa, mutta niiden leviämisen laajuus ja laajamittaisen käyttöön-oton aikataulu on avoin kysymys. Radiotaajuisten aseiden laaja käyttö muuttaisi oleellisesti järjestelmien suojausvaatimuksia ja koko nykyaikaisen sodan kuvaa. Monet sellaiset järjestelmät, joihin sodankäynti perustuu, olisivat täysin käyttökelvottomia. Erityisen haavoittuvia elektroniselle lamauttamiselle ovat tutka- ja radiolinkkijärjestelmät.

### 4.3.3 Elektroninen suojaus

Elektroninen suojaus kehittyy sekä teknisenä haasteena että toimintakulttuurina. Elektronisilla suojausmenetelmillä pyritään vähentämään vastapuolen häirinnän ja harhautuksen vaikutusta sekä mahdollisuuksia siepata signaalejamme. Teknisesti näihin päämääriin pyritään mm. salaamalla viestien sisältö, lyhentämällä viestitusaikoja, hajauttamalla signaalit ajallisesti ja paikallisesti, suuntaamalla lähetteet sekä säätelemällä tehoa, kaistanleveyksiä ja modulaatioita.

Elektronisen suojauksen tulee olla mukana kaikkien organisaatio- ja järjestelmä-tasojen operatiivisessa suunnittelussa. Oma toiminta tulee järjestää siten, että voidaan mahdollisimman tehokkaasti suojautua vihollisen tiedustelulta, elektroniselta tuelta ja elektroniselta vaikuttamiselta. Teknistä apua tähän tuo erilaisten radioaaltojen etenemistä analysoivien laskentamallien ja tietokoneohjelmien yleistyminen, sekä tilannekuvan levittäminen myös alemman tason joukoille tietoverkkojen myötä. Elektronisen suojaus-tumisen tulee olla oleellisena osana kaikkea tulevaisuuden harjoitustoimintaa. Sillä luodaan edellytykset sekä sodan ajan toiminnan osaamiselle, että estetään vastustajaa saamasta sodan ajan toiminnan kannalta kriittistä informaatiota rauhan aikaisista harjoituksista.

Passiivista elektronista suojausta on kehitetty voimakkaasti viime vuosina, ja kehitys jatkuu tulevaisuudessa. Häivetekniikkaa kehitetään sekä tutkia että optronisia sensoreita vastaan, erityisesti materiaalteknisin ja rakenteellisin keinoin. Tulevaisuudessa kaikkien lavettien suunnittelussa eräs keskeisimpiä suunnittelukriteereitä tulee olemaan alustan tutkapoikkipinta-ala ja IP-sormenjälki, olipa kyseessä maa-, meri- tai ilmalavetti.

Myös taajuushallinta ja laajempina käsitteenä emissioiden hallinta (EMCON) tulee kehittymään. Tähän vaikuttaa tietotekniikan ja -verkkojen kehittyminen ja sen mahdollistama reaaliaikainen taajuushallinta. Tämä mahdollistaisi myös hyvin älykkäät harhautustoimet, jos elektroninen vaikuttaminen, harhauttavat lähetteet ja omat hyötylähetteet saataisiin koordinoitua ovelasti.

Elektronisten järjestelmien yleinen kehittyminen tuo mahdollisuuksia elektroniseen suojautumiseen. Tällaisia mahdollisuuksia muodostavat mm. digitalisoitumisen ja signaalinkäsittelyn mahdollistaman salauksen ja antennitekniikan kehittyminen. Anten-

nitekniikassa joudutaan edelleenkin tekemään kompromisseja havaitsemisen todennäköisyyden, taajuusalueen, suuntimistarkkuuden ja kustannusten kesken. Elektronisesti keilaavat antennit yleistyvät lähitulevaisuudessa kaikissa sovelluksissa kaukovalvontatutkista aseiden hakupäihin. Niiden seuraava kehitys askel on ns. tila-aika- (Space-Time Coding) ja MIMO-prosessointi (Multiple Input – Multiple Output). Tällaisen järjestelmän häirintä onnistuu teoriassa vain sirottamalla sen läheisyyteen lukuisia häirintälähetimiä, sillä järjestelmä kykenee poistamaan useista suunnista tulevan häirintäsignaalin ja hyödyntämään kaiken eri suunnista ja eri aikaan saamansa signaali-informaation.

Erityisinä elektronisen suojautumisen tekniikoina kehittyvät taajuushypintä ja suora-hajoitushajajatekniikka, jotka yleistyvät tulevaisuudessa kaikilla viestiliikenteen tasoilla. Viestiverkot muuttuvat tulevaisuudessa monipalveluverkoiksi, joilla on useita vaihtoehtoisia väyliä käytössään, joten esimerkiksi häirinnän vaikutusta voidaan väistää.

Adaptiiviset älyantennit mahdollistavat hyötysignaalin suuntaamisen haluttuun suuntaan ja häirintäsignaalin vaimentamisen. Elektronista suojautumista tarjoaa tavallaan myös satelliittiviestiliikenteen kehittyminen ja yleistyminen suuntaavine antennineen, joskin satelliittiviestiliikenteen tiedustelu ja häirintä voi olla järjestelmästä riippuen hyvinkin helppoa.

Tutkatekniikan puolella kehittyvät erilaiset LPI-tekniikat, kuten tutkan signaaliparametrien nopea hypytys, jatkuva-aalto- (CW) ja jopa satunnaisaaltomuototutka, sekä elektronisesti keilaavat antennit. Monipaikkatutkaa ja sen käytännön toteuttamista tullaan tutkimaan edelleen. Näitä tekniikoita tukee yleinen signaaliprosessoinnin kehittyminen. Kehityksessä on havaittavissa selvä jako joko hyvin kalliisiin ja monimutkaisiin ratkaisuihin (esim. täysin elektronisesti keilaavat tutkat) tai halpoihin ja yksikertaisiin ratkaisuihin (esim. taajuushypytys), joita sovelletaan jo käytössä oleviin tutkiin.

Omasuojajärjestelmät kehittyvät kaikissa lavettiympäristöissä. Ilma-alusten omasuojajärjestelmien peruskokoonpanona toimii edelleen korkealla toimivissa aluksissa (hävittäjät yms.) tutkavaroitin ja matalalla toimivissa (helikopterit yms.) ohjusvaroitin, sekä kaikissa alustyypeissä yleensä silpun- ja soihdunheitin. Nämä kaikki elementit kehittyvät nopeasti: Tutkavaroitin prosessointi kehittyy lähemmäksi automaattisia elektronisen tuen järjestelmiä. Ohjusvaroitin voi olla aktiivinen tutka, mutta yleisemmin IP- tai UV-sensori, tulevaisuudessa molempien taajuusalueiden kuvaava ja ohjusta seuraava sensoria. Silput ja soihdut ovat vanhaa perustekniikkaa, mutta myös niissä kehitystä tapahtuu erityisesti spektrin, palo-ominaisuuksien ja liikkuvuuden suhteen siten, että heitteiden herätteen ominaisuudet ja liikevektori vastaavat suojattavan kohteen ominaisuuksia sillä tarkkuudella, jolle ohjukset kehittyvät. Heitteiden yhdeksi vielä ratkaistavaksi ongelmaksi jää kuitenkin kuvaavan hakupään häirintä tai harhauttaminen niin läheltä, että ohjus on jo kyennyt muodostamaan maalista kuvan hakupäähänsä.

Etenkin korkealla liikkuvissa ilma-aluksissa myös aktiivisen omasuojahäirinnän merkitys korostuu. Tämä tekniikka kehittyy toisaalta vastaavasti kuin elektroninen vaikuttaminen, mutta tulevaisuudessa korostuu aluksen perässä hinattavien häirintälähettimien merkitys. Omasuojahäirintä lähestyvää ohjusta vastaan on siinä määrin vaativa ongel-

ma, että mahdollisuuksia parantaa huomattavasti häirintä- tai harhautuslähettimen sijoittaminen kauemmaksi aluksesta, jolloin ei häiritse ohjus havaitsisi häirinnän ja hakeutuisi häirintälähtetimeen. Myös alukseen sijoitettu tutkahäirintä kehittyy mm. erilaisten DRFM-tekniikkaan ja esim. aaltorintamien vaiheominaisuuksiin perustuvien häirintämenetelmien (cross-eye) myötä.

Infrapunaohjuksia vastaan kehitetään erilaisia suunnattuun häirintävaikutukseen perustuvia menetelmiä (DIRCM), jotka etenkin tulevaisuudessa perustuvat ohjuksen hakupään häirintään, sokaisuun tai sen elektroniikan tuhoamiseen suunnatulla lasersäteellä. Tällainen järjestelmä vaatii kehittyneen ohjusvaroittimen ja seurantajärjestelmän. Yleisen terrorismiuhkan vuoksi nimenomaan halvat ja yksinkertaiset olalta laukaistavat IP-ohjukset vievät lähitulevaisuuden omasuojakehitystä eteenpäin: arvokkaat vihamielisessä ympäristössä matalalla toimivat tai uhka-alueelle laskeutuvat/nousevat helikopterit ja kuljetuskoneet vaativat jatkossa kehittyneitä IP-häirintämenetelmiä. Myös siviilimatkustajakoneiden suojaamisesta on ollut paljon keskustelua ja tietyt lentoyhtiöt ovat ottaneet tai tulevaisuudessa ottavat järjestelmiä käyttöön pahimmilla uhka-alueilla. Lasersäteen seuraajaohjusten yleistyminen lisää myös laservaroittimen käyttöä ilma-aluksissa. Tällaiselta ohjukselta suojautuminen on kuitenkin erittäin vaikeata ja edellyttää käytännössä laserkujan muodostavan asejärjestelmälavetin seurantasensorin (tutka, infrapuna tai näkyvän valon kamera) sokaisua tai harhauttamista.

Laivojen omasuojajärjestelmät kehittyvät myös jatkuvasti. Suuremman koon, sähköntuotantokyvyn yms. vuoksi järjestelmät voivat olla oleellisesti suurempia ja monipuolisempia kuin ilma-aluksissa, minkä lisäksi myös suojattavan aluksen arvo on ilma-aluksia suurempi ja pakenemiskyky heikompi. Laivojen uhkavarointijärjestelmät toimivat kaikilla ELSON taajuusalueilla ja kehittyvät suorituskyvyltään lähelle jopa tiedusteluvastaanottimia ja -prosessoreita, joskin pääpaino on mahdollisimman suuressa havaitsemisen todennäköisyydessä ja nopeassa vasteessa. Etenkin laserohjattuja pommeja ja meritorjuntaohjuksia vastaan tarkoitetut laservaroittimet yleistyvät ja kehittyvät.

Laivojen omasuojahäirintälähtetimet kehittyvät myös, joskin meritorjuntaohjuksiin investoidaan ilmataistelu- ja ilmatorjuntaohjuksia enemmän häirinnänväistöominaisuuksia ohjuksen suuremman koon ja arvokkaamman maalin ansiosta. Tämän vuoksi omasuojahäirintä itse lavetilta voi olla jopa vaarallista, joskin tietyt lupaavat häirintämenetelmät (esim. cross-eye) kehittyvät jatkuvasti. Kehitys on kuitenkin erityisen voimakasta erilaisten passiivisten ja aktiivisten heitteiden saralla. Näihin kuuluvat perinteiset silputukset, savutukset ja sumutukset sekä uudemmat kaasutäytteiset soppiheijastimet ja multispektraaliset heitteet, mutta myös hinattavat, UAV/USV-sijoitteiset tai rakettipöijällä ammuttavat aktiiviset häirintä- ja harhautuslähettimet sekä infrapunaharhamaalit.

Perinteisten tutka- ja IP-uhkien lisäksi tulevaisuudessa pyritään laivoilla harhauttamaan laservalaisuun perustuvia ohjuksia Tähän kehitykseen vaikuttaa maailmalla yleinen toimintaympäristön siirtyminen avovesiltä lähemmäksi rannikkoa.

Panssarivaunujen ja muiden ajoneuvojen omasuojaa parannetaan tutka- ja laservaroittimin ja niihin liitettyjen savutus- ja sumutusjärjestelmin. Myös passiivisia infrapuna- ja ultraviolettivoittimia kehitetään. Tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa tilanne on se, että



teknisiä ratkaisuja lavettien omasuojan kehittämiseen on olemassa, mutta järjestelmiä ei juurikaan ole varusteltu. Hakeutuvien ja ohjattavien ammusten voimakas lisääntyminen kuitenkin pakottaa varustamaan tärkeimmät lavetit (taisteluvaunut, komentoajoneuvot ja muut johtamisjärjestelmän ajoneuvot, ilmatorjuntavaunut jne.) jonkinlaisella oma-suojajärjestelmällä. Se, mitä komponentteja (laser-, tutka-, infrapuna- tai ultravioletivaroitin, visuaali-, infrapuna- tai tutkaheite, muutoin levitettävä suojaverho tai vasta-ammus tms. suoja) lopulta valitaan, riippuu uhkan kehittymisestä, joka puolestaan riippuu paitsi teknisestä kehityksestä, myös valittavasta operaatioalueesta: perinteisellä taistelukentällä uhkana ovat kaukaa toimivat älykkäät aseet, kun taas kriisinhallinta-operaatioissa ensisijaisena uhkana ovat lähellä ja mahdollisesti siviiliväestön keskuudesta käytettävät matalateknologiset aseet, kuten singot. 2000-luvulla yleistyneet tienvarsi-pommit ja vastaavat kaukolaukaistavat improvisoidut räjähteet (IED, Improved Explosive Device) ovat johtaneet ajoneuvojen ja jopa jalkapartioiden varustamiseen keveillä häirintälähettimillä (IEDJ, IED Jammer), joiden tarkoituksena on estää kaukolaukaisu. Tienvarsi-pommin kaukolaukaisumekanismista riippuu paljolti se, estääkö häirintäjärjestelmä pommin räjäyttämisen, vai räjäyttääkö se pommin ennenaikaisesti. IEDJ-laitteistoja ja IEDJ-käyttöön soveltuvia häirintälaitteistoja on ollut markkinoilla jo 2000-luvun alussa, mutta IED-uhkan voimakas kasvaminen saanee aikaan nopean ase-vasta-ase kilpakehittelyn lähivuosina. Primitiivisimmät kaukolaukaisulaitteet on rakennettu radio-ohjattavista leluista, auton ja autotallin oven kauko-ohjaimista tai vastaavista yleisesti saatavilla olevista ja teknisesti jopa ilman juotoskolvia pommikäyttöön sovellettavissa olevista osista. Näiden häirintä on varsin ongelmatonta sekä teknisesti että poliittisesti. On kuitenkin selvää, että häirintälaitteistojen laajamittaisen käyttöönoton myötä kaukolaukaisuun käytetään teknisesti monimutkaisempia välineitä, kuten matkapuhelimia, langattomia lähiverkkoja ja muuta vastaavaa teknologiaa, jonka soveltaminen pommikäyttöön edellyttää myös piirikorttitasen modifikaatioita (joskin yksinkertaisia sellaisia). Tällaisten kaukolaukaisinten häirintä vaikuttaa luonnollisesti myös operaatioalueen infrastruktuuriin, joten se on ennen kaikkea poliittisesti ja siten myös jossain määrin teknisesti haasteellisempaa.

Maalavettien suojauksessa perusongelmana on aina se, että järjestelmät ovat kalliita lavettien hintaan suhteutettuna ja pst-ohjusten tms. aseiden häirintäjärjestelmät ovat erityisen vaikeita ja kalliita toteuttaa. Etenkin erilaisin häive- ja harhautusmenetelmin lavetteja voidaan suojata hyvinkin tehokkaasti, mikäli toiminnan suunnittelu on tarpeeksi älykäs. Potentiaalisina tulevaisuuden järjestelminä kehittyvät DIRCM-laitteet, pitkälti samalta pohjalta ja osin jopa samoissa projekteissa kuin ilma-aluksille. Panssariajoneuvojen omasuoja voi luonnollisesti perustua myös perinteisesti lähestyvien ohjusten fyysiseen tuhoamiseen esim. sirpaleammuksin tai heittein.

#### 4.3.4 ELSO-tukitoiminta

ELSO-tukitoiminnan kehittämiseen liittyy elektronisen sodankäynnin järjestelmien tekniikan kehittyminen, joka tuo ELSO-järjestelmiä lähemmäksi mm. strategisen signaalitiedustelun järjestelmiä. Sensorijärjestelmien kehittymisen myötä myös elektronisen sodankäynnin yksiköt tarvitsevat yksityiskohtaisia signaalikirjastoja ja muita tietokantoja; samoin myös häirintämenetelmien tulee olla erittäin tarkoin suunniteltuja.

Tietoverkkojen ja tietokantojen kehittyminen auttaa ELSO-tukitoiminnan reaaliaikaisuustarpeen saavuttamisessa. Tavoitteena on saada mahdollisimman lyhyet vasteet uusimmista havainnoista läpi ELSO-joukkojen päivitettyihin tietokantoihin, mitä tarvetta välttävät omat erityisvaatimuksensa rauhan ajan (koulutus/operatiivinen), kriisiajan ja kansainvälisen toiminnan tietokannoille ja niiden päivitystarpeille.

## 4.4 Yhdistelmä ja johtopäätökset

Yhteiskunnan ja sodankäynnin teknistymisen myötä teknologian merkitys sodankäynnissä on ratkaiseva. Elektroninen sodankäynti on pohjimmiltaan tekniikan kaksintaitelua sähkömagneettisen spektrin kautta. Strategia, operaatiotaito, taktiikka ja taistelutekniikka kuitenkin määrittävät, miten tuota tekniikkaa hyödynnetään sodankäynnissä. Siten taistelun johtajan on tunnettava elektronisen sodankäynnin vaikutus sotilaallisiin operaatioihin, vihollisen elektronisen sodankäynnin järjestelmien suorituskyky ja käyttöön annettujen elektronisen sodankäynnin joukkojen oikeat käyttöperiaatteet. Komentajat ja esikuntaupseerit on koulutettava hyödyntämään ELSO:a kokonaisvaltaisesti ja ottamaan vihollisen ELSO sekä uhkana että maaleina huomioon operatiivisissa suunnitelmissa. Länsimaissa on havaittu, että *ELSON tehokkaan käytön suurimpana esteenä on korkeimpien upseereiden heikko ELSO-tuntemus*. Sen vuoksi elektroninen sodankäynti tulee sisällyttää kaikkeen taistelun johtamista käsittelevään koulutukseen.

*Elektronisen sodankäynnin suunnittelun ja johtamisen on oltava kiinteä osa operaation suunnittelua jo toteuttamista.* Pahimmat virheet ovat ELSO:n pitäminen erillisenä ”nörttien” miehittämänä alueena operaatiosuunnitelmissa ja operaatioiden toteuttamisessa, sekä ELSO:n rajaaminen koskemaan vain informaatio-operaatioita tai informaatiotosodankäyntiä, johon se puolustusvoimien määritelmien mukaan kuuluu.

Teknisesti alivoimaisen on äärimmäisen vaikeata voittaa, vaikka operaatiotaito ja taistelutekniikka olisivatkin kohdallaan. Jos ohjus ei osu, tutka ei näe eikä radiosta kuulu kohinaa kummempaa, taistelua on äärimmäisen vaikeata voittaa millä tahansa taktiikalla. Toisaalta, jos vastapuoli ei saa ohjuksiaan osumaan, tai kykene johtamaan taistelua, on merkittävästi alivoimaisenkin osapuolen mahdollista voittaa, mikäli kykenee hyödyntämään tätä suhteellista etuaan omassa operaatiotaidossaan. Sodankäynnin teknistyessä elektronisen sodankäynnin merkitys tulee ratkaisevaksi: Ilman sitä taistelu on tuomittu häviöön.

**Sodankäynnissä mikään ei ole pysyvää. Tekninen tai taktinen etu voi olla olemassa päivän, viikon, tai jopa muutaman vuoden, mutta ei ikuisesti. Tämän oppii yleensä vain hävinnyt osapuoli, jonka on pakko oppia.**

Kaikki merkittävä joutuu sodankäynnissä hyökkäyksen ja puolustuksen kohteeksi. Mitä enemmän sodankäynnissä ryhdytään käyttämään sähkömagneettista spektriä, sitä enemmän myös vastatoimet kehittyvät.

Digitaalielektroniikka ja informaatioteknologia mahdollistavat uusien järjestelmien tai ominaisuuksien nopean kehittämisen ja käyttöönoton. Toisaalta myös vastatoimenpiteiden kehittäminen on yhtä nopeata. Elektronisten vastatoimien nopeasta syntymisestä

seuraa, että sotilaallinen etu ei ole pysyvä. Tekninen tai taktinen etu voi olla olemassa päivän, viikon, tai jopa muutaman vuoden, mutta ei ikuisesti. Tämän oppii yleensä vain hävinnyt osapuoli, jonka on pakko oppia. Esimerkiksi kelpaa vuoden 1967 sota, jossa egyptiläiset tuhosivat neljällä ammutulla ja maaliinsa osuneella Styx-merimaali ohjuksella israelilaisen Eilat-hävittäjän. Kuusi vuotta myöhemmin Israelin panostettua elektroniseen suojautumiseen syyrialaiset ampuivat kuutisenkymmentä ohjusta osumatta yhteenkään israelilaiseen alukseen. Vastaavasti israelilaisten Gabriel-ohjukset upottivat 17 arabien alusta. Syyrialaisen massiiviset investoinnit uusiin aseisiin valuivat täysin hukkaan niiden ELSO-keston laiminlyönnin vuoksi. ***Subteellisen edun ylläpito muutuvassa ympäristössä edellyttää kykyä kehittyä nopeammin ja joustavammin kuin vastustaja.***

**Se, joka kykenee kehittymään nopeammin, voittaa jäykän ja hitaan.**

Suomalaisessa sodankäyntikonseptissa näkyy varautuminen toimimaan tuli- ja spektrilivoimatilanteessa. Tällöin on kyettävä toimimaan suojassa ja vaikuttamaan vihollisen kriittisiin osiin. Elektroninen sodankäynti luo mahdollisuuden ylivoimaiseen tekniseen suorituskykyyn ja avaa uusia operatiivisia mahdollisuuksia lukumääräisesti ylivoimaisen vastustajan lyömiseen. Jos esimerkiksi vastustaja ei kykene johtamaan hävittäjään tai sillä ei ole käsitystä tilanteesta, voidaan lukumääräisesti vähäisilläkin torjuntahävittäjillä torjua ylivoimainen vihollinen. Tämä edellyttää rahan kanavoimista myös elektronisen sodankäynnin järjestelmiin, jolloin torjuntahävittäjiä on vastaavasti varaa hankkia vähemmän. Koska ELSO:n vaikutusta on kuitenkin vaikea mieltää, on kiusaus hankkia koko rahalla asejärjestelmiä kovin suuri.

Puolustusvoimat on ryhtynyt 2000-luvulla panostamaan elektroniseen sodankäyntiin. ELSO ja siihen läheisesti liittyvät häivetekniikka, informaationsodankäynti ja johtamisjärjestelmätekniikat on määritetty Puolustusvoimien kannalta kriittisiksi osaamisalueiksi, eli alueiksi, joiden hallinta on maamme puolustuksen kannalta keskeistä ja joilla kansallisella panostuksella voidaan saavuttaa merkittävää strategista ja operatiivista etua. ***ELSO on kustannustehokkain tapa lisätä järjestelmäkokonaisuuden suorituskykyä tai saavuttaa sama suorituskyky huomattavasti pienemmillä kappalemäärillä. Elektroninen sodankäynti on alue, jonka osaaminen yhtyy Suomen ydinosaamisalueisiin ja jossa pieni, mutta teknologisesti kehittynyt valtio voi saavuttaa laadullisen ylivoiman vastustajasta.***

Toisaalta vastustajan ELSO muodostaa erittäin keskeisen uhkan omalle jatkuvasti teknistyväälle kokonaisjärjestelmällemme, jonka elektronisen suojaamisen lisäksi on varmistettava riittävien varajärjestelmien toiminta. Erityisesti satelliittipaikannus- ja satelliittitietoliikennejärjestelmien varmistaminen varamenetelmillä on tärkeitä.

Elektronisen sodankäynnin järjestelmien teknistä kehitystä ohjaa matkapuhelinteknologian vetämä tekninen edistys ja massatuotannon mukanaan tuoma yksikkökustannusten laskeminen. Elektronisen sodankäynnin järjestelmissä elektronisen tuen ja elektronisen vaikuttamisen ominaisuudet integroituvat samoihin järjestelmiin: taktinen tiedustelu- ja valvontajärjestelmä kykenee tulevaisuudessa useissa tapauksissa myös häiritsemään havaitsemiaan kohteita. Riittävän suuritehoisen häirintäsignaalin kohdistaminen maaliin

edellyttää häirintäjärjestelmältä kykyä seurata häirit্তävää maalia. Integroituminen voi tapahtua joko fyysisesti tai toiminnallisesti taistelukentän verkottumisen kautta.

***Tulevaisuuden keskeisin kysymysmerkki on suunnatun energian järjestelmien merkitys sodankäynnille.*** Radiotaajuiset aseet tarjoavat mahdollisuuden vastustajan tutka- ja radiolinkkijärjestelmien tuhoamiseen sekä erittäin tehokkaiden omasuojajärjestelmien kehittämiseen. Suunnattu infrapunahäirintä ja -sokaisu puolestaan mahdollistavat infrapunahakuisten ohjusten sekä lämpötähtäinten ja optronisten maalinsoitusjärjestelmien lamauttamisen. ***Tekninen kehitys saattaa siten tehdä suuresta osasta taistelukentän järjestelmistä käyttökeltvottomia, ellei vastatoimien kehittämiseen uhkan tahdissa kiinnitetä riittävästi huomiota.***

2000-luvun alussa alkoi esiintyä tietoja palkkasotureiden käytöstä elektronisen sodankäynnin alueella, erityisesti elektronisen tuen sensoreiden operaattoreina ja operatiivisen suunnittelun sotilasasiantuntijoina. Siten kriisinhallinta- ja rauhanturvaoperaatioissakin vastustajalla voi olla käytössä moderneja elektronisen sodankäynnin välineitä. On myös nähtävissä, että ELSO leviää siviiliyhteiskuntaankin: poliisi- ja rajavartioviranomaisten käyttöön tulee elektronisen tuen järjestelmiä, poliisille ollaan länsimaissa kehittämässä elektroniikkaa lamauttavia välineitä, kriisialueilla lentäviin matkustajakoneisiin ollaan asentamassa omasuojajärjestelmiä terroristien käyttämä olkapääohjuksia vastaan, tietokone- yms. laitetiloja ollaan suojaamassa radiotaajuisilta aseilta jne. Kahtaiskäyttö tai puhdas siviilikäyttö laskee teknisten toteutusten hintoja, mutta teknisesti vaativimmat sovellukset säilyvät kuitenkin asevoimien käytössä.

## 4.5 Lyhenteet

ARM	Anti Radiation Missile, säteilyyn hakeutuva ohjus
COMINT	Communications Intelligence, viestitiedustelu
CW	Continuous Wave, jatkuvan aallon lähettämiseen perustuva (järjestelmä)
DEAD	Destruction of Enemy Air Defence, vihollisen ilmapuolustuksen tuhoaminen
DEW	Directed-Energy Weapon, suunnatun energian ase
DIRCM	Directed IR Countermeasures, suunnattu infrapunahäirintä
DRFM	Digital Radio Frequency Memory, radiosignaalin suoran tallentamisen mahdollistava muisti
EA	Electronic Attack, elektroninen vaikuttaminen
ELINT	Electronic Intelligence, elektroninen mittaustiedustelu
EMCON	Emission Control, emissioiden hallinta
EMP	Electro-Magnetic Pulse, sähkömagneettinen pulssi
EOB	Electronic Order of Battle, elektroninen taistelijaotus
EP	Electronic Protection, elektroninen suojautuminen
ES	Electronic Support, elektroninen tuki
EW	Electronic Warfare, elektroninen sodankäynti
GPS	Global Positioning System, maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä

HF	High Frequency, taajuusalue 3–30 MHz
HPM	High-Power Microwave, suuritehoinen mikroaaltosäteily(ase)
IED	Improvised Explosive Device, improvisoitu miinatyyppinen tai kaukolaukaistava räjähdde, kansanomaisesti tienvarsipommi tai autopommi
IP	Infrapuna, aallonpituusalue 780 nm – 1 mm
IS	Information Superiority, informaatioylivoima
LPI	Low Probability of Intercept, vaikeasti tiedusteltavissa oleva järjestelmä
NBF	Net-Baserad Försvar, verkkokeskeinen puolustus
NCW	Network-Centric Warfare, verkostokeskeinen sodankäynti
SA	Situational Awareness, tilannetietoisuus
SEAD	Suppression of Enemy Air Defence, vihollisen ilmapuolustuksen lamauttaminen
SIGINT	Signals Intelligence, signaalitiedustelu
UHF	Ultra-High Frequency, taajuusalue 300 MHz – 3 GHz
UV	Ultravioletti, aallonpituusalue 100 – 400 nm
VHF	Very High Frequency, taajuusalue 30-300 MHz

## 5. INFORMAATIOSODANKÄYNNIN JÄRJESTELMÄT

Maj Tero Ylitalo, Pääesikunta, Suunnitteluosasto

### 5.1 Johdanto

#### 5.1.1 Tarkastelunäkökulma

Tässä Sotateknisen Arvion ja Ennusteen Informaatiosodankäynnin järjestelmät -luvussa on valittu aiemmista STAE-versioista poikkeava lähestymistapa. Aihetta tarkastellaan enemmänkin toiminnallisen kokonaisuuden kannalta kuin teknisteoreettisesta näkökulmasta. Vuonna 2004 julkaistun Sotateknisen Arvion ja Ennusteen Informaatiosodankäynnin järjestelmät -luku tarjoaa edelleen hyvän ja käyttökelpoisen lähestymistavan aiheeseen, tarkasteltaessa sitä tiedon teorian ja informaatio- ja sodankäynnin teknisteoreettisesta näkökulmasta. Sen päivittäminen ei olisi sinällään tuonut uutta tai merkittävää lisäarvoa informaatio- ja sodankäynnin kokonaisuuden ja sen kehitysnäkymien ymmärtämiselle.

Informaatiosodankäynti on erittäin moniulotteinen kokonaisuus, johon liittyy useiden eri järjestelmien, teknologioiden ja menetelmien hyödyntäminen ja kehittyminen. Tässä kirjoituksessa on pyritty välttämään teknisiä yksityiskohtia ja keskittymään toiminnalliseen näkökulmaan, jotta teksti olisi mahdollisimman sujuvasti luettavissa myös ilman syvällistä teknistä käsitystä informaatio- ja sodankäynnin teknologioista ja järjestelmistä. Informaatiosodankäyntiin keskeisesti sisältyvien teknologioiden ja järjestelmien kehitysnäkymiä käsitellään toisaalla tässä teoksessa. Tällaisiksi teknologioiksi ja/tai järjestelmiksi voidaan tunnistaa ainakin tiedonsiirto-, sensori-, häive- ja tietojenkäsittelyteknologiat sekä johtamis- ja elektronisen sodankäynnin järjestelmät. Mahdollisuus hyödyntää teknistä kehitystä operatiivisen suorituskyvyn lisäajana edellyttää kuitenkin informaatio- ja sodankäynnin ja informaatioympäristön toiminnallisen perustan ja kokonaisuuteen ymmärtämistä.

Tämän tarkastelun tärkeimpänä taustamateriaalina on käytetty MNIOE (Multinational Information Operations Experiment) -työskentelyn yhteydessä syntyneitä monikansallista käsitystä ja konseptia informaatio- ja sodankäynnistä ja ajatuksia sen kehittymisestä. MNIOE on informaatio- ja sodankäyntiin liittyvien konseptien kehittämiseen ja testaamiseen perustettu työryhmä. Työryhmää johtaa Saksa ja sen jäseninä ovat useat Euroopan maat, Yhdysvallat, Kanada ja Australia. Työskentelyyn osallistuu aktiivisesti edustajia myös EU:n ja NATO:n sotilasesikunnista. MNIOE:ssa muodostettua käsitystä informaatio- ja sodankäynnin toiminnallisuudesta ja tulevaisuudesta tukee myös Euroopan Unionin sotilasesikunnan (EUMS) laatima konseptiluonnos informaatio- ja operaatioiden luonteesta ja toteutuksesta.

Informaatiosodankäynnin kokonaisuuden kehittyminen on niin monen teknisen, menetelmällisen ja toiminnallisen tekijän summa, että sen luotettava arviointi on äärimmäisen haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Tässä kirjoituksessa pyritäänkin lähinnä luo-

maan lukijalle toiminnallinen kokonaiskäsitely ja sitä kautta edellytyksiä sitoa arvioita informaatioidankäynnin eri osa-alueiden teknologioiden ja järjestelmien kehittymisestä tähän moniulotteiseen kokonaisuuteen.

### 5.1.2 Informaatioidankäynnin kehittämisen ja kehittymisen toiminnalliset haasteet

Informaatioidankäynnin toiminnallinen ymmärtäminen edellyttää perusteellista ja laaja-alaista käsitystä informaation ja informaatiojärjestelmien vaikutuksista toiminnan suunnitteluun, päätöksentekoon ja toteuttamiseen. Kokonaisuuteen liittyen tulisi kyetä ottamaan huomioon kokonaisvaltaisesti niin sotilaalliset kuin myös muunkin yhteiskunnan toiminnot ja erityisesti niiden vaikutukset informaatioympäristöön ja sen hallintaan.

Informaatioidankäynnin keskeisiä toiminnallisia haasteita on käsitelty MNIOE-työs-kentelyssä monikansallisen koalition näkökulmasta ja lähtökohdista. Samat toiminnalliset haasteet toistuvat yksittäisten valtioiden toiminnassa, joten näkökulma antaa käyttökelpoiset perusteet myös kansalliselle tarkastelulle. Haastetta voidaan kuvata yksinkertaistettuna seuraavalla tavalla: toimijoilta puuttuu integroidut prosessit ja organisaatio suunnitella, toimeenpanna ja arvioida vaikutusperusteisia informaatiotoimintoja sotilaallisesta ja etenkin viranomaisyhteistyön kokonaisuuden näkökulmasta. Kattavan ja systemaattisen ymmärryksen puute operatiivisesta ympäristöstä informaatioidankäynnin näkökulmasta ilmenee esimerkiksi seuraavin tavoin:

- Komentajat eivät noteeraa informaation tärkeyttä ja merkitystä operatiivisena tekijänä.
- Komentajilta ja heidän esikunnilta puuttuu välineet ja menettelytavat ylläpitää ja kasvattaa kattavaa tilannetietoisuutta ja ymmärrystä informaatioympäristön kokonaisuudesta.
- Komentajat ovat usein tietämättömiä vastustajan mahdollisuuksista vaikuttaa informaatioon ja/tai informaatiojärjestelmiin.
- Komentajat eivät aina ymmärrä potentiaalisia mahdollisuuksiaan tehostaa ja edesauttaa muita toimintojaan informaatioidankäynnin keinoin.
- Organisaatioilta puuttuu relevantit informaatiotoimintojen koordinoointiprosessit, toiminta perustuu usein yksilöiden toimintatapoihin ja aktiivisuuteen sekä reagoivaan ja/tai sattumanvaraiseen toimintaan.
- Informaatioidankäynnin toiminnallista kokonaisuutta ei ole otettu huomioon organisaatioiden rakenteissa ja se heikentää kykyä ja tehokkuutta hyödyntää informaatioympäristöä.
- Sotilaallinen suunnittelu ja operaatiot on puutteellisesti integroitu muun yhteiskunnan toimintoihin, erityisesti informaatiotoimintojen ja informaatioympäristön kokonaisuuden näkökulmasta.

Edellä kuvattuihin haasteisiin on pyritty löytämään ratkaisuja ja vastauksia laatimalla ja kehittämällä menettelytapoja ja prosesseja monikansallisen koalition käyttöön. Samankaltaisilla keinoilla kyetään niitä noudatettaessa vastaamaan myös kansallisiin haasteisiin. Keskeisiksi ratkaisua vaativiksi tutkimuskysymyksiksi ja haasteiksi ovat nousseet:

- Miten kuvataan informaatioympäristön luonne ja kokonaisuus?
- Mitä keinoja, välineitä ja menettelytapoja tarvitaan kasvattamaan laaja-alaista ja systemaattista ymmärrystä informaatioympäristöstä?
- Miten yhdistetään laaja-alainen, selkeä ja toteuttamiskelpoinen informaatiotoimintojen ohjaus kokonaisvaltaiseen strategiseen suunnitteluprosessiin?
- Miten implementoidaan informaatiostrategia koordinoitusti siviili- ja sotilastoimijoiden yhteiseksi operatiivisen tason toiminnaksi?
- Miten kyetään arvioimaan ja ottamaan huomioon koko informaatioympäristön vaikutusten kirjo niin sotilaallisen kuin muunkin yhteiskunnan toimintoihin?
- Miten kyetään muodostamaan ja ottamaan käyttöön järjestely, joka mahdollistaa sotilaallisten informaatiotoimintojen tehokkaan suunnittelun, toteutuksen ja vaikutusten arvioinnin?
- Miten koordinoidaan laaja-alaisesti informaatioympäristöön liittyviä vaikutuksia ja toimintoja sotilaallisten ja muun yhteiskunnan toimijoiden välillä?
- Miten jaetaan informaatiota mahdollistaaksemme laaja-alaisen informaatiotoimintojen suunnittelun, toteutuksen ja vaikutusten arvioinnin?

Tässä aluvussa esitetyt haasteet ja tunnistetut ratkaisumallit antavat kuvan niistä tulevaisuuden kehittämisen kohteista, joihin tämän hetkisen käsityksen mukaan pyritään löytämään ratkaisuja. On helposti huomattavissa, ettei tekninen kehittäminen tuo sinällään valmista ratkaisua useimpiin haasteisiin, vaan kehittäminen tulee kohdistaa toiminnallisuuteen ja ymmärrykseen laajentamiseen.

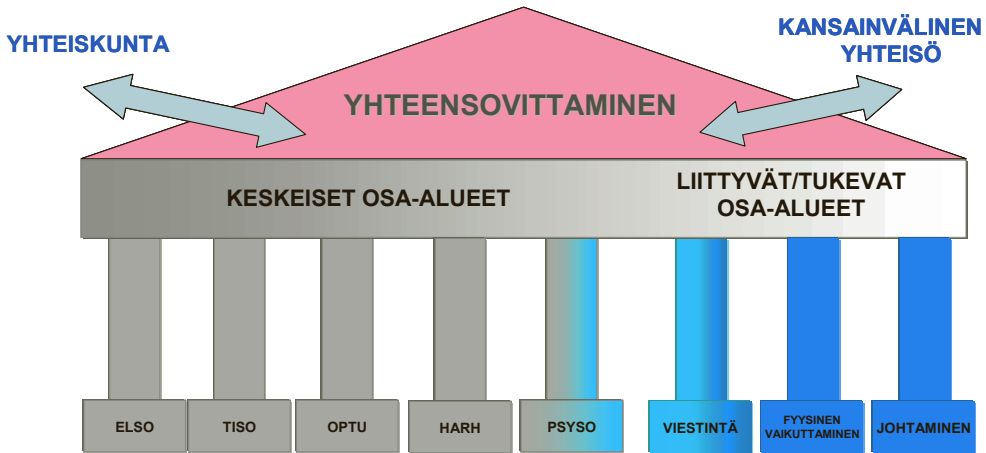
### 5.1.3 Informaatioidankäynnin kansallinen käsitteistö

Informaatioidankäynnille tai informaatio-operaatioille löytyy maailmanlaajuisesti useita määritelmiä. Vähänkään perusteellisempi tarkastelu kuitenkin osoittaa, että määritelmien erot ovat useimmiten lähinnä terminologisia. Merkittävämpiä eroja määritelmille voi syntyä, jos muutetaan olennaisesti koko lähestymistapaa. Informaatioympäristön hallinta osana vaikutusperusteista operaation suunnittelua on toiminnallisesti jotain aivan muuta kuin esimerkiksi usein teknispainotteinen ja lähinnä johtamissodankäynnin tai vaihtoehtoisesti mediapainotteinen ja lähinnä propagandan ympärille rakennettu suppea käsitys informaatioidankäynnistä.

Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittinen selonteko vuodelta 2004 määrittelee informaatioidankäynnin: **“Informaatioidankäynti on yhteiskunnalliseen ja sotilaalliseen päätöksentekoon ja toimintakykyyn sekä kansalaisten mielipiteisiin vaikuttamista ja tältä suojautumista käyttämällä hyväksi informaatioympäristöä. Informaatioidankäyntiä voidaan käydä yhteiskunnallisin, poliittisin, viestinnällisin, psykologisin, sosiaalisin, taloudellisin ja sotilaallisin keinoin kaikilla sodankäynnin tasoilla.”** Puolustusvoimien oma informaatioidankäynnin ohjeistus täydentää määritelmää: “Puolustusvoimien informaatioidankäynnin päämääränä on suojata puolustusjärjestelmän toiminta sekä tukea omia operaatioita niiden tavoitteiden saavuttamiseksi.” Nämä määrittelyt luovat hyvän perustan tarkastella asiaa kansallisesti, oman sotilaallisen ja puolustusjärjestelmän suorituskyvyn sekä toiminnallisuuden näkökulmasta tunkeutumatta kuitenkaan liiaksi aiheen syvälliseen teknisteoreettiseen pohdiskeluun.



## INFORMAATIOSODANKÄYNNIN VAIKUTUS OSANA KOKONAISOPERAATIOTA



**Kuva 1.** Informaatio sodankäynnin osa-alueet.

**Elektroninen sodankäynti** on sähkömagneettisen säteilyn käyttöä oman toiminnan tukemiseksi ja vihollisen toiminnan heikentämiseksi. **Tietoverkkosodankäynti** on omien tietojärjestelmien ja -verkkojen, niissä sijaitsevien tietojen ja tiedonsiirron suojaamista sekä vaikuttamista vastustajan vastaaviin järjestelmiin ja niiden sisältämään tietoon. **Operaatioturvallisuus** on toiminnan kannalta kriittisten tietojen ja tavoitteiden määrittämistä sekä niiden käytettävyyden ja saatavuuden turvaamista oman päätöksenteon tukena sekä niiden paljastumisen estämistä vastustajalle. **Harhauttaminen** on väärän tilannekuvan luomista vastustajalle tuottamalla ja jakamalla harhauttavaa informaatiota. **Psykologinen sodankäynti** on vaikuttamista ihmisten arvoihin, asenteisiin, tunteisiin, motiiveihin, päätöksentekoon ja lopulta käyttäytymiseen. **Viestinnän** päämääränä on informaatio sodankäyntiin liittyen ajantasaisen, totuudenmukaisen ja määrältään riittävän tiedon tuottaminen ja jakaminen sekä disinformaation ja propagandan vaikutusten torjuminen. **Fyysisellä vaikuttamisella** voidaan tukea informaatio sodankäynnin tavoitteita kohdentamalla lamauttava tai tuhoava vaikutus vastustajan järjestelmiin tai ihmisiin. **Johtamistoiminta** eri tasoilla on merkittävä psykologisen puolustuksen keino halutun asenneilmapiirin luomiseksi sekä omien joukkojen puolustus- ja taistelutahdon säilyttämiseksi sekä vahvistamiseksi.

Kaikkia kuvattuja osa-alueita tulee tarkastella sekä hyökkäyksellisestä että puolustusellisestä näkökulmasta. Informaatio sodankäyntihän oli selonteon määritelmän mukaan sekä "...vaikuttamista..." että "...suojautumista...". Kuulostaa teoriassa helpolta mutta voi tuottaa käytännön tasolla haasteita. Yksittäisen osa-alueen hahmottaminen ja hallinta voi olla vielä kohtuullisen helppoa. Vaikeuskerroin kasvaa, kun yritetään muodostaa koko informaatioympäristön kattava tilannekuva tai kun yritetään koordinoida eri osa-alueiden vaikutus kokonaisvaltaiseksi informaatio-operaatioksi.

Lisää haasteita ja vaikeuksia informaatioympäristön hallintaan tulee vääjäämättä, mikäli harhaidutaan kuvittelemaan, että informaatio sodankäyntiä käydään yksinomaan siihen

koulutetuilla ja valmistautuneilla erityisillä joukoilla. Tietoverkkohyökkäykset tai elektroninen tiedustelu ovat hyviä esimerkkejä toiminnoista, joissa toimijana on erityinen joukko ja edellä kuvattu ajattelu on perusteltua. Suurin osa informaatioidankäynnin etenkin puolustuksellisista toiminnoista on kuitenkin noteerattava kaikissa joukoissa ja niihin liittyvä tilanteenarviointi, suunnittelu sekä toimeenpano ovat näin muodoin kaikkien johtajien haasteina.

Informaatioidankäynnin kategorinen jako osa-alueisiin antaa luontevan mahdollisuuden näkökulmaan, jossa paneudutaan yksittäisten teknologioiden ja järjestelmien tekniseen kehitykseen. Tässä näkökulmassa piilee kuitenkin myös jo johdannossa esitetty riski ymmärtää informaatioidankäynnin suorituskyky rajoittuneena, erilaisten teknologioiden ja järjestelmien ominaisuuksien summana.

## 5.2 Informaatioidankäynnin toiminnallinen kokonaisuus

### 5.2.1 Terminologiasta

#### Informaatio operatiivisena tekijänä

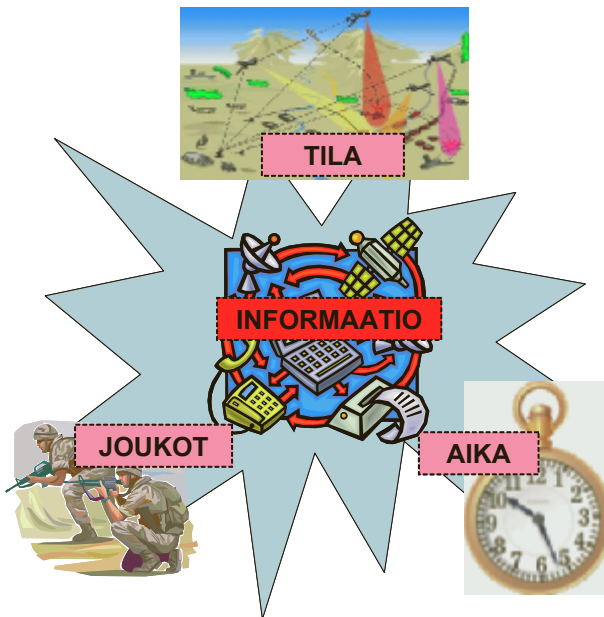
Nykyaikainen informaatio-operaatio on mittava ja moniulotteinen kokonaisuus. Se koostuu moninaisista ja monitasoisista elementeistä, jotka muodostavat operatiivisen toimintaympäristön. **Informaatio** voidaan nähdä neljäntenä operatiivisena tekijänä, joka nivoo yhteen operatiivisina perustekijöinä tunnetut **joukot**, **tilan** ja **ajan**. Operatiivisten perustekijöiden ja niiden välisten suhteiden hallintaa voidaan pitää minkä tahansa sotilaallisen operaation suunnittelun tai toimeenpanon keskeisenä menestystekijänä. Voidaan jopa todeta, että operatiivisten perustekijöiden tasapainon hallinta on koko operaatiotaidon ydin.

Operaation toteuttamiseen tarvittavat voimat muodostuvat monenkaltaisista välttämättömistä **joukoista**. Nykyaikainen sotilaallinen operaatio sisältää usein perinteisten puolustushaarojen ja aselajien lisäksi elementtejä myös yhteiskunnan muilta osa-alueilta. Viranomaisyhteistyöstä on tullut ja tulee yhä kiinteämpi osa operaatioiden voiman muodostumisesta. Myös voiman käytön menettelytavat saavat moninaisempia muotoja. Perinteisten hyökkäys- ja puolustusoperaatioiden rajat hämärtyvät ja sekoittuvat. Operaatiot muodostuvatkin helposti turvallisuustasapainon muodostamiseen tähtääväksi toiminnaksi, johon osallistuu sekä sotilaallisia että myös muun yhteiskunnan toimijoita. Kaikki tämä tuo huomattavia vaatimuksia niin sotilaallisten elementtien muodoille ja käyttömenetelmille, kuin ennen kaikkea eri viranomaisten välillä toteutettavalle yhteistoiminnalle. Kasvavaa lisähaastetta tuo myös monikansallinen yhteistyö niin sotilaallisesta kuin viranomaisyhteistyönkin näkökulmasta.

Nykyaikaisen sotilaallisen operaation operatiivinen **tila** on laaja ja usein jopa rajaton. Sen syvyys ja moniulotteisuus muodostaa siitä erittäin tärkeän elementin operaatioympäristössä. Operaatioita toteutetaan maalla, merellä ja ilmassa, mutta myös maan ja veden alla sekä avaruudessa. Informaatioidankäynnin kannalta oleellista on kuitenkin

tunnistaa, että operaatioita toteutetaan yhä laajenevassa määrin myös informaatioympäristössä, joka on läsnä kaikissa edellä mainituissa tiloissa.

**Aika** operatiivisena tekijänä linkittää välttämättömällä tavalla joukot ja tilan. Aika määrittelee joukkojen käytön kulloinkin määritetyllä operaatioalueella. Se on käytännössä resurssi, jota ei voida varastoida, täydentää tai siirtää. Onnistuneen johtamistoiminnan keskeiseksi ytimeksi voidaankin määritellä oikeiden joukkojen käyttö oikeassa paikassa ja oikea-aikaisesti. Ajan ja muiden operatiivisten tekijöiden keskinäinen riippuvuus vaatii niiden jatkuvaa arviointia päätöksenteossa ja toimeenpanossa, kuten myös tietenkin operatiivisessa suunnitteluprosessissa.



**Kuva 2.** Informaatio – neljäs operatiivinen tekijä.

**Informaatio** käsitetään tässä yhteydessä missä tahansa muodossa tai järjestelmässä olevana datakertymänä, joka on hyödynnettävissä eri tekijöiden väliseen kommunikointiin ja vaikuttamiseen.

On tunnistettavissa informaation perustunnusmerkistö, joka tulee ottaa huomioon operaatioiden suunnittelussa, toimeenpanossa ja vaikutuksen arvioinnissa:

- Informaatio mahdollistaa datan linkittymisen ja sen integroitumisen tilannesidonaisuuteen. Se on myös perusta tiedon kehittymiselle. Tämä on välttämättömyys tilannetietoisuuden ja tilanneymmärryksen kehittymiselle.
- Informaatio mahdollistaa ihmisten kommunikoinnin ja kanssakäymisen sosiaalisessa ympäristössä. Tämä on välttämättömyys esimerkiksi johtamistoiminnalle.
- Informaatio mahdollistaa järjestelmien automatisoinnin ilman ihmisen välitöntä vaikuttamista asioihin. Tämä toiminnallisuus muodostaa ratkaisevan tekijän uuden teknologian kehittämiseksi, mukaan lukien koko sensorien ja erilaisten vaikuttamiseen kykenevien järjestelmien kirjo.

Informaatio voidaan nähdä yksilöön tai organisaatioon luontaisesti sisäänrakennettuna käyttäytymisenä, joka mahdollistaa turvallisuusympäristöön vaikuttamisen kulloinkin tilanteen edellyttämällä tavalla. Se voidaan nähdä myös yksilön tai organisaation voiman, käyttäytymisen tai toimintojen mahdollistajana, muokkaajana tai vahventajana, jolla vaikutetaan ehkäisevästi tai ratkaisevasti kohdattaviin tilanteisiin. Informaatiota voidaan pitää myös perustavaa laatua olevana vaikuttamisen ilmiönä ja välineenä kaikilla operatiivisen toimintaympäristön tasoilla – riippumatta siitä käytetäänkö sitä tarkoitushakuisesti vai ollaanko sen vaikutuksen kohteena tiedostamatta.

### **Informaatiojärjestelmät**

Järjestelmät voidaan yleisellä tasolla jakaa seuraaviin osakokonaisuuksiin:

- henkilöt
- tekniset järjestelmät, joita henkilöt käyttävät
- yksilöiden muodostamat muodostelmat ja rakenteet, välineiden väliset suhteet sekä yksilöiden ja välineiden väliset suhteet
- prosessit, jotka määrittävät edellä kuvattujen toimijoiden ja välineiden sisäisen ja ulkoisen käyttäytymisen, toiminnan sekä yhteydet toisiinsa.

Informaatiojärjestelmät ovat informaation keräämiseen, prosessointiin ja levittämiseen tarkoitettuja sosioteknisiä järjestelmiä. Ne käsittävät henkilöstön, tekniset komponentit, organisaatorakenteet sekä prosessit, jotka keräävät, havaitsevat, analysoivat, arvioivat, luovat, manipuloivat, varastoivat, vastaanottavat, esittävät, jakavat, välittävät ja levittävät informaatiota.

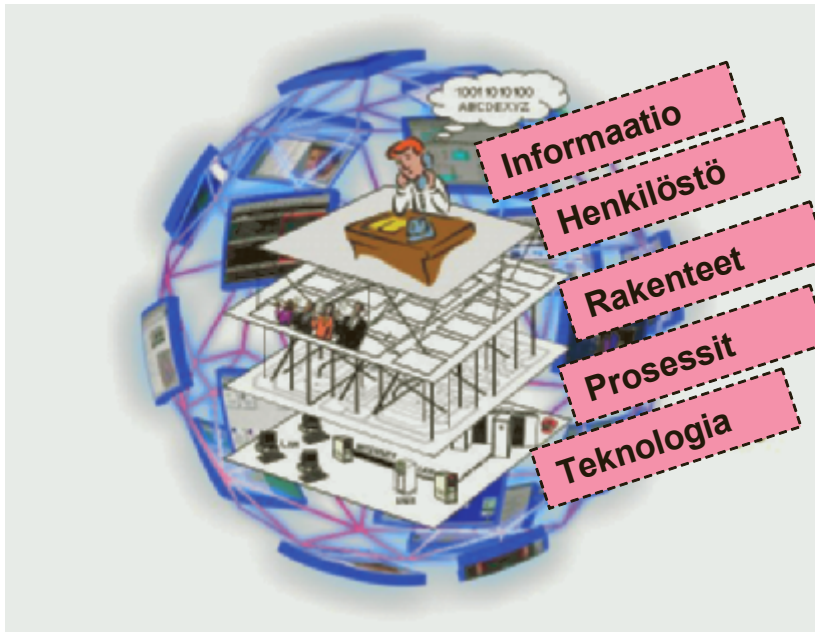
Informaatiojärjestelmien komponentit ovat:

- Fyysisiä tai aineellisia – teknisiä komponentteja, kuten informaatioteknologian laitteet mukaan lukien tieto- ja televerkot; median tuotanto- ja levitysvälineet; henkilöstö (yksilöt ja ryhmät), kuten mielipidejohtajat ja -vaikuttajat, päätöksentekijät sekä järjestelmäoperaattorit.
- Psykologisia tai aineettomia – uskomukset, arvot, asenteet ja osaaminen sekä informaatioteknologian sovellukset ja ohjelmistot.

Informaatiojärjestelmien eräiden komponenttien syvällisempi tekninen tarkastelu antaisi myös mahdollisuuden kehityksen arviointiin. Tarkastelu rajoittuisi kuitenkin lähinnä tietotekniikan teknologisen kehityksen arviointiin, eikä se tämän myötä antaisi perusteltua ja luotettavaa kuvaa informaatioidankäynnin kokonaisuuden kehittymisestä.

### **Informaatioympäristö**

Informaatioympäristö on fyysinen ja virtuaalinen tila, jossa informaatiota vastaanotetaan, prosessoidaan ja välitetään. Tila muodostuu informaatiosta itsestään sekä informaatiojärjestelmistä.



**Kuva 3.** Informaatioympäristö.

Informaatiolla ja informaatioympäristöllä on useita ja moniulotteisia liittymäpintoja operatiiviseen toimintaympäristöön:

- Informaation perusluonne on globaali, kattava ja moniulotteinen – sen omistajuutta on vaikea määrittellä, kun se on kerran päässyt julkisuuteen.
- Huolimatta organisaatioiden teknisistä ja toiminnallisista keinoista ja menetelmistä rajoittaa yksilöiden pääsyä turvaluokiteltuun informaatioon, on rajoittaminen etenkin pitkällä aikajänteellä erittäin haastavaa ja jopa mahdotonta.
- Nykyaikaiset informaatiojärjestelmät yhdistävät erilaisia infrastruktuureja ja nostavat esiin jatkuvasti kasvavia haasteita standardisoinnille ja yhteensopivuusvaatimuksille.
- Nykyaikaiset informaatiojärjestelmät liittyvät lähes poikkeuksetta kaikkeen tekniseen ja toiminnalliseen kehittämiseen, pakottaen kehittämiseen liittyvät toimijat ottamaan tämän huomioon kaikessa toiminnassaan.
- Vaikuttaminen informaatioon ja/tai informaatiojärjestelmiin jollakin tasolla on helpposti kaikkien toimijoiden ulottuvilla resursseista riippumatta.
- Nykyaikaisten informaatiojärjestelmien kompleksinen liitännäisyys toisiinsa tekee kasvavassa määrin vaikeaksi hallita tahtomatta syntyvien vaikutusten muodostumista. Tämä tuo myös riskejä oman informaation käytön ja säilytyksen turvallisuuteen.
- Nykyaikaisiin informaatiojärjestelmiin voidaan vaikuttaa anonyymisti, mikä vaikeuttaa alkuperäisen toimijan tunnistusta ja tämän tarkoituksien tulkitsemista.
- Globaalin informaation muodostamaa infrastruktuuria on haastavaa hallita laillisin normein.

### **Informaatiotoiminnot**

Informaatiotoiminnot ovat toimia, jotka on luotu ja tarkoitettu vaikuttamaan informaatioon ja/tai informaatiojärjestelmiin minkä tahansa tekijän toimesta. Informaatio-

toiminnot on määritetty terminä korostamaan vaikuttamista informaatioympäristöön. Tarkoituksena on erottaa se yleisestä termistä ”toiminta (action)”, jota käytetään esimerkiksi vaikutusperusteisen ajattelun terminologiassa.

Informaatiotoimintoihin käytettävät resurssit on helposti monennettävissä, otettaessa huomioon informaatioympäristön ja -järjestelmien moniulotteisuus. Mahdollisten informaatiotoimintojen kohde ja skaala ovat myös suhteessa aikaisemmin kuvattuun informaation perusolemuksen ja kattavat tämän myötä laajan keinovalikoiman vaikuttaa ymmärrykseen, tahtoon ja kykyihin sisältäen sekä yksilöt kuin myös tekniset järjestelmät.

### **Informaatioylioima**

Kansallisissa ja monikansallisissa doktriineissa käsitellään useita erilaisia ylioimaan tähtäviä konsepteja, kuten ilmaylioima, johtamisylioima jne. Ylioima on kaikissa tapauksissa suhteellinen käsite. Se edellyttää kahden tai useamman osapuolen vertailua, se on riippuvainen toiminnallisesta ympäristöstä, sekä se rajoittuu aikaan ja tilaan.

Informaatioylioima kuvaa toimijan suhteellista ylioimaa koota, prosessoida ja jakaa informaatiota verrattuna samassa informaatioympäristössä operoivaan kilpailevaan toimijaan sekä hyödyntää syntyneitä tilannetta operatiivisesta näkökulmasta. Tässä näkökulmassa on teknologisella kehityksellä merkittävä rooli. Teknologisen kehityksen painoarvo rajoittuu kuitenkin lähinnä informaation kokoamiseen, prosessointiin ja jakamiseen. Informaatioidankäynnin suorituskyvyn ja informaatioympäristön kokonaisvaltaisen hallinnan kannalta kuitenkin vasta informaation hyödynnettävyys on ratkaiseva suorituskyvyn lisääjä.

Fyysiset toiminnot, kuten myös ihmisten kognitiiviset ja sosiaaliset prosessit perustuvat informaatioon. Informaatio on tarpeen tilannekuvan ja tilanaymmärryksen kehittämiseksi, päätöksenteossa ja minkä tahansa päätöksen toimeenpanossa. Tästä johtuen informaatio on perustavaa laatua oleva edellytys operaation suunnittelulle, toimeenpanolle ja vaikutuksen arvioinnille kaikilla tasoilla. Informaatioylioimasta saatava kilpailuetu voi muodostua merkittäväksi menestystekijäksi operaation toteutuksessa. Muiden osapuolien informaatioympäristön huolellinen tuntemus sekä harkitut ja koordinoituidet omat informaatiotoiminnot ovat lähtökohta ja perusedellytys oman informaatioylioiman saavuttamiseksi.

## **5.2.2 Operatiivinen konteksti**

### **Operaatioiden kirjo**

Tulevaisuuden turvallisuusympäristö on perusteellisesti erilainen kuin se oli aikaisemmin. Se on huomattavasti moniulotteisempi ja sisältää suuren määrän epävarmuustekijöitä sekä potentiaalisia järjestystä ja turvallisuutta vaarantavia elementtejä. Riskit ja uhat ovat aikaisempaa monimuotoisempia ja niillä on taipumus ylittää turvallisuuden ylläpitoon liittyvät suorituskykymme. Tämä johtaa perinpohjaisiin muutoksiin konfliktien ehkäisyyn tai ratkaisuun liittyvissä toiminnoissa, mukaan lukien erilaisten koalitioiden väliintuloratkaisut.

Useimmat nykypäivän ja tulevaisuuden turvallisuushaasteet osallistavat enemmän monikansallisia koalitioita kuin yksittäisiä valtioita tai edes pysyviä liittoumia. Koalitiot muodostuvat alueellisten intressien perusteella, tavoitteena jonkin erityisen tuloksen saavuttaminen. Koalition väliintulon haluttu loppuasetelma kuvaa samanaikaisesti kriisin ehkäisyyn tai ratkaisuun sitoutumista.

Kansallisten ja koalition yhteisten tavoitteiden saavuttaminen edellyttää yhteisymmärryksessä ja huolellisesti harkittua kaikentyypisten turvallisuuteen liittyvien instrumenttien käyttöä. Laaja-alaisesti tarkasteltuna tämä voidaan sitoa kaikkeen, mikä liittyy toiminnan alueisiin, voimankäyttöön sekä vaikuttamisen välineisiin.

Nykykaikaisten yhteiskuntien turvallisuuteen liittyvät suorituskyvyt ovat vääjäämättä ja tiukasti sidoksissa informaatiotekijään. Se on erittäin tärkeä tekijä kaikilla toiminnan osa-alueilla, koska kaikki teot ja toimet vaikuttavat vääjäämättä myös informaatioympäristöön.

Strategisen informaatioympäristön hahmottaminen ja ymmärtäminen on perustavaa laatua oleva edellytys kriisien ehkäisylle tai ratkaisulle. Siitä huolimatta puutteellinen informaatioympäristön analysointi on virhe, johon usein syyllistytään. Tehokkaat ja vaikuttavat toimenpiteet edellyttävät toimintojen integrointia kaikilla toiminnan eri osa-alueilla sekä jatkuvaa informaatiotekijän arviointia läpi kaikkien toimintaan liittyvien prosessien – tilanteenarvioinnin, suunnittelun, toimeenpanon ja vaikutuksen arvioinnin.

Sotilaallista väliintuloa pidetään yleisesti viimeisenä keinona, kun tarkastellaan kriisin ratkaisua laaja-alaisesta näkökulmasta. Toisaalta sotilaallinen kontribuutio voidaan nähdä moniulotteisemminkin kuin pelkkänä sotilaallisen voiman käyttönä – se voi tuottaa huomattavia vaikutuksia informaatioympäristöön. Nykykaikaisilla sotilaallisilla joukoilla on suorituskykyä kohdistaa vaikutusta valikoituihin kohdeyleisöihin sekä vaikuttaa informaatioinfrastruktuuriin jopa epäedullisissakin turvallisuustilanteissa. Nämä kapasiteetit voivat olla ainutlaatuisen hyödyllisiä sotilaallisen toiminnan ja muun yhteiskunnan yhteisesti muodostamassa operatiivisessa toimintaympäristössä.

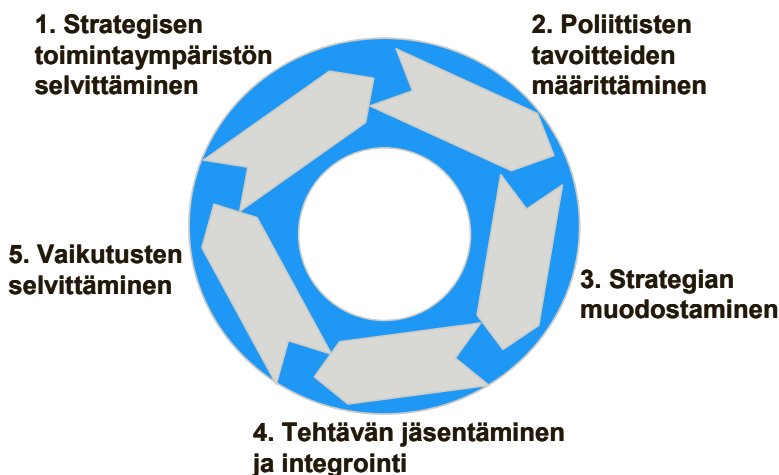
Poliittiset ja lailliset vaatimukset rajoittavat maalittamista erityisesti ei-sotilaallista merkitystä omaaviin kohteisiin. Sivullisille aiheutuvat vauriot tulee kyetä minimoimaan ja tämän johdosta ei-kineettisistä maaleista ja ei-tappavista keinoista on tullut ja tulee tulevaisuudessa entistä tärkeämpi elementti myös sotilaallisessa keinovalikoimassa.

Tulevaisuuden kriisien ehkäisy ja ratkaisu edellyttää, että siihen tarkoitetuilla joukoilla ja suorituskyvyillä on tosiasiallista kykyä ymmärtää informaatioympäristön koko ulottuvuus sekä kykyä vaikuttaa omaan ja muiden osapuolten informaatioon ja informaatiojärjestelmiin. Informaatioympäristön hallintaa ei tule kuitenkaan rajoittaa pelkästään kriiseihin ja konflikteihin liittyväksi. Informaatioympäristö on olemassa vaikuttavana elementtinä kaikissa turvallisuustilanteissa, normaalioloista häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin sekä niiden jälkitiloihin.

### Vaikutusperusteinen lähestymistapa operaatioihin

Vaikutusperusteinen ajattelu pohjautuu kokonaisvaltaisen vaikutuksen tavoitteluun. Siinä pyritään hahmottamaan vastustajan kokonaistavoite ja kohdistamaan oma vaikutus siihen tähtääviin osakokonaisuuksiin käyttämällä laajaskaalaisesti valikoituja voimankäytön elementtejä ja toiminnan eri osa-alueita. Vaikutusperusteiset operaatiot ovat huolellisesti suunniteltuja, toimeenpantuja ja kattavasti integroituja (sotilaallisia) operaatioita, jotka perustuvat kokonaisvaltaiseen ja dynaamiseen operatiivisen toimintaympäristön ymmärtämiseen.

Vaikutusperusteinen suunnittelu lähtee ajatuksesta, jonka mukaan vaikuttamalla määrättyihin kohteisiin tietyllä tavalla saadaan aikaiseksi toiminnallisia, järjestelmiin kohdistuvia tai psykologisia vaikutuksia enemmän kuin pelkästään tuhoamalla kohteita. On kuitenkin pidettävä mielessä, että tuhoaminen voi olla edelleen yksi keino halutun tavoitteen saavuttamiseksi. Vaikutusperusteinen suunnittelu on jatkuvaa toimintaa, sisältäen kuvassa 4 esitetyt vaiheet.



**Kuva 4.** Vaikutusperusteisen suunnittelun vaiheet.

Vaikutusperusteiden lähestymistavan edut perinteiseen tapaan toimia korostuvat erityisesti strategisella tasolla, jossa vaikutusmahdollisuuksien kirjo on suurimmillaan. Informatioympäristön moniulotteisuus tuo kuitenkin edellytyksiä lähestymistavan käyttöön myös operatiivisella tasolla.

Vaikutusperusteinen lähestymistapa edellyttää tarkkaa toimintaympäristön sekä vaikuttamismenetelmien ja -kohteiden tuntemusta sekä kykyä arvioida ja yhdistellä eri toimintamenetelmien vaikutuksia. Toimintaympäristön tuntemuksessa korostuu eri tasojen verkostojen sisäisten ja välisten suhteiden selvittäminen ja riippuvuuksien ymmärtäminen. Ymmärrys tulee ulottua kattavasti kaikille tasoille, koska joissakin tapauksissa taktisen tason toiminnalla saattaa olla strategisen tason vaikutuksia.

Vaikutusperusteinen lähestymistapa tarjoaa hyvän perustan informaatio- ja tiedonkäynnin suunnittelulle, toteuttamiselle ja vaikutusten arvioinnille. Se mahdollistaa kattavasti in-



formaatioympäristöön liittyvien tekijöiden huomioon ottamisen ja hyödyntämisen, niin vastustajaan kohdistettavissa toiminnoissa kuin omien toimintojen suojaamisessakin.

### **Globaali informaatioympäristö**

Kyky vastaanottaa, jakaa ja välittää informaatiota maailmanlaajuisesti on muodostanut yhteisöjä ja tilanteita, joissa on yhä vaikeampi erottaa toisistaan toimijoita ja tarkkailijoita – ”tarkkailukin on osanottamista”. Tapahtumista on tullut rajattomia, ei ehkä niinkään teknisiltä yksityiskohdiltaan, mutta tavaltaan, jolla ne esitetään, välitetään, vastaanotetaan ja tulkitaan. Havaitsemisesta ja tunnistamisesta on tullut todellisuutta yhä laajemmalle yleisölle.

Informaatioyhteiskunta niin sotilaallisesta kuin myös muun yhteiskunnan näkökulmasta kehittää suorituskykyjään yhä tehokkaamman päätöksentekokyvyn saavuttamiseksi. Kehittäminen kohdistuu informaatioympäristön näkökulmasta informaatioon ja informaatiojärjestelmiin liittyvien riskien minimointiin sekä vastapuolen suorituskykyihin vaikuttavien järjestelmien ja menetelmien luomiseen.

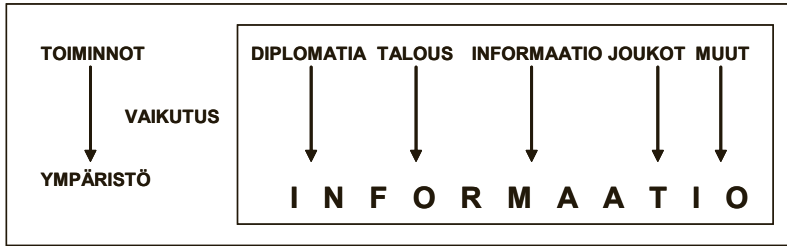
Jos verrataan informaatiotoimintojen ja nykyaikaisten sotilaallisten toimintojen kuvauksia, huomataan helposti niiden sekoittuvan ja nivoutuvan toisiinsa yhä kiinteämmin. Tämä korostuu etenkin vaikutusperusteisessa ajattelussa.

Tulevaisuudessa komentajien ja esikuntien tulee ottaa huomioon entistä kattavammin kaikki välineet, joilla kyetään luomaan vaikutuksia. Tämä tuo heille vääjäämättä tutuksi informaatiotekijän perinteisten operatiivisten tekijöiden – joukkojen, tilan ja ajan – lisäksi. Tavoiteltava loppuasetelma on neljännen operatiivisen tekijän – informaation – täydellinen integraatio osaksi vaikuttamista. Globaalin informaatioympäristön hallinta ei onnistu ilman tätä.

### **Informaatiotoiminnot strategisessa kontekstissa**

Perinteinen käsitys voiman käytön instrumenteista on kehittynyt valtiollisten transformaatioprosessien myötä, erityisesti kun on tarkasteltu niiden turvallisuustoimintaan liittyvien suorituskykyjen välisiä suhteita. Vaikka tämä tulkinta voidaankin asettaa kiistanalaiseksi, informaatiota tulisi pitää enemmän kaikkiin instrumentteihin vaikuttavana tekijänä kuin omana ja itsenäisenä osa-alueena muiden instrumenttien joukossa. Informaatio on käytettävästä toiminnan konseptista riippumatta huomattava tekijä ja turvallisuusympäristön hallintaan liittyvä suorituskyky.

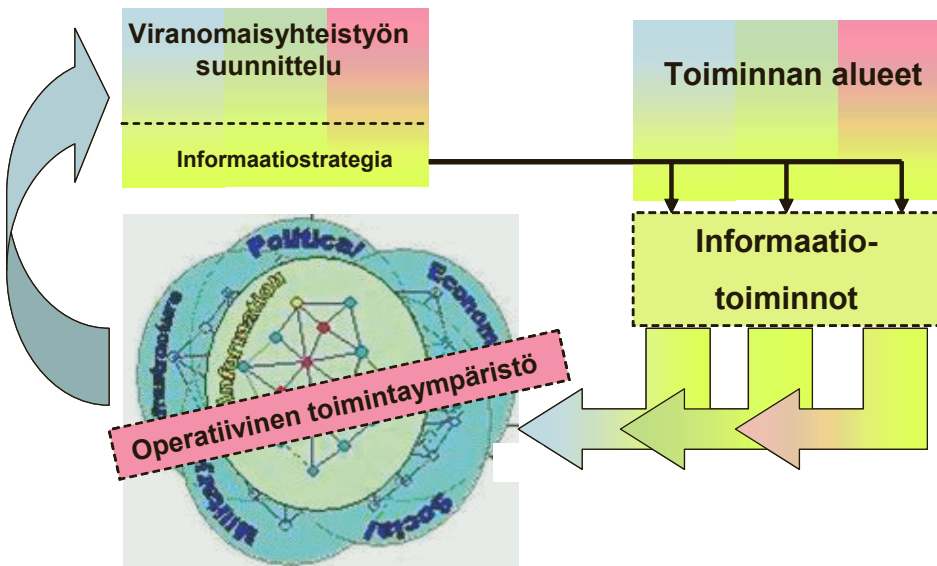
Informaatio tunkeutuu kaikille toiminnan osa-alueille. Vahvana vaikuttamisen välineenä se ulottuu niin sotilaallisiin kuin muunkin yhteiskunnan toimintoihin. Lisäksi se on olemassa niin kansallisissa kuin monikansallisissa sekä valtiojohtoisissa ja ei-valtiollisten toimijoiden aktiviteeteissa. Se sisältää sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia eri toimintoihin. Informaatiotoiminnoiksi voidaankin kutsua kaikkia toimia, jotka on luotu ja tarkoitettu vaikuttamaan informaatioon ja/tai informaatiojärjestelmiin minkä tahansa tekijän toimesta.



**Kuva 5.** Eri toimien ja toimintojen vaikutus informaatioympäristöön.

Informaatiotoimintoja toteutetaan useimmiten rinnan muiden toimintojen kanssa muodostaen synergisiä kokonaisuuksia poliittisissa tai sotilaallisissa yhteyksissä. Sotilaalliset toimet tulee koordinoita huolellisesti muun yhteiskunnan toimintojen kanssa siten, että muodostuu eheä kokonaisuus.

Informaatiotosodankäynnin toimijoiden vastuulla on koordinoita koalition (tai kansalliset) informaatiotoiminnot vastaamaan haluttua kokonaisvaltaista lähestymistapaa. Vaikka kullakin toiminnolla ja yrityksellä on tietty vastuunsa ja mekanisminsa, informaatiotosodankäynnin toiminnoissa tulee nojata päätettyyn kokonaisstrategiaan. Vain tällä tavoin voidaan varmistaa poliittisen ja strategisen ohjauksen toteutuminen, kuten myös riittävän laaja-alainen sotilaallisten ja muun yhteiskunnan informaatiotoimintojen integroituminen. Tämän vuoksi informaatiotosodankäynnin toteutus edellyttää korkean tason koordinaatiota, joka perustuu yhteiseen informaatiostrategiaan ja eri viranomaisten väliseen laaja-alaiseen yhteisymmärrykseen suorituskykyjen käytön integroinnista.



**Kuva 6.** Informaatiotoiminnot strategisessa kontekstissa.

Kokonaisoperaation tavoitteita tukevien sotilaallisten informaatio-operaatioiden tulee olla huolellisesti synkronoitu operaation kokonaisuuteen vaikuttavien eri toimintojen kanssa. On kiistaton tosiasia, että informaatiotoiminnot vaikuttavat vääjäämättä tapah-

tumien kulkuun eri toiminnallisilla tasoilla – eikä vähiten poliittisessa ja strategisessa kontekstissa – jonka vuoksi koordinoitulle toiminnalle on erityisen suuria paineita.

Kaksi hieman ristiriitaista vaatimusta on noussut nykyaikaisissa operaatioissa yhä tärkeämpään asemaan. On kyettävä itsenäisesti toimeenpanemaan ajallisesti ja alueellisesti tarkasti räätälöityjä informaatiotoimintoja, joilla taataan haluttu vaikutus. Toisaalta on oltava kyky varmistaa maksimaalinen yhteistoiminta kaikkien operaatioon osallistuvien toimijoiden kanssa. Nämä ovat keskeisiä vaatimuksia, jotka tulee ottaa huomioon informaatiotosodankäynnin toimintojen organisoinnissa ja toimintamenetelmien käyttöön-  
otossa.

Laajojen koalitioiden operaatioiden toteutus edellyttää erikoistuneita, mutta myös toimintavarmoja menettelytapoja informaatioympäristön hallitsemiseksi. Informaatiotoiminnot tulisi kytetä muodostamaan integroituna kokonaisuutena koalition (tai kansalliseen) kokonaisstrategiaan liittyen. Lisäksi niiden tulisi olla joustavia mahdollisille muutospaineille. Koalition yksittäisellä maalla tulee olla täysi vastuu ja oikeus informaatiotoimintojen toteutuksesta koskien omia kansalaisia. Tämän lisäksi maat voivat ottaa vastuulleen muita sovittua informaatiotoimintoja, siten kuin ne on sovittu koalition kokonaisstrategiassa.

### **Informaatiotosodankäynnin suhde verkostosodankäyntiin**

Verkostosodankäynnistä on monenkaltaisia määritelmiä ja niihin liittyy erilaisia näkökulmia. Useimmille määritelmille on yhteistä se, että tavoitteena on verkottuneesti toimivan yhteiskunnan voimavarojen kattava käyttö haluttuun tarkoitukseen. Esimerkiksi yhdysvaltalaisen käsityksen mukaan verkostolla on määräävä asema, kun taas brittiläisessä käsityksessä verkostoa pidetään ”runkona”, joka mahdollistaa erilaisten järjestelmien verkostomaisen käytön.

Verkostosodankäynnin tai verkostokeskeisen sodankäynnin taustalla on kuitenkin useimmiten perusajatus informaatioteknologian mahdollistamasta informaatioyliyloimasta, jota kyetään hyödyntämään integroimalla omat suorituskyvyt saumattomasti yhteen. Tällä saavutetaan etenkin toiminnan viiveettömyyttä, mutta myös laadullista tarkkuutta ja täsmällisyyttä. Verkostokeskeisen sodankäynnin konsepteja on jossakin määrin arvosteltu niiden teknologiapainotteisen lähestymistavan vuoksi, operaatiotaidon merkityksen jäädessä vähemmälle huomiolle.

Informaatiotosodankäynnin toiminnot liittyvät olennaisena osana verkostokeskeisiin operaatioihin. Näillä operaatioilla on kiinteä ja välitön suhde informaatioyliyloiman saavuttamiseen sekä tehokkaaseen johtamistoimintaan.

### **Informaatiotosodankäynnin suhde tiedusteluun**

Tiedustelun tarkoituksena on tukea poliittisia ja sotilaallisia toimijoita tilanteenarvioinnissa, suunnittelussa, toimeenpanossa ja vaikutusten arvioinnissa. Toiminta kattaa turvallisuustilanteiden kirjon normaaliolojen toiminnasta häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin sekä niiden jälkitiloihin.

Tiedustelu muodostaa perustan sotilaalliselle suunnittelulle. Se sisältää tilannearvion sekä maalittamisen perusteet ja tarjoaa välttämättömät lähtökohdat onnistuneelle johtamiselle. Tiedustelu mahdollistaa lisäksi sotilaallisten suorituskykyjen tehokkaan käytön operaatioalueella tila- ja aikatekijöihin peilattuna. Edelleen tiedustelu tarjoaa mahdollisuuden seurata operaation aikaisten toimintojen vaikutuksia, luoden mahdollisuuden muuttaa lähestymistapoja tai kohdentaa joukkoja tai toimintoja uudelleen.

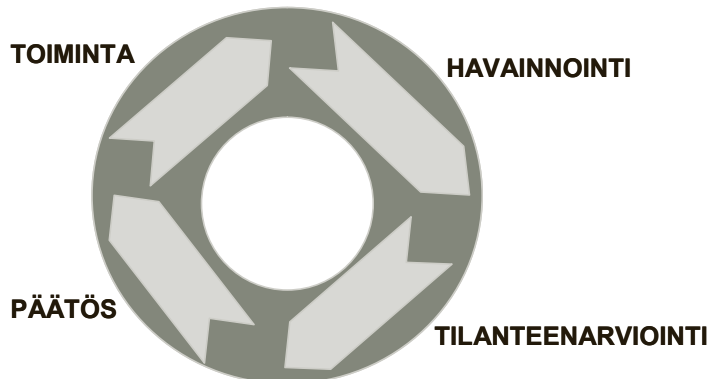
Tiedusteluprosessin lopullinen tavoite on taata päätöksentekijöille sellainen tietous toimintaan vaikuttavista tekijöistä, että nämä kykenevät käynnistämään, toteuttamaan ja ylläpitämään operaatioita. Tämä asettaa mittavat vaatimukset halutun tiedon oikeellisuudelle, oikea-aikaisuudelle ja kattavuudelle.

Informaationsodankäynnin toimijoiden tulee olla kiinteässä yhteistyössä tiedustelun kanssa kaikissa operaation vaiheissa. Yhteistyö korostuu etenkin erilaisten informaatio-toimintojen koordinoinnissa siten, että kaikilla osapuolilla on reaaliaikainen ja oikein ymmärretty tieto informaatioympäristöön vaikuttavien tekijöiden tilasta ja vaiheesta. Informaationsodankäynnin toimintojen täsmällinen ja menestyksellinen toteuttaminen onkin erittäin riippuvainen tiedustelulta saatavista syötteistä.

### 5.2.3 Informaationsodankäynti osana päätöksentekoa ja toimeenpanoa

Sotilaallinen johtamistoiminta on komentajan vallan ja ohjauksen käyttöä johdossaan olevia joukkoja kohtaan. Se on myös voimavarojen kohdentamista tehtävän toteuttamiseksi. Johtamistoiminta koostuu useista eri elementeistä: yleisen käsityksen muodostaminen komentajan tahdosta tehtävän toteuttamiseksi; tehtävien, vastuiden ja toimijoiden välisten suhteiden muodostaminen; pelisääntöjen ja rajoitusten määrittäminen; tilanteen ja sen kehityksen seuranta ja arviointi.

Laajasti tunnettu ”OODA-silmukka” (Observation – Orientation – Decision – Action, suomalaisittain lähinnä: Havainnointi – Tilanteenarviointi – Päätös – Toiminta) on yleinen ja yksinkertaistettu malli päätöksenteon ja toimeenpanon toteuttamisesta, mitä komentajat ja heidän esikuntansa toteuttavat jatkuvasti. Kukin toiminto perustuu syötteeseen aikaisemmasta toiminnosta ja luo edelleen perustan tulevalle toiminnalle.

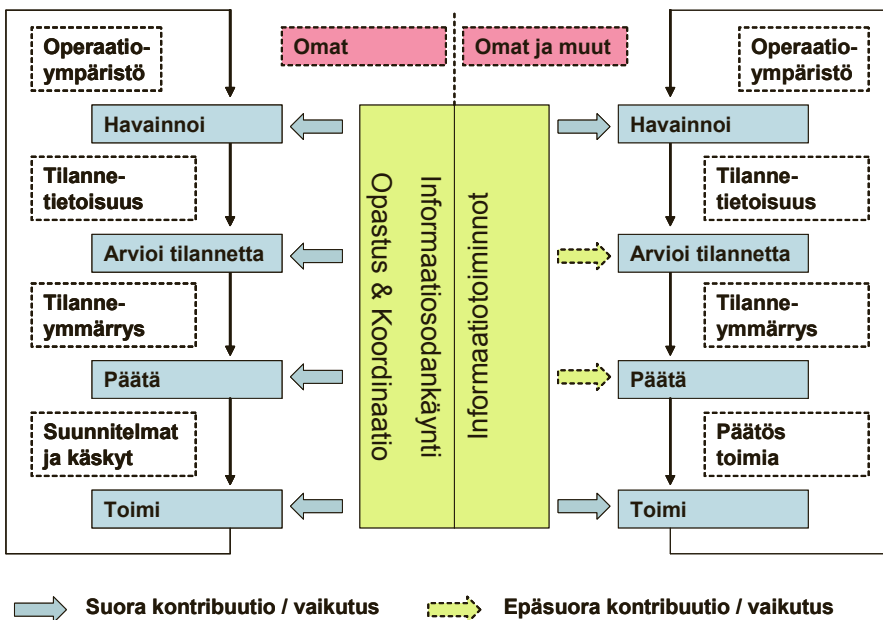


**Kuva 7.** OODA-silmukka.

OODA-silmukkaan perustuva malli säilyttää pohjimmiltaan käyttökelpoisuutensa monimutkaisissakin, sekä myös sattumanvaraisissa ja odottamattomissa turvallisuustilanteissa. On kuitenkin huomattava, että sen näkökulma saattaa muuttua nykyaikaisen informaatioyhteiskunnan kehityksessä. Perinteisessä taistelutemossa oli välttämätöntä suorittaa loppuun koko päätöksentekoprosessi – vain tämä mahdollisti pääsyn vastustajan OODA-silmukkaan. Nykyaikaisten kriisien ja konfliktien ehkäisyssä ja ratkaisussa täytyy ehkä noudattaa toisenlaista lähestymistapaa. Nopeuden painottaminen kaiken muun edelle ei ole mielekästä operaatioissa, jotka voivat kestää vuosikausia tai jopa vuosikymmeniä. On toki edelleen tilanteita, joissa pitää kyetä toimimaan nopeasti mutta joissakin tilanteissa painopisteen tulisi ehkä olla toiminnan tarkkuudessa ja täsmällisyydessä. Tämä edellyttää erityisesti havainnointi-tilanteenarviointi -segmentin kehittämistä.

Päätöksentekijöiden tulee ymmärtää havaitsemansa ennen päätöstä toiminnan määrästä ja laadusta. Verkostokeskeisten operaatioiden kehittämisessä on keskitytty muun muassa lyhentämään viivettä havainnon ja toiminnan välillä. Puhutaan yleisesti ”sensor-to-shooter” -kyvystä. Tämä toimintamalli lyhentää erityisesti OODA-silmukan päätös-toiminta -segmenttiä. Informaatio- ja tiedonvälityksen näkökulmasta on kuitenkin olennaista parantaa havainnointi-tilanteenarviointi -segmentin laatua. Erityisen tärkeää on myös ymmärtää OODA-silmukan laajentaminen käsittämään myös muiden kuin vastustajan reaktiot. Kaikkien operatiivisen toimintaympäristön osapuolten – omien joukkojen, liittolaisten, yhteiskunnan muiden toimijoiden ja jopa kansalaisten – vaikutukset tulee ottaa huomioon käsitellessä asiaa informaatioympäristön näkökulmasta.

OODA-silmukkaa voidaan hyödyntää osoittamaan informaatiotekijän tärkeys tehokkaassa päätöksenteossa ja johtamistoiminnassa. Kuvassa 8 esitetty malli havainnollistaa informaatiotoimintojen liittymäpinnat ja vaikutukset OODA-silmukan eri segmentteihin.



**Kuva 8.** Informaatio- ja koordinointi osana päätöksentekoa ja toimeenpanoa.

Havainnointivaiheen aikana informaatiotosodankäynnin toimijat edesauttavat välttämättömien ja tärkeiden informaatiovaatimusten tunnistamisessa ja tuottavat kykyä informaatioympäristön hallitsemiseksi. Tällä pyritään erityisesti tilannetietoisuuden parantamiseen.

Omien informaatiotoimintojen vaikutus muiden toimijoiden havainnointi-vaiheeseen kohdistuu ensisijaisesti niiden informaatiojärjestelmiin. Tällä pyritään vaikuttamaan heidän kykyyn kerätä, prosessoida ja jakaa informaatiota sekä informaatioon itseensä.

Tilanteenarviointi-vaiheen aikana informaatiotosodankäynnin toimijat edesauttavat tilannekuvan ymmärryksen kehittämisessä. Tämä edellyttää erikoisosaamista ja analyttisiä taitoja ymmärtää informaatioympäristöä, sen järjestelmien dynamiikkaa sekä siihen luonnostaan kuuluvia syy-, seuraus- ja vaikutussuhteita. Tämä kontribuutio sisältää neuvoja esikunnan toimintaan sekä informaatiotosodankäyntiin liittyvien vastuutahojen toiminnallista koordinoitua.

Omien informaatiotoimintojen suora vaikutus muiden toimijoiden tilanteenarviointi-vaiheeseen on suhteellisen rajoittunut. Se ilmenee lähinnä epäsuorana kykyä vaikuttaa muiden toimijoiden mahdollisuuksiin kerätä, prosessoida ja jakaa informaatiota. Se voi ilmetä myös epäsuorana kykyä manipuloida informaatiota.

Päätös vaiheen aikana informaatiotosodankäynnin toimijat edesauttavat suunnitelmien ja käskyjen laatimista avustamalla komentajaa ja esikuntaa informaatioympäristön hallintaan liittyvissä asioissa. Tämä kontribuutio käsittää informaatiotosodankäyntiin liittyvien vastuutahojen toiminnallista koordinoitua ja myös osallistumista yhteistyöhön muiden kuin sotilaallisten toimijoiden kanssa. Lopputuloksena syntyy suunnitelmiin ja käskyihin relevantti käsitys informaatioympäristöön vaikuttavista asioista ja ennen kaikkea niiden suhteesta komentajan päätökseen ja toiminta-ajatukseen.

Omien informaatiotoimintojen suora vaikutus muiden toimijoiden päätös vaiheeseen on myös suhteellisen rajoittunut. Se ilmenee useimmissa tapauksissa lähinnä epäsuorana kykyä vaikuttaa muiden toimijoiden mahdollisuuksiin kerätä, prosessoida ja jakaa informaatiota.

Toimintavaiheen aikana informaatiotosodankäynnin toimijat edesauttavat suunnitelmien ja käskyjen toimeenpanoa keskittyen integroituihin informaatiotoimintoihin. Tämä edellyttää jatkuvaa informaatioympäristöön liittyvää tilanteenarviointia ja suosituksia suunnitelmien ja käskyjen kehittämiseksi. Suositusten tulee kattaa vaikutukset, toiminta ja resurssit.

Omien informaatiotoimintojen vaikutus muiden toimijoiden toimintavaiheeseen on ensisijaisesti keskittynyt vaikuttamaan niiden kykyyn – toimintatapoihin ja menetelmiin – toteuttaa päätöksiään.

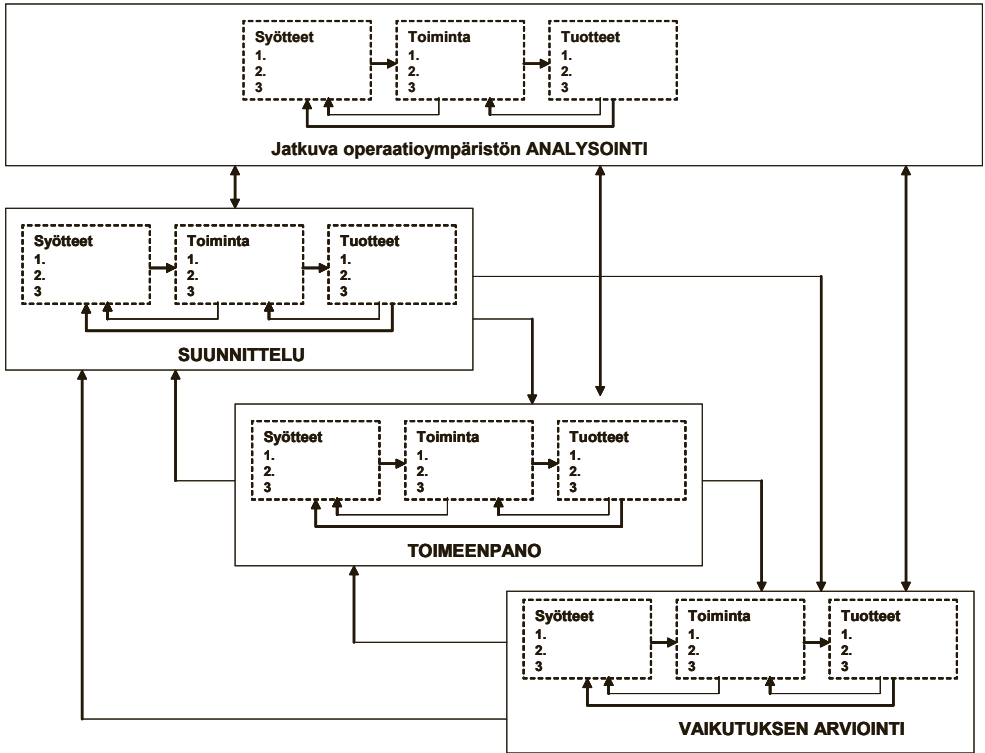
## 5.2.4 Informaatiosodankäynnin prosessimalli

Tässä yhteydessä kuvatulla informaatioodankäynnin prosessimallilla pyritään luomaan yksinkertaistettu ja kokonaisvaltainen käsitys informaatioodankäynnin toiminnoista ja roolista vastuussa olevan organisaation (esikunnan) toiminnassa. Kuvauksessa käsitellään sotilaallisten operaatioiden analysointi, suunnittelu, toimeenpano ja vaikutuksen arviointi -vaiheet.

Prosessimalli kuvaa informaatioodankäynnin syötteet operatiivisen tason prosesseihin, liittymäpinnat ylempiin ja alempiin sotilaallisiin johtamistasoihin sekä liittymäpinnat muun yhteiskunnan prosesseihin ja tuotteisiin. Siinä kuvataan suhteet päätöksenteko- ja toimeenpanosyklissä sekä oletukset sotilaallisten informaatioodankäynnin suhteista muihin toimintoihin laaja-alaisen integroinnin näkökulmasta. Prosessimallia tulee käsitellä luonnostason kehitysversiona, joka tarkentuu MNE (Multinational Experiment) -työskentelyssä kehitettävän kokonaisvaltaisen viranomaistoimintakonseptin ja -strategian mukaisesti.

Prosessimallin ensisijaisena tarkoituksena on selvittää informaatioodankäynnin toiminnallisen kokonaisuuden ilmentymisen kommentajille ja heidän esikunnilleen. Ennen kaikkea pyrkimys on luoda ymmärrys informaatioodankäynnin liittymisestä yleiseen sotilaalliseen suunnitteluprosessiin ja osoittaa sillä saavutettava lisäarvo kokonaisuuden hallinnassa. Lisäksi prosessimallia voidaan hyödyntää muiden viranomaisten ja yhteistyötahojen informoimiseen sotilaallisten informaatioodankäynnin näkökulmasta ja tämän myötä edesauttaa informaatioympäristön kokonaisvaltaisen hallinnan mahdollistamista.

Prosessimallin tulisi soveltua erilaisten sotilaallisten toimintojen käyttöön laaja-alaisen integroinnin näkökulmasta. Koska informaatioodankäynti on olennainen osa tilanteenarviointia, suunnittelua, toimeenpanoa ja vaikutuksen arviointia, tulisi prosessimallin vastata yleisiä sotilaallisia prosesseja kuten myös vastaavia muiden yhteiskunnan toimijoiden prosesseja. Erillisten ja vain informaatioodankäyntiin räätälöityjen prosessien suunnittelua ja laatimista tulee välttää.

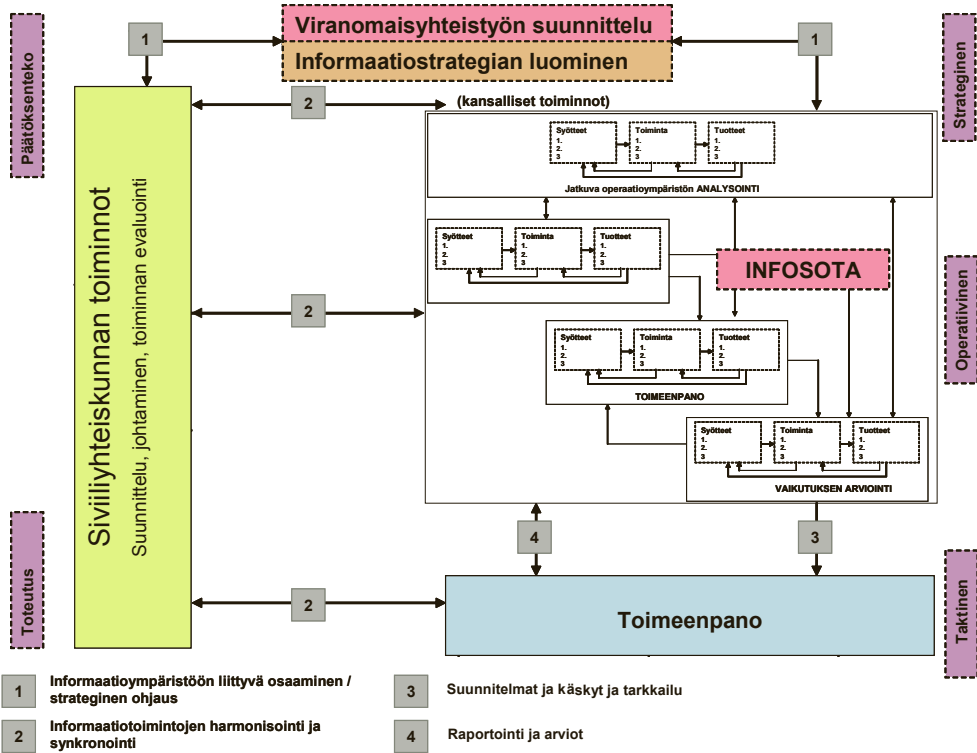


**Kuva 9.** Yleinen operatiivisen tason prosessimalli.

Analysointi, suunnittelu, toimeenpano ja vaikutuksen arviointi nivoutuvat toisiinsa silmukkamaisesti. Ne aiheuttavat jatkuvaa toimintaa omissa kokonaisuuksissaan mutta tuottavat myös jatkuvaa vuorovaikutusta toisiinsa nähden. Kukin prosessi sisältää syötteitä, tuotteita ja toimijoita sekä niiden välisiä suhteita ja toimintoja. Näiden prosessien ketjutettu kokonaisuus muodostaa yleisen operatiivisen tason prosessimallin.

Informaatioidankäynnin prosessimalli liittyy informaatiotoiminnot edellä kuvattuun yleiseen operatiivisen tason prosessimalliin. Samaan prosessimalliin on liitetty myös liittymäpinnat ylempiin ja alempiin sotilaallisiin johtamistasoihin sekä liittymäpinnat siviiliyhteiskunnan toimintoihin.





**Kuva 10.** Informaatiotosodankäynnin prosessimalli ja suhteet muihin toimintoihin.

Informaatiotosodankäynnin kontribuutio osana sotilaallista tilanteenarviointia pitäisi keskittyä informaatioympäristön analysointiin ja arvioimiseen, erityisesti arvioon informaatioympäristön tilasta ja merkityksestä, mukaan lukien näiden kehitys tulevaisuudessa. Informaatiotosodankäynnin toimijat voivat edesauttaa tilannetietoisuuden ja tilanneymmärryksen lisäämistä erityisesti informaatioympäristöön liittyen.

Informaatiotosodankäynnin kontribuutio osana sotilaallista suunnittelua pitäisi keskittyä jatkuvaan vuorovaikutukseen informaatiotosodankäynnin toimijoiden ja operaatioiden muiden suunnittelijoiden kanssa, painopisteenä informaatioympäristön analysointi. Tämä mahdollistaa informaatiotekijän integroimisen muihin suunnitteluun liittyviin operatiivisiin tekijöihin sekä täsmällisen koordinaation informaatiotosodankäynnin eri osa-alueiden toimijoiden välillä. Sotilaallisen informaatiotosodankäynnin asiantuntijat voivat toimia myös operaatiokohtaisen asiantuntijatiedon tuottajina strategista tai poliittista ohjausta edellyttävissä sotilaallisissa tai yhteiskunnan muiden toimijoiden informaatiotoiminnoissa.

Informaatiotosodankäynnin kontribuutio osana sotilaallista toimeenpanoa pitäisi keskittyä informaatiotosodankäynnin eri osa-alueiden toimijoiden koordinointiin. Painopiste on haluttujen vaikutusten saavuttaminen informaatioympäristössä siten, että ne tukevat kokonaisoperaatiota. Koordinoinnin tulee perustua ylemmältä tasolta saatuun strategiaan ohjaukseen erilaisten informaatiotoimintojen suhteen.

Informaatioidankäynnin kontribuutio osana sotilaallista vaikutusten arviointia pitäisi keskittyä informaatioidankäynnin toimijoiden yhteisen arvion muodostamiseen informaatiotoimintojen ja informaatioympäristön tilasta ja kehityksestä. Tämä edellyttää etenkin mahdollisten ristiriitojen ja yhteistyövaatimusten tunnistamista informaatioympäristön näkökulmasta. Tällä voidaan merkittävästi vaikuttaa tilannetietoisuuden ja tilanneymmärryksen lisäämiseen ja lopulta myös informaatiotekijän integroituun tunnistamiseen sotilaallisten ja yhteiskunnan muiden toimijoiden välillä.

## 5.3 Yhdistelmä

Joissakin yhteyksissä on todettu teknologian merkityksen ja kehityksen olevan ratkaisevassa asemassa sodankäynnin tulevaisuudessa. Sen tärkeyttä ei toki sovikaan väheksyä. Toisinaan on kuitenkin ehkä hiukan virheellisesti kuvattu informaatioidankäynnin olevan lähinnä teknistä toimintaa, mikä antaa virheellisen kuvan tämän kokonaisuuden ulottuvuuksista. Informaatioidankäynnin moniulotteisen laajuuden ja merkityksen ymmärtäminen onkin ensimmäinen ja ratkaiseva askel informaatioidankäynnin ja informaatioympäristön hallinnan sekä niiden kehityksen ymmärtämisessä.

Informaatioidankäynnin suunnittelun ja toimeenpanon pitää olla olennainen ja kiinteä osa operatiivisen toiminnan kaikkia prosesseja – tilanteenarviointia, suunnittelua, toimeenpanoa ja vaikutusten arviointia. Mikäli täydellinen integraatio ei toteudu, ei informaatioympäristön hallinta voi toteutua parhaalla mahdollisella tavalla.

Tässä luvussa ei ole valitun näkökulman mukaisesti keskitytty informaatioidankäynnin teknologioiden ja järjestelmien yksilöityyn erittelyyn eikä niiden kehityksen arviointiin. Yksityiskohtaisia arvioita ja ennusteita informaatioidankäyntiin liittyvien keskeisten teknologioiden ja järjestelmien kehityksestä on luettavissa tämän teoksen muissa luvuissa. Kokonaisvaltaisen käsityksen muodostaminen edellyttää perehtymistä ainakin tiedonsiirto-, sensori-, häive- ja tietojenkäsittelyteknologioiden sekä johtamis- ja elektronisen sodankäynnin järjestelmien kehitykseen.

Erittäin pelkistetysti voidaan kuitenkin todeta, että informaatioidankäynnin järjestelmäkehitys kohdistunee tulevaisuudessa erityisesti seuraaviin kohteisiin:

- Järjestelmäkoko, tieto- ja ohjelmistosisältö, älykkyyks ja alueellinen peitto kasvavat.
- Informaatio, automaatio ja verkottuminen ulottuvat yhä pienempiin järjestelmiin, jolloin niistäkin tulee informaatioidankäynnin kohteita.
- (Informaatio)tekniikan merkitys kasvaa ja suhteellisesti ottaen ihmisen merkitys pienenee – automaattiset ja miehittämättömät järjestelmät yleistyvät.
- Laitteet ja järjestelmät integroituvat ja konvergoituvat, eli ne sisältävät yhä moninaisempia toimintoja, joiden ominaisuuksia pystytään joustavasti muuttamaan ohjelmallisesti laitteen tai järjestelmän sisällä.
- Osajärjestelmät vaihtavat tietoa ja toimivat yhä enemmän keskenään.
- Järjestelmäkoon kasvaminen tarkoittaa myös globaalien merkityksen kasvamista. Entistä harvempi toimija pystyy itsenäiseen ja muista riippumattomaan toimintaan informaatioidankäyntiin liittyvien järjestelmien kehittämisessä.

- Globaali taso tarkoittaa myös, että informaatiosta tulee yhä enemmän taistelukentän väline.
- Standardien merkitys kasvaa ja ne ovat globaaleja tai liittoumien standardeja.
- Siviiliteknologia on yhä enemmän informaatioidankäynnin perustana ja sen nopea hankittavuus ja integroitavuus ovat erityisen tärkeitä.
- Oppimisen, adaptiivisuuden, muuttumiskyvyn merkitys kasvaa. Tämä tarkoittaa muun muassa informaatioidankäynnin järjestelmien henkilöstön ammattimaistumista ja simuloinnin merkityksen kasvua.
- Systeemiteorian, simuloinnin, mallintaminen, visualisoinnin ja teknisen älyn merkitys kasvavat.
- Järjestelmät ja päätöksentekijät ovat yhä enemmän tärkeitä kohteita, ei niinkään pienistä erillisistä toimijoista koostuva massa.
- Järjestelmistä ja johtajista kerätään tietoa ja niitä vastaan toimitaan – vastaavasti omia järjestelmiä ja päätöksentekijöitä suojataan.
- Avaruuden, ilmalavettien (erityisesti lennokkien) ja erikoisjoukkojen merkitys kasvaa myös informaatioidankäynnissä.
- Verkon tärkeys resurssina kasvaa ja monipuolistuu edelleen.

Teknologia- ja järjestelmäkehitystäkin tärkeämpää on kyetä tunnistamaan informaatioympäristön toiminnallisuudessa tapahtuva kehitys. Nykyaikainen informaatio-operaatio on mittava ja moniulotteinen toimenpide. Se koostuu moninaisista ja monitasoisista elementeistä, jotka muodostavat operatiivisen toimintaympäristön. Informaatio operatiivisena perustekijänä tulee kasvattamaan merkitystään. Se sitoo yhteen operatiivisina perustekijöinä tunnetut joukot, tilan ja ajan. Operatiivisten tekijöiden ja niiden välisten suhteiden hallintaa voidaan pitää minkä tahansa sotilaallisen operaation suunnittelun tai toimeenpanon keskeisenä menestystekijänä.

## **Kirjallisuusluettelo:**

Tekstiin ei ole sisällytetty lähdeviitteitä. Se perustuu pääosiltaan MNIOE (Multinational Information Operations Experiment) -työskentelyssä muodostuneeseen monikanalliseen kokonaiskäsitykseen informaatioidankäynnin toiminnallisuudesta ja kehitymisestä. Seuraavassa on lueteltu joitakin lähteitä, joista on saatavissa lisätietoa tästä aihepiiristä.

Ahvenainen, Sakari: Sotatekninen Arvio ja Ennuste 2004, II Osa, Informaatioidankäynnin järjestelmät.

CONOPS ”Development and Implementation of the Coalition Information Strategy”. Coordinated Draft Version 0.9. MNIOE, 20 Dec 2007.

Concept for EU Military Information Operations (EU MIL INFO OPS). EUMS, 1 Feb 2008).

Huhtinen, Aki & Rantapelkonen, Jari: ImageWars. Beyond the Mask of Information Warfare. Gummerus Oy 2002.

Informaatioidankäynnin ohje 2006. Pääesikunta, Operatiivinen osasto, 2006.

Information Activities In Future Coalition Operations – A Comprehensive Approach (From A Military Perspective). Final Draft Version 1.8. MNIOE, 31 May 2007.

Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Johtamissodankäynti. Julkaisusarja 2, nro 2/2000.

Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Verkkotaistelu 2020; Taustatutkimus Maavoimien Taistelun kuva 2020 tutkimukseen. Julkaisusarja 2, nro 2/2003.

## 6. MAAVOIMIEN JÄRJESTELMÄT

Päivitys 2008:

Insev Ilkka Lemmetty, Maavoimien Esikunta

Ev Tapio Forselius, Maavoimien Esikunta

Ev Aki Sihvonen, Maavoimien Esikunta

Evl Pertti Holma, Maavoimien Esikunta

Kom Juha Juusela, Maavoimien Esikunta

Insevl Olli Klemola, Elektroniikkalaitos

Maj Markku Haapasalo, Maavoimien Esikunta

Maj Matti Honkela, Maavoimien Esikunta

Maj Ari Laaksonen, Maavoimien Esikunta

Maj Mika Tauru, Maavoimien Esikunta

Maj Asko Valta, Maavoimien Esikunta

### 6.1 Johdanto

Maavoimien taisteluun vaikuttaa keskeisesti tulivoima. Maavoimajoukkoihin kohdistuva vastustajan tulivoima heikentää taistelussa menestymisen edellytyksiä. Maavoimajoukkojen tueksi saatava tulivoima mahdollistaa taistelussa menestymisen omia miestappioita vähentäen. Maavoimien tulitukijärjestelmät voidaan jakaa välittömään lähitulitukeen, taktiseen tulitukeen sekä operatiiviseen tulitukeen.

Tulituki eri taistelualueille tuotetaan eri järjestelmillä. Lähitulituki toteutetaan joukkojen orgaanisilla pienaseilla ja lyhytkantamaisilla ryhmäaseilla. Taktinen tulituki kohdistetaan joukkojen taisteluun välittömästi vaikuttaviin vastustajan kohteisiin. Taktinen tulituki tuotetaan maavoimien tulivoimajärjestelmillä jotka ulottuvat 30 kilometriin saakka. Operatiivinen tulituki kohdistetaan vastustajan syvyydessä 30–100 km etäisyydellä oleviin kriittisiin kohteisiin, joiden eliminoimisella vaikutetaan välillisesti maavoimajoukkojen menestymiseen taistelussa. Tulivaikutus aikaansaadaan kaukovaikuttamisen järjestelmällä, jonka vaikutus ulottuu yli 100 km etäisyydelle. Vaikuttamiseen käytetään optimoidusti alueellisen resurssin suorituskykyjä toimijoita hajauttaen ja vaikutusta tarvittaessa keskittäen tai vain oleellisia suorituskykyjä käyttäen.

Tulevaisuudessa johtamisjärjestelmien merkitys suorituskyvyn osatekijänä korostuu entisestäänkin. Keskeisenä tekijänä on järjestelmäintegraatio, joka syvenee entisestään. Järjestelmät kehitetään modulaarisiksi ja niille luodaan kyky skaalautua käyttötarkoituksensa mukaisesti. Taktisella tasolla käytetään mm hajaspektriaaltomuotoja hyödyntäviä ohjelmistoradioita.

Huollollisilla ja logistisilla järjestelyillä mahdollistetaan maavoimien joukkojen ja niiden käytössä olevien järjestelmien toiminta. Täydennysten, kuljetusten ja kunnossapidon osuus korostuu tulivoiman lisääntymisen ja alueellisesti hajautettavien joukkojen vuoksi. Asejärjestelmien sisältämän tekniikan lisääntyminen myös lisää kunnossapitotarvetta.

## 6.2 Maavoimien alueellis-operatiiviset järjestelmät

### 6.2.1 Maavoimien alueellinen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmä

#### 6.2.1.1 Maavoimien alueellinen tiedustelu- ja valvontajärjestelmä

Puolustusvoimissa maavoimien alueellinen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmä on osa kaikkien puolustushaarojen ja aselajien integroitua TVJ-järjestelmää. Maavoimien käytössä olevat alueellisen tason tiedustelu- ja valvontajärjestelmät toimivat kiinteässä yhteistyössä ja integroituna niin strategisen tason kuin muiden puolustushaarojen operatiivisen ja taktisen tason TVJ-järjestelmien kanssa. TVJ-järjestelmän tehtävänä on tuottaa eri puolustushaarojen ja aselajien joukkojen ja niiden asejärjestelmien käytössä tarvittava tiedustelutieto vastustajasta ja operaatioalueen olosuhteista sekä mahdollistaa oma johtamistoiminta operaatioiden suorittamiseksi.

### Tiedustelu- ja valvontajärjestelmien kehitys maailmalla

Strategisen tason tiedustelu- ja valvontajärjestelmillä kerätään tietoa vastustajan joukoista, sen käyttämistä johtamis-, tiedustelu-, valvonta- ja asejärjestelmistä ja operaatioalueesta jo rauhan aikana. Tähän tehtävään suurvallat käyttävät satelliitteja sekä strategiseen tiedusteluun kykeneviä tiedustelukoneita. Näissä maissa miehittämättömien ilma-alusten käyttö jopa strategis- operatiivisen tason tiedustelujärjestelmänä yleistyy.

Kuvaustiedusteluun käytetään pääasiassa elektro-optisia kuvausjärjestelmiä, jolloin kuvatiedon siirtäminen käyttäjälle tapahtuu nopeasti ja kuvan käsittely ja analysointi voidaan suorittaa tietokoneavusteisesti. SAR-tutkien käyttö tiedustelusensorina yleistyy maailmalla ja niitä käytetään satelliiteissa, tiedustelukoneissa ja jopa miehittämättömissä ilma-aluksissa. SAR-tutkan etuna on sen riippumattomuus ilmakehän olosuhteista. Sade, sumu, ilmakehän kosteus ja muut ilmakehässä olevat partikkelit eivät vaimenna käytettävän tutkataajuusalueen signaalien etenemistä kuten kuvaavissa järjestelmissä. Kuvaustiedustelun ja tutkataajuusalueella tapahtuvan tiedustelun lisäksi edellä mainituissa tiedustelujärjestelmissä käytetään elektronisen tiedustelun sensoreita.

Elektromagneettista säteilyä lähettävien järjestelmien signaalien sieppaamisella, suuntimisella, signaalien analysoinnilla ja luokittelulla kyetään muodostamaan elektroninen tilannekuva ja sen perusteella arvioimaan kohdealueella olevat joukot, joukkojen tyypit, niiden johtosuhteet, tehtävät sekä muutokset toiminnassa. Strategisen tiedustelun järjestelmien tiedustelu-ulottuvuus on suuri. Satelliiteilla voidaan valvoa koko sotatoimialue. Strategisen tason lentotiedustelujärjestelmillä (kuvaustiedustelu, tutkataajuusalueen tiedustelu ja elektroninen tiedustelu) kyetään hankkimaan riittävää tiedustelutietoa useiden satojen kilometrien syvyydestä. Niinpä tärkeimmät kiinteät kohteet tunnistetaan, paikannetaan ja voidaan maalittaa valmiiksi jo ennen varsinaisten sotatoimien alkua. Samoin vastustajan käyttämistä järjestelmistä kerätään ja ylläpidetään tarvittavat tiedot asejärjestelmien maalikirjastoja (elektronien signaalikirjasto, eri taajuusalueilla tapah-

tuvat hahmontunnistukseen perustuvat kuvakirjastot, akustisten herätteiden kirjastot) varten.

Ennen varsinaisten operaatioiden alkua syvällä vastustajan selustassa ja sen tukialueella toimivat erikoisjoukkojen partiot ja ryhmät etsivät ja paikantavat maaleja ja tarvittaessa tuhoavat vastustajan johtamisjärjestelmän, ilmapuolustuksen valvonta- ja johtamisjärjestelmän sekä kauaskantoisten asejärjestelmien kohteita. Sotatoimien alettua erikoisjoukkoja käytetään erityisesti maalitiedon tuottamiseen ja maalinosoitustehtäviin omille kauaskantoisille asejärjestelmille. Pimeätoimintavälineet kuuluvat kaikkien joukkojen varustukseen.

Varsinaisten sotatoimioperaatioiden alettua alueelliseen tiedusteluun ja valvontaan soveltuvien sensoreiden ja järjestelmien määrä lisääntyy merkittävästi. Tiedusteluyksiköiden hyödynnettävissä oleva informaation määrä kasvaa räjähdysmäisesti. Ongelmana onkin oleellisen ja operaatioiden ja tulenkäytön kannalta merkityksellisen tiedustelu- ja maalitiedon varmentaminen, seulonta ja analysointi informaatiotulvasta. Eri sensoreista ja tiedustelujärjestelmistä tulevan sensoridatan automaattinen fuusiointi ja tiedustelutiedon muokkaaminen sekä sen esittäminen operatiivisen johtamisen päätöksenteon sekä tulenkäytön tarpeisiin nousee varsin keskeiseen asemaan TVJ-järjestelmien kehittämisessä. Tiedustelujärjestelmä mahdollistaa tulevaisuudessa liikkuvien maamaalien seurannan. Tärkeiden maalien tarkka seurantakyky, niiden liikesuuntien ennustaminen ja sen perusteella tehtävä maalien liikkeen kanavointi tai pysäyttäminen, mahdollistaa täsmätulenkäytön järjestelmien kannalta edullisen vaikutusalueen valinnan.

Tehtävän suorituksen jälkeen sensoreilla voidaan arvioida saavutettu vaikutus.

#### 6.1.1.2 Maavoimien alueellinen johtamisjärjestelmä

Maavoimien alueellinen johtamisjärjestelmä on taktisen tason johtamisjärjestelmä. Se perustuu verkosta saatuihin palveluihin, jotka välitetään joko suoraan maavoimien johtamisaikojen päätelaitteisiin OPNETi-liittymillä tai maavoimien rakentaman liittyn-täverkon kautta OPNETi-liittymistä johtamisaikoille.

Maavoimien johtamisjärjestelmä ei tulevaisuudessa ole pelkkä välitysjärjestelmä, vaan se tarjoaa käyttäjilleen myös muita palveluita, kuten esimerkiksi paikkatietoa. Laajakaistaiset palveluverkot tulevat lisääntymään, joissa huomioidaan myös helikopteri- ja lennokkijärjestelmien tarpeet.

Tiedonsiirtoverkkojen ohjaus ja valvonta keskittyy. Toisaalta maavoimilla on tarve puolustushaaran hallita käyttäjämäärien kasvattaminen RA-käyttäjämäärästä SA-käyttäjien voluumiin. Maavoimien käyttäjiksi valmiutta kohotettaessa johtamisaikojen lisäksi tulee runsaasti verkon miehittämättömiä päätelaitteita ja sensoreita. Moninkertaistuva IP-osoitemäärä ja liittymien määrä nostaa uuden laajan merkittävän uhan johtamisjärjestelmään. Uhan torjunta onnistuu vain tehokkaalla ja ennakoitulla puolustushaaran verkkosodankäyntikyvyyn kehittämällä, jossa keskeisintä on IP-osoitteiden ja laitteiden käyttäjähallinta ja hallinnointi.

Liityntäverkon ylläpitäviä johtamisjärjestelmäjoukkoja kehitetään ja organisaatiota mädalletaan. Joukkojen johtamisesta tulee keskitetympää varsinkin maavoimien sivusta- ja selusta-alueilla. Samaa resurssia on järkevä käyttää myös jatkotehtävien valmisteluun alueellisesti keskitettynä voimana. Samalla ratkaisulla valmistaudutaan mahdollisen kansainvälisen avun ja materiaalin käyttöönottoon maavoimien sodan ajan johtamisjärjestelmään.

Johtamisen tietojärjestelmä integroituu kokonaisuudeksi, jolloin järjestelmän palvelut ovat tarvittaessa kaikkien käytössä organisaatiotasosta riippumatta ja johtoportaat pystyvät käsittelemään rinnakkaisena johtamisprosessina samoja tietoja. Järjestelmästä tulee joustava, ja se on modulaarinen ja laiteperhepohjainen taistelija maavoimien esikuntaan asti. Maavoimilla ei ole rajapintaongelmia eikä niitä tietoisesti kehitetä. Kullakin johtamisen tasolla käytetään vain niitä palveluita, joita tarvitaan maavoimien tietojärjestelmästä. Tiedon laajuus ja käyttöoikeudet toteutetaan ohjelmallisesti tai moduuliperiaatteella. Tehokas käyttöoikeuksien suorituskyky tulee tulevaisuudessa vaatimaan bio- tai akustisesti tunnistettua varmistusta varsinkin tulenjohtaja/taistelija tasolta. Järjestelmät tullaan modernisoimaan ainakin kerran tarkasteluaikana, jolloin niiden elinkaari jatkunee tarkasteluajankohdan yli. Merkittävimpiä modernisointikohteita ovat siirtyminen välitysjärjestelmässä piirikytkentäisyydestä paketti- /reititinkytkentäisyyteen sekä siirtojärjestelmässä hajaspektriradioihin, jotka mahdollisesti toteutetaan ohjelmistoradiopohjaisina. Keskeiseksi tekijäksi muodostunee verkkokeskeinen globaali tietojärjestelmä, jossa kaikki uhkatekijät on kartoitettu ja jopa henkilöön menevät tiedot on rekisteröity. Tietojohdaminen, tietoverkot ja tietoturva ovat avainsanoja. Erilaisten tietoturvaratkaisujen kehittäminen on keskeistä, mutta erittäin haasteellista Internet-tyyppisissä verkoissa.

Maavoimien johtamisjärjestelmän teknisissä ratkaisuissa luovutaan Eurocom-tuotteista ja MIL-specsatuista tuotteista kaupallistettujen tuotteiden hyväksi (COTS). Sotateknii-kan kasvavat kustannukset, indeksirasisitus ja uhka ratkaistaan yksinkertaisesti pakkaamalla laitteet pienempään kokoon, integroimalla välitys, tiedonsiirto ja liityntä samaan laitteistoon ja vähentämällä tehontarve nykytilasta neljännekseen. Toisin sanoen maavoimien tehokkaiden johtamisjärjestelmän asemien määrä ja yksikköpotentiaali lisääntyy, jolloin uhkan ja vihollisen asevoiman vaikutusta voidaan hajauttaa. Vaihtoehtoisia virtalähteitä kehitetään rinnalla, mutta laitehallinnalla pyritään verkon yli myös säästämään virran kulutusta varsinkin miehittämättömissä päätelaitteissa kuten maatiedustelun sensoreissa. Tämän tyyppinen toiminta tulee vaatimaan uutta suorituskykyä maavoimien liityntäverkon ja sen alapuolisten yhteiskäyttöisten laitteiden hallinnassa.

## 6.2.2 Maavoimien kaukovaikuttamisen järjestelmät

Maavoimien kaukovaikuttamisen järjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, jolla kye-tään ulottamaan haluttu asevaikutus sadasta satojen kilometrien etäisyydelle. Järjestelmä sisältää maalittamisen tarvitseman tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän, asela-vetit, halutun vaikutuksen tuottavat ampumatarvikkeet, johtamisen edellyttämän vies-tijärjestelmän sekä koulutetun käyttöhenkilöstön.



Järjestelmän asevaikutus perustuu monipuolisen, kohteen mukaan valittavissa olevan, taistelulatauksen toimittamiseen haluttuun pisteeseen raketilla tai ohjuksella. Taistelulataus voi koostua esimerkiksi sirpaloituvista ja terästä läpäisevistä heitteistä, yhdestä 100–400 kg latauksesta tai aerosoliräjähteestä. Kantoraketti tai -ohjus lentää annettua reittiä tai vapaasti ennalta ohjelmoituun pisteeseen. Lennonaikainen ohjaus maaliin perustuu kantoraketin tai -ohjuksen GPS/vast paikkatieto- ja hyrrätekniiikan käyttöön.

Todennäköinen poikkeama annetusta koordinaattipisteestä on 5–25 metriä. Häirittynä poikkeama lienee alle 50 m. Aselavetit ovat yleensä pyörä- tai tela-alustaisia. Yleensä lavetit kykenevät sekä raketien (esim. 12 kpl/lavetti) että ohjuksien (esim. 2 kpl/lavetti) ammuntaan. Järjestelmät, jotka kykenevät vain ohjuksien ampumiseen ovat ilmeisesti poistumassa tulevaisuudessa. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi venäläinen pyörälavettinen Iskander (mod) ja israelilainen siirtolavettinen Lora (mod). Kaukovaikuttamisen järjestelmän lavettina voidaan käyttää myös ilma-alusta ammuttaessa ilmasta-maahan ohjuksia ja liitopommeja. Myös taistelulennokkeja (UCAV) käytetään kaukovaikuttamiseen. Suurvalloilla aselavetteina käytetään myös merivoimien aluksia.

Kaukovaikuttaminen voi perustua myös aselavetin siirtämiseen vastustajan syvyyteen. Tällainen järjestelmä on tyypillisesti taisteluhelikopterijärjestelmä, jolla pyritään suoja- sa tunkeutumaan taisteluhelikoptereiden asevaikutuksen etäisyydelle kohteesta. Asevai- kutuksena ovat ilmasta maahan ohjukset, raketit ja tykkikituli.

Kaukovaikuttamisen järjestelmä on riippuvainen maalitiedosta. Järjestelmä vaatii tuek- seen tiedustelu-, valvonta- ja maalinosoittamisjärjestelmän (TVJ/ TVMO) tuottaman tilannekuvan ja johtamisyhteydet. Osa maaleista on maalitettu perusvalmiudessa. Maa- liluettelot on laadittu valtakunnallisen tiedustelutiedon perusteella sekä alueellisen ope- raatioajatuksen mukaisesti. Kaukovaikuttamisen järjestelmä kykenee liittymään alueelli- seen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmään ja ottamaan käyttöön tarvitsemaansa informaatiota. Järjestelmän vaatima tiedustelu-, valvonta- ja maalinosoitusyksikkö tuot- ta tulenkäytön vaatimaa maalitietoa ja lisäksi tiedustelutietoa muiden järjestelmien käyttöön. Kaukovaikuttamisen järjestelmä on tarkoitettu operatiiviseen vaikuttamiseen alueellisesti käytettäväksi. Järjestelmän aselavetit organisoidaan yksiköiksi, jotka voivat toimia esimerkiksi operatiivisen sotilasläänin johdossa. Yksiköihin kuuluu neljästä kah- deksaan aselavettia tarvittavine johto-, ammunnanhallinta- ja huolto-osineen. Kauko- vaikuttamisen järjestelmää käytetään vastustajan syvyyteen operatiivisesti ja strategisesti tärkeitä kohteita vastaan. Yksiköiden päämaaleina ovat yli 100 kilometrin etäisyydellä olevat vastustajan:

- ohjusasemat ja raskaat raketinheitinpatterit
- komentokeskukset ja viestiasemat
- lentotukikohdat ja helikoptereiden tukeutumisalueet
- ilmapuolustuksen järjestelmät
- huoltomuodostelmat
- ilmaherruuden kiistävät alukset operatiivisesti tärkeillä vesialueilla
- infrastruktuuriin liittyvät kohteet (satama, sillat, rautatieverkosto, sähköntuotanto, teollisuus) ja
- jossain tilanteessa myös vastustajan taistelujoukot.

Kaukovaikuttamisen järjestelmän hyvänä puolena voidaan pitää sen pelotevaikutusta ja asevaikutuksen tarkkuutta. Pelotevaikutus syntyy ulottuvuudesta, joka luo uhkan vastustajan avainkohteille myös toisessa portaassa ja tukeutumisalueella. Ohjuksien ja raketien tekniikka vaatii päivittäis- ja ylläpitotoimintaa jatkuvasti. Varsinaisia vaikuttamisen elementtejä – taistelulaukauksia ei voida ylläpitää massamaisesti.

Alueellisen TVJ-verkon hyödyntämismahdollisuus on toiminnan ehdoton edellytys. Järjestelmän toiminta perustuu myös keskeisiltä osin GPS/vast teknologiaan, joka edellyttää avaruussatelliittien hyödyntämistä. Satelliitteja hallinnoivat vain suurimmat sotilasmahdit nyt ja lähitulevaisuudessa.

Kaukovaikuttamisen järjestelmää vastaan voidaan toimia estämällä sen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän käyttö. Osajärjestelmä voidaan lamauttaa elektronisella hyökkäyksellä tai tuhoamalla sensoreita ja viestijärjestelmiä. Mitä laajempi alueellinen järjestelmä on, sitä vaikeampi se on lamauttaa. Maalavettien tuhoaminen ennen tulitoimintaa on viimeisimpien sotakokemuksien perusteella vaikeaa varsinkin, jos järjestelmä on hajautettu aseittain ja käytetään valemaaleja. Tulitoiminta paljastaa ampuvat aseet, mutta ne pyrkivät väistymään alueelta muutamassa minuutissa. Ilma- ja merilavettien tuhoamisessa pätevät ilma- ja meritaisteluoppien lainalaisuudet.

Kaukovaikuttamisen järjestelmä on strategisesti merkittävä kehitettävä kynnysasejärjestelmä. Suurvallat kehittävät järjestelmää sen ennaltaehkäisevän iskukyky potentiaalinsa täsmävaikutuskyvyn vuoksi. Omien joukkojen tappioiden välttämisen korostuessa ja ”robottitaisteluopin” lisääntyessä tykistöohjukset ja raketit soveltuvat tehtäviin hyvin. Voidaan arvioida, että kaukovaikuttamisen järjestelmän merkitys tulee jatkuvasti lisääntymään. Merkittävimpana syynä on sodan kuvan muuttuminen massavaikuttamisesta täsmävaikuttamiseen avainkohteisiin syvällä alueella. Kaukovaikuttamisen järjestelmien kehittäminen liittyy ohjuksien ja raketien häirinnäsiedon ja toimintavarmuuden lisäämiseen. Osumatarkkuutta pyritään edelleen parantamaan erityisesti häirityissä olosuhteissa. Tavoite osua liikkuvaan pistemaaliin edellyttää alle 5 metrin osumatarkkuutta. Taistelulatauksia kehitetään monipuolisiksi kulloiseenkin tehtävään parhaiten sopiviksi. Esimerkiksi taistelulatauksena voidaan kehittää ”ei tappavia” aseita, joita voidaan käyttää sotaa alemman asteisissa operaatioissa.

Asevaikutuksen johtamisketjua pyritään lyhentämään. Tavoitteena on reaaliaikaisen tilannekuvan mukaisesti reagointikyky täsmävaikutuksella jopa liikkuvaan kohteeseen. Tämä vaatimus edellyttää erittäin ajantasaista monisensorikuvaa laajalta alueelta, jota hyödynnetään päätöksentekoketjussa. Tavoitteena on ”sensor to shooter”-periaate, jossa maalittava tai havaitseva sensori antaa tulitehtävän suoraan aselavetille. Tällainen on tyypillisesti tilanne ilmasta tulevalla asevaikutuksella kuten taisteluhelikoptereilla ja taistelulennokeilla. Eräs kehityssuunta on yhdistää ”robotti-taisteluoppi” miehitetyn liikkuvan elementin inhimilliseen suorituskykyyn, kuten on tehty integroimalla taisteluhelikopteriin lennokkien operointikyky. Sen kautta korkean uhkan alueella voidaan käyttää miehittämätöntä ilma-alusta joko tiedonkerääjänä tai harhauttajana.

Suurvaltojen järjestelmäkehitys pyrkii vastaamaan siirrettävyyttä vaatimukseen. Järjestelmän on oltava siirrettävissä mantereelta toiselle riittävän nopeasti. Tämä vaatimus aset-

taa reunaehtoja laitepainoille, liikkuvuudelle, koulutettavuudelle ja erityisesti logistialle. Lentävien järjestelmien etuna maasijoitteisiin verrattuna on niiden erinomainen liikkuvuus kun taas maajärjestelmien etuna on niiden kyky toimia aseittain hajautettuna laajalla alueella. Raskaiden maajärjestelmien heikkoutena voidaan pitää niiden suurta logistisen tuen tarvetta sekä riippuvuutta eteentyönnetystä tiedustelusta ja maalinsoituksesta.

### 6.2.3 Maavoimien operatiivinen liikkuvuus

Maavoimien operatiiviset liikkuvuusjärjestelmät koostuvat maavoimien omista ajoneuvojärjestelmistä ja niitä tukevista yhteiskunnan kuljetus- ja jakelujärjestelmistä. Maavoimien ajoneuvojärjestelmät jakaantuvat taistelujoneuvo- ja kuljetusajoneuvojärjestelmiin. Maavoimien ajoneuvoista hankitaan valmiusprikaatien ja muiden tärkeimpien joukkojen maasto- ja erikoisajoneuvot. Nämä ajoneuvot pidetään sodan vaatimukset huomioon ottaen toimintakelpoisina koko elinjaksonsa ajan vuorottelemalla varastointi- ja käyttöjaksoja. Muita ajoneuvoja hankitaan vain rauhan ajan minimitarpeen verran. Maavoimien poikkeusolojen lisääntyvät kuljetustarpeet täytetään ajoneuvojen ottotoiminnalla sekä tukeutumalla kuljetuspalveluihin.

Rauhan aikana varataan Ajoneuvohallintokeskuksen ylläpitämästä tieliikenteen tietojärjestelmän ajoneuvorekisteristä tärkeysluokittelemattomien kuljetusyritysten ajoneuvoja sekä niitä ajoneuvoja, joita tiekuljetusten hallinto-organisaatio ei ole varannut muille viranomaisille tai tärkeysluokitelluille yrityksille.

Kuljetuspalveluja käytetään poikkeusoloissa pääasiassa materiaalin siirtoihin huollon tukialueelle ja sieltä yhtymien huoltokeskuksiin sekä joukkojen keskityksissä ja pitkissä siirroissa. Taistelun alueen ja joukkojen sisäisiin kuljetuksiin käytetään yleensä joukkojen omaa ajoneuvokalustoa ja kuljetusyksiköitä.

Yhteiskunnan kuljetus- ja jakelujärjestelmän muodostavat liikenneverkko, kuljetusmuodot ja -välineet sekä kuljetustoiminnan ohjaus ja säätely. Maavoimien joukkojen ja materiaalin liikkuvuus perustuu suurelta osin yhteiskunnan kuljetus- ja jakelujärjestelmiin eli ottoajoneuvoihin, kuljetuspalveluihin ja liikenneverkkoon. Sodankäynnin operatiivisella tasolla tiestöä käytetään keskityssiirtoihin ja huoltoon sekä siviiliväestön evakuointiin. Tiestöjärjestelmä määritetään käytettävyyden ja merkityksen mukaan. Tiestö jaetaan operatiivisesti suljettavaan, aukipidettävään ja muuhun tiestöön. Suljettavalla tiestöllä tarkoitetaan sellaisia teitä, joiden käyttö estetään viholliselta. Suljettavaa tietä ei myöskään ole tarkoitus käyttää sotatoimien aikana omien joukkojen liikenteeseen. Suljettavalla tiestöllä sulutetaan aina. Sille on kuitenkin usein tarkoituksenmukaista asettaa suluttamisrajoituksia. Ne säätelevät määrättyjä risteysalueita, joista on voitava ylittää suljettava tie.

Auki pidettävällä tiestöllä tarkoitetaan sellaista tiestöä, jota on kaikissa tilanteissa voitava käyttää. Auki pidettäviä teitä ovat huoltotiet, keskityssiirtoreitit, evakuoitintiet, varatiet ja ase-, johtamis- ja tukeutumisyjärjestelmien siirtoihin käytettävät tiet.

Muu tiestö käsittää kaiken muun olemassa olevan tiestön. Se voidaan suunnitella suljettaviksi tai auki pidettäväksi teiksi taktisen tilanteen mukaan. Poikkeusoloissa tiekuljetuksissa siirrytään keskitettyyn ohjaukseen, jolloin hallinto-organisaatio osoittaa kuljetuspalveluja vain välttämättömiksi tai tärkeiksi määritettyihin kuljetuksiin. Tällaisia kuljetustarpeita esittävät sotilasviranomaiset, väestönsuojelu- ja muut siviiliviranomaiset, elinkeinoelämä sekä yksityiset kansalaiset.

Tiet luokitellaan liikenteen välityskyvyn perusteella neljään luokkaan. Luokka määräytyy muun muassa sen perusteella, kuinka suuret ajoneuvomäärät pystyvät käyttämään tietä, onko mahdollisuus kaksisuuntaiseen liikenteeseen ja mikä on mahdollinen ajonopeus. I luokan tie sallii kaksisuuntaisen keskitetyn liikenteen. Tietä on mahdollista käyttää esimerkiksi keskityssiirtoihin ja evakuointikuljetuksiin. Vastaavasti IV luokan tie soveltuu traktori- ja maastoajoneuvoliikenteelle ja yksittäisille ajoneuvoille.

Tienpitotasoja on neljä.

1. Tasolla on jatkuva valvonta. Auras ja liukkaudenesto on toteutettu kahdessa (2) tunnissa. Tien kunnossapito-osasto on mitoitettu siten, että tievaurion korjaus kestää enintään kuusi (6) tuntia ja ylikulun varmennus on toteutettu kiertotiejärjestelyin kahdessa (2) tunnissa. Vaurioitunut silta on korjattu tai korvattu kalustolla kahdeksassa (8) tunnissa. Laskennallisesti riskitasoksi on määritetty 25 prosentin todennäköisyys, jolloin seuraa kahden (2) tunnin viivästys.
2. Tasolla on ajoittainen valvonta. Vaurioiden korjaus kestää enintään kaksitoista (12) tuntia ja kiertotiejärjestelyt neljä (4) tuntia. Tällä tasolla riskitaso on 50 prosentin todennäköisyys ja siitä seuraa neljän (4) tunnin viivästys.
3. Tasolla ei ole valvontaa. Korjaukset tehdään ilmoitusten perusteella. Vaurionkorjaus kestää enintään 24 tuntia ja kiertotiejärjestelyt kuusi (6) tuntia. Riskitaso on 100 prosenttia ja siitä seuraa kuuden (6) tunnin viivästys.
4. Tasolla tie on käsketty aukipidettäväksi, mutta sille ei kohdisteta tienpitotoimenpiteitä.

Tienpitotasoilla voidaan tärkeysluokittaa aukipidettäväksi suunnitellut tiet. Tienpidolla pyritään varmistamaan tiestön käytettävyyden omalle liikkeelle valitun tienpitotason edellyttämällä tavalla. Tienpitotasoa määritettäessä on tiedostettava kyseisen tieosuuden merkitys operatiivisesti ja sen perusteella harkittava asetettava riskitaso. Mitä alhaisempi tienpitotaso tieosuudella on, sitä suurempi on riski liikenteen pysähtymiselle.

Liikenneverkko koostuu tie-, rautatie-, vesi- ja lentoliikenteen infrastruktuurista. Tieverkko muodostuu Tiehallinnon ylläpitämistä tieverkosta sekä yksityisteistä. Tiehallinnon ylläpitämät yleiset tiet jakaantuvat toiminnallisesti valtateihin, kantateihin, seututeihin, kokoojateihin ja yhdysteihin. Yleisiä teitä on 78 137 kilometriä, joista päällystettyä on 64%. Rataverkko yhdistää maan eri osia sekä merkittäviä kaupunki- ja maakuntakeskuksia. Rataverkon ylläpidosta ja kehittämisestä huolehtii Ratahallintokeskus. Ratoja on 5854 ratakilometriä, joista sähköistettyä on 40%.

Maavoimien joukkojen liike on sidottu pitkälti tieverkkoon ja jossain määrin myös rataverkkoon. Poikkeusoloissa Tiehallinto vastaa tienpidon lisäksi tarvittavien liikenneyhteyksien varmentamisesta.

Perustetuilla joukoilla on kyky täydentää tieverkkoa rakentamalla kenttäteitä ja -siltoja. Kenttätiet jaetaan kenttäautoteihin, autouriin ja maastoajoneuvouriin. Maavoimien joukkojen ja materiaalin kuljetustarpeet tullaan tulevaisuudessa täyttämään integroitumalla yhteiskunnan logistiisiin järjestelmiin jo rauhan aikana. Rauhan ajan kuljetuksiin käytetään samoja elinkeinoelämän jakelu- ja kuljetusjärjestelmiä, joita on suunniteltu käytettäväksi sodan aikana.

Yleisen tieverkon laajuus säilyy nykyisellään. Pääteiden runkoverkkoa kehitetään parantamalla moottoriteitä ja kaksikaistaisia teitä. Seutu- ja yhdysteillä kehittäminen liittyy peruskorjauksiin. Pääteiden kunto säilytetään nykyisellä hyvällä tasolla pääasiassa päällysteitä uusimalla. Päällystetyn alemman tieverkon kunto pidetään nykyisellä välttävällä tasolla, vain pahimmat kohdat korjataan. Sorateiden laatu ylläpidetään nykyisellä tyydyttävällä tasolla, niin että se palvelee paikallisia tarpeita ja että tien rakenne säilyy vähäisillä hoitomäärillä. Sorateiden runkokelirikon aiheuttamia haittoja vähennetään, mutta uusia kelirikkohteita syntyy vuosittain lisää. Nykyisistä losseista noin kolmannes tullaan korvaamaan silloilla.

Rataverkon tärkeimmät kehitystrendit ovat sähköistäminen, tasoristeyksien määrän vähentäminen ja tavarajunien akselipanojen nostaminen 22,5 tonnista 25 tonniin, joka mahdollistaa raskaampia kuormien kuljettamisen rautateitse.

#### 6.2.4 Maavoimien huoltojärjestelmä

Maavoimien huoltojärjestelmän tehtävänä on taata taistelukyvyyn jatkuvuus luomalla resurssit taisteleville joukoille. Huoltojärjestelmä on integroitu mahdollisimman pitkälle elinkeinoelämään normaaliolojen aikana luomalla strategisia kumppanuussopimuksia. Siten huoltojärjestelmän toimintaperiaatteet säilyvät kaikissa valmiustiloissa samoina vain toiminnan volyymin muuttuessa.

Huollon johtaminen jaetaan kahteen osaan: Huollon operatiiviseen ja järjestelyjen johtamiseen. Huollon operatiiviseen johtamiseen kuuluvat tilanteenarviointi, päätöksenteko ja käskyjen antaminen. Huollon järjestelyjen johtoportaat johtavat suoraan huoltojoukkoja ja toimeenpanevat huollon operatiivisen johtoportaan valmistelemat päätökset.

Huollon organisointi viiteen huollon toimialaan on saatettu loppuun. Toimialat ovat täydennykset, kunnossapito, kuljetukset, lääkintähuolto ja huoltopalvelut. Täydennykset vastaa materiaalin hankinnasta ja toimittamisesta joukoille ja tarvittavasta väliavarastoinnista. Kuljetukset tukevat täydennyksiä ensisijaisesti kuljettamalla täydennysten ohjaamaa materiaalia sekä tukemalla joukkoja muun muassa joukkojen siirroissa. Kunnossapidossa tukeudutaan elinkeinoelämään ja puolustusvoimat keskittyy vain käyttäjän huoltoon. Lääkintähuollossa integroidutaan lähes täydellisesti siviiliterveydenhuoltojärjestelmään jo normaaliaikana. Puolustusvoimat antaa ensihoidon ja evakuoit potilaat siviilisairaaloihin. Huoltopalvelut tuottavat suoraan taistelijaa tukevat palvelut, kuten muonituksen, vedenhankinnan, henkilökohtaisen hygienian, sotilaskoti- ja kanttiinipalvelut, vaatetusmateriaalin jaon ja vaihdon, kaatuneiden huollon, kenttäpostipalvelut sekä lisäksi siihen kuuluvat maksuliike, tilahallinta ja kirjanpito.

Täydennyksissä käytetään kontteja tai muita standardoituja kuljetusvälineitä. Kuormattaessa varastossa elektronisella tunnistuksella tunnistetaan kuormatut tavarat. Samalla ne poistuvat automaattisesti varaston kirjanpidosta. Tieto kontissa olevista tavaroista tallentuu sekä kontissa olevaan siruun että materiaalin hallintajärjestelmän palvelimille. Kontin ohittaessa seurantapisteitä, niissä olevat lukijat lukevat kontin sisällön ja siten tieto tavarankuljetuksesta tallentuu palvelimille reaaliaikaisesti ja on sekä lähettäjän että vastaanottajan käytettävissä. Täydennyksissä tilaajalla on käytettävissään pääsy taktisen internetin kautta langattomasti kuvastoihin. Tilaaja voi valita tarvitseensa ”klikkaamalla”. Täydennykset pyritään toteuttamaan Just In Time (JIT) -periaatteella mahdollisimman suoraan ilman välikuormauksia. Valtio, jolla ei ole ilmaherruutta, joutuu luomaan varmuutta lisäämällä puskurivarastoja lähelle käyttäjiä.

Kunnossapidossa on siirrytty neljästä tasosta kahteen. Taso I on käyttöhuolto ja taso II on kunnossapito. Prikaati- ja pataljoonatasolla ei tehdä laajoja kunnostustöitä omin joukoin, strategisen kumppanin kunnossapitopartiot tulevat korjaamaan ne järjestelmät ja välineet, joita ei voi evakuoida. Kentällä kunnossapitotoiminta on lähinnä komponenttien vaihtoa ja ennaltaehkäisevää huoltoa. Hankittaessa uusia järjestelmiä, huollon ja logistiikan ammattilaiset on otettu mukaan vaatimusmäärittelyihin jo ideointivaiheessa.

Nämä laajasti tuotantologistiikkaa ja huoltojärjestelmää tuntemaan koulutetut asiantuntijat varmistavat sen, että hankittavat järjestelmät joko sopivat sellaisenaan olemassa olevaan huoltojärjestelmään tai sitten pienin järjestelmään tehtävin tarkennuksin. Uusien sotavarusteiden hankinnassa asetetaan vaatimukset keskimääräisestä vikaantumisvälistä korkeammaksi kuin nykyään ja siten mahdollistetaan kunnossapidon keskittäminen. Tärkeimmät järjestelmät hankitaan sellaisina, että niissä on varmennus tärkeimmille toiminnoille. Siten ne jatkavat toimintaansa samaan aikaan, kun kunnossapito vaihtaa vikaantuneen komponentin.

Kuljetuksissa siirrytään yhä enemmän tehokkaaseen kaluston keskitettyyn käyttöön. Siten materiaalia viedään yhä enemmän tarvitsijoille. Tämän mahdollistaa se, että ajoneuvoissa on paikantamislaitteet ja karttanäytöt ohjaamassa kuljettajaa oikealle reitille. Paikkatietojärjestelmät mahdollistavat valittavaksi suojaisimman tai nopeimman reitin. Ajoneuvot lähettävät paikkatietoa jatkuvasti kuljetusten ohjauskeskukselle, joka voi siten lähettää uusiin tehtäviin aina nopeimmin saatavissa olevan ajoneuvon. Järjestelmä mahdollistaa myös kuorman tilan reaaliaikaisen seurannan.

Materiaalikuljetukset tulevat tapahtumaan lähes yksinomaan vaihtokorein. Siten ajoneuvot voivat olla koko ajan tehokkaassa käytössä, sillä yhtä ajoneuvoa kohden on kaksi tai kolme vaihtokoria.

Kriisiajan lääkintähuolto perustuu kokonaisvaltaiseen integraatioon siviiliterveydenhuoltojärjestelmän kanssa. Sotilaallinen lääkintähuolto keskittyy kentällä tapahtuvaan henkeä pelastavaan ensiapuun ja ensihoitoon. Ensihoitoyksiköitä voidaan pitää eräänlaisina siviilisairaaloiden eteentyönnettyinä hyvin suorituskykyisinä ”partioina”, jotka kuitenkin ovat sotilasyksiköitä. Viive haavoittumisesta hoidon aloittamiseen lyhenee. Sen mahdollistaa asiantuntevan hoidon vieminen lähelle ”etulinjan” joukkoja ja evakuoitinvälineistön kehittyminen.

Huoltopalvelu keskittyy yksittäisen taistelijan suoranaiseen tukemiseen. Muonituksessa tulee lisääntymään kumppanien käyttö aina kun se on mahdollista ja taloudellisesti järkevää. Sama pätee kriisiaikaankin. Veden hankinnassa säilynee peruserä, että vesi hankitaan mahdollisimman läheltä tarvitsijaa. Tähän tarvittava poraus- ja puhdistuskalusto on jo olemassa. Veden kuljettamista pitkiä matkoja tai esimerkiksi pulloveden käyttöä ensisijaisena menetelmänä pitää välttää, koska se sitoo kuljetuskalustoa. Muussa huoltopalvelussa integroituminen elinkeinoelämään jatkuu.

## 6.3 Maavoimien taktiset järjestelmät

### 6.3.1 Maavoimien taktisen tiedustelun, valvonnan ja johtamisen järjestelmät

#### 6.3.1.1 Taktisten johtoportaiden järjestelmät

Taktisten johtoportaiden viestijärjestelmien kehityskulku nykyhetkestä vuoteen 2015 kasvattaa järjestelmien tiedonsiirtonopeutta. Pataljoonatasolle ulotettu automaattisiin kenttätelejärjestelmiin perustuva siirrettävä tiedonsiirtoverkko korvautuu ensimmäisessä vaiheessa osin digitaalisilla kenttäradiolla, joiden käytön painopisteenä on tiedustelun, tulenkäytön ja johtamisen yhteydet alkaen alimmilta tasoilta. Kenttätelejärjestelmiä käytetään sekä operatiivisissa, että alueellisissa joukoissa. Samanaikaisesti päätelaitteet muuttuvat langattomiksi ja mahdollistavat johtamispaikkojen nopeat ryhmitysmuutokset. Alueellisille joukoille kehitetään liityntäverkkoteknologia, joka perustuu IP-keskuserheeseen ja niiden välisiin siirtoteihin. IP-keskusten ratkaisussa mahdollistetaan kenttäradiokaluston kytkeytyminen IP-verkkoon.

Seuraava kehitysaskel on taktisen viestijärjestelmän liikkuvuuden kehittäminen. Tämä toteutetaan liikkuvalla soluverkolla, jota voidaan nimittää taktiseksi tietoverkoksi tai taktiseksi internetiksi. Soluverkko muuttaa muotoaan joukkojen liikkussa (AdHoc), mikä mahdollistuu kehittämällä radioiden reititysominaisuuksia. Verkko perustuu digitaaliseen kenttäradiokalustoon sekä ohjelmistoradioteknologiaan. Ohjelmistoradiopohjaisen radioteknologian merkittävimpiä ominaisuuksia ovat adaptoituvat hajaspektriaalimuodot sekä yhteensopivuus aiempiin järjestelmiin.

Johtamisjärjestelmä pystyy toimimaan liikkeellä oltaessa langattomien tiedonsiirtoyhteyksien avulla. Langattoman verkon suorituskyky riippuu siirtotekniikan kehittymisestä, jossa käytössä on orthogonaaliseen monikantaalitekniikkaan (OFDM) perustuvat menetelmät tällä hetkellä, ja tarkastelujakson lopulla erittäin leveän kaistaleveyden (UWB) järjestelmät tarjoavat sekä tietoturvaa että häiriösuojaa. Päätelaitteiden puolella on nähtävissä kämmenmikrotyyppisten johtamislaitteiden kehittyminen ja yleistyminen. Kilpailevia käyttöjärjestelmiä on useita. Tietojenkäsittelynopeuden kasvaessa voidaan erilaisten sensorien antamaa tietoa käyttää tehokkaammin hyväksi tilannetiedon ylläpidossa. Samanaikaisesti tapahtuva tiedonsiirtonopeuden kasvu ja tehokkaammat tiedonpakkausmenetelmät mahdollistavat myös liikkuvan kuvan välittämisen taistelukentän eri osista johtokeskuksiin. Tehokkaan tiedonkäsittelyn avulla kyetään myös tekemään nopeita analyysijä päätöksenteon tueksi.

Johtamisrakenteet hajautetaan ja johtamisprosessia kehitetään organisaatiotasosta riippumattomaksi rinnakkaiseksi toimintaketjuksi. Toimeenpanonopeus ja -varmuus sekä taistelukestävyys ohjaavat kehittämistyötä voimakkaasti.

### 6.3.1.2 Taktinen tiedonsiirto

Taktinen tiedonsiirtokyky riippuu välineiden kehittymisestä. Kehitystä tulee tapahtumaan erikoisesti ohjelmistoradion aaltomuotojen alueella. Nykyisiä 2,4–9,6 kbit/s tiedonsiirtonopeuksia voidaan kasvattaa huomattavasti käyttämällä uusia adaptiivisia modulointimenetelmiä. Suuremmat tiedonsiirtonopeudet parantavat taktisten tietoverkkojen käyttömahdollisuuksia. Esimerkiksi monikantoaaltotekniikalla on saavutettu taktisen tiedonsiirron testeissä jo nykyisin 22,5 kbit/s noin 5 kHz kaistalla. Kasvattamalla kaistaleveyttä esimerkiksi 25–30 kHz:iin tiedonsiirtonopeus olisi yli 100 kbit/s. Tiedonsiirtonopeutta rajoittavana käytännön tekijänä on tosiasiallinen signaali-kohinasuhde. Tarkastelukaudella tulossa olevat erittäin laajakaistaiset (UWB) ratkaisut tarjoavat taktiseen tiedonsiirtoon vielä lisää tietoturvaa ja häiriösuojaa.

Taktisen tiedonsiirtoverkon suurimpana haasteena tulee olemaan tajuushallinta. Ongelmiin tullaan pureutumaan tehokkaasti vain suurikantamaisten järjestelmien osalta johtamisjärjestelmän hallinnan näkökulmasta. Lyhytkantamaisten esim langattomassa johtamispaikan lähiverkossa ongelmaa ei ole maavoimien näkökulmasta. Paikallisesti kyse on vain käyttäjähallinnasta.

### 6.3.1.3 Taktinen tiedustelu ja valvonta

Maavoimien taktisten johtoportaiden tiedustelun, valvonnan ja johtamisen järjestelmien tehtävänä on täydentää operatiivisen tason tuottamaa tiedustelutietoa ja tilannekuvaa niin, että maavoimien taktisten johtoportaiden joukkojen ja niiden käyttämien asejärjestelmien vaikutus saadaan kohdistettua operaatiosuunnitelman mukaisesti vastustajan joukkoja ja järjestelmiä vastaan.

Taktisten johtoportaiden tiedustelu- ja valvontatehtävät painottuvat näin ollen maali-tiedusteluun, maalien paikantamiseen, tulenjohtoon ja maalinosoitukseen sekä asevai-kutuksen tehon arviointiin.

Maavoimien taktisen tiedustelun ja valvonnan järjestelmät toimivat koko sähkömagneettisen spektrin alueella. Partio- ja tähyystiedustelussa optisella (näkyvän valon alueella) ja infrapuna-alueella (lämpökamerat ja valonvahvistimet) toimivat tähyystysvälineet ovat olleet käytössä jo pitkään. Lisäksi kyseisiä sensoreita käytetään maalinpaikantamislaitteissa ja eri asejärjestelmien tähtäysjärjestelmissä ja miehittämättömien lentotiedustelu-järjestelmien tiedustelun ja valvonnan sensoreina.

Tutkataajuusalueen käyttö tiedustelun ja valvonnan sensoreina on kehittynyt voimakkaasti ja laajentunut koko ajan. Ilmapuolustuksen ja ilmatorjuntajärjestelmien valvonta- ja tulenjohtotutkat on liitetty ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmään, jolloin reaaliai-



kainen ilmatilannekuva saadaan välitettyä ilmapuolustuksen ja ilmatorjuntajoukkojen lisäksi kaikille muillekin joukoille. Vastustajan epäsuoran tulen yksiköiden paikantamisessa tutkataajuusalueita käytetään vastatykistötutkissa. Laajojen alueiden valvonnassa käytetään maastonvalvontatutkia. Nykyaikaisilla maastonvalvontatutkilla kyetään aina myös oman epäsuoran tulen johtamiseen.

SAR-tutkat ovat olleet käytössä sensoreina AWACS-tyyppisissä lentokoneissa jo pitkään. Tutkatekniikan, elektroniikan sekä signaalien prosessoinnin kehitys on mahdollistanut SAR-tutkan koon ja painon pienentymisen sekä suorituskyvyn kasvun. Nykyään SAR-tutka on mahdollista asentaa jo miehittämättömiin lentotiedustelujärjestelmiin ja kaukotähystyslaitteisiin. SAR-tutkan etuna on sen riippumattomuus olosuhteista kuten ilmakehän vesihöyrystä, pilvistä, sumusta ja taistelulentäällä varsin usein esiintyvistä pölystä ja savusta.

Akustisten sensorijärjestelmien kehittäminen maavoimien taktisen tason tiedustelun ja valvonnan tarpeisiin on voimakkaan kehittämisen kohteena. Erityisesti vastustajan epäsuoran tulen yksiköiden paikantaminen sekä ilmamaalien (helikoptereiden ja lentokoneiden) havaitseminen akustisilla sensoreilla on ollut voimakkaan tutkimuksen ja kehittämisen kohteena. Toinen kehityssuunta on ollut äänikirjastojen luominen pyrittäessä yhä tarkempaan maalityypin määrittämiseen. Syynä tähän kehitykseen on se, että akustiset sensorit ovat passiivisia ja niitä pidetään varsin kustannustehokkaina tiedustelun ja valvonnan järjestelminä.

Merkittävimpinä haasteena näiden järjestelmien valvonta ja paikantamiskyvyn tarkkuuden ja tiedon luotettavuuden kannalta on olosuhteiden (ilmakehän ja maaston) vaikutuksen merkitys ääniaallon etenemiseen. Ilmakehä- ja maastomallien kehittäminen sekä näiden ennustamisessa ja kuvaamisessa tarvittavien parametrien merkityksen ja tarkkuuden parantaminen on keskeisessä asemassa akustisten sensoreiden kehitystyössä.

Seismisen alueen sensoreita käytetään vastustajan syvyydessä sekä sivustoilla ja selustassa olevien urien valvontaan, sekä kuten akustisia sensoreita, myös muiden tiedustelu- ja valvontajärjestelmien hälyttämiseen niiden toiminnan suuntaamiseksi havaittuihin kohteisiin.

Elektronisen kuuntelu- ja mittaustiedustelun järjestelmillä kerätään vastustajan viesti-, johtamis- ja asejärjestelmien lähettämiä signaaleja ja näiden perusteella muodostetaan elektroninen tilannekuva. Maassa toimivilla kuuntelutiedustelun järjestelmillä kyetään suuntimaan ja paikantamaan sekä tunnistamaan vastustajan joukot ja johtamispaikat usean kymmenen kilometrin syvyydeltä. Elektronisen mittaustiedustelun järjestelmillä ulottuvuus erityisesti ilmamaalien lähettämään herätteeseen on moninkertainen. Kuuntelu- ja mittaustiedustelun sensoreiden nostaminen ilmaan lisää tiedustelun ja valvonnan ulottuvuutta.

Paikantamisen tarkkuus elektronisen tiedustelun välineillä riippuu mitattavan kohteen etäisyydestä ja mittaustehtävään käytettävien sensoreiden määrästä ja niiden ryhmityksestä (mittauskannasta). Nykyisillä kehittyneillä järjestelmillä päästään jopa alle yhden

asteen suuntimistarkkuuksiin. Jos 100 km:n etäisyydellä oleva kohde kyetään paikantamaan leikkaamalla 1 asteen tarkkuudella, on paikantamisen tarkkuus muutaman kilometrin luokkaa.

Vastatykistötutkien kehitys on ollut jatkuvaa. Mittausetäisyydet ovat kasvaneet 40 km:iin ja tulevaisuudessa päästäneen raskaiden aseiden (raketinheittimistö) paikantamisessa jopa 60 km:n etäisyyteen.

Taktisen tason tiedustelu- ja valvontajärjestelmissä ovat yleistyneet valvottavien ja tiedusteltavien kohteiden uhkakirjastot. Nämä kirjastot perustuvat kohteen lähettämän herätteen vertaamiseen tiedustelu- ja valvontajärjestelmän käytössä oleviin hahmontunnistuksen, lämpökuvan, elektronisen signaalin, seismisen tai magneettisen herätteen tai muuhun vastaavaan herätteeseen. Signaalin käsittelyllä ja prosessoinnilla vahvistetaan niitä kohteen lähettämiä herätteitä joita sen luokittelu ja tunnistaminen edellyttää. Samalla pyritään eliminoimaan ja suodattamaan pois tahallista tai tahattomasta häirinnästä aiheutuvat herätteet.

Maavoimien taktisen tason tiedustelu- ja valvontajärjestelmät kehittyvät monikäyttöisimmiksi siten että samoja TV-järjestelmiä voidaan käyttää yhä enenevässä määrin niin yleistiedustelun, maalitiedustelun kuin maalinosoituksen tarpeisiin. Lisäksi tiedustelu- ja valvontasensoreiden monikäyttöisyys lisääntyy siten, että sensori ei välttämättä palvele yhden tietyn asejärjestelmän käyttöä.

Monikäyttöisyyden osalta esimerkkinä voidaan mainita miehittämättömät lentotiedustelujärjestelmät, joita voidaan käyttää yleis- ja maalitiedustelun lisäksi maalinosoittamiseen, tulenjohtoon ja asevaikutuksen tulosten tarkastamiseen. Kehityksessä onkin tänä päivänä voimakkaana pyrkimyksenä se, että mikä tahansa aselavetti voi käyttää minkä tahansa sensorin tuottamaa maalitietoa tulenkäyttönsä ja ammunnanhallintansa tarpeisiin.

Jo taktisella tasolla korostuu sensoreiden yhteiskäyttö. Usean sensorin ajallinen ja alueellinen yhteiskäyttö mahdollistaa sensoreiden tehokaan käytön ja maksimaalisen tilan tiedon ylläpitämisen. Sensoreiden yhteiskäytössä on huomioitava jo taktiselta tasalta alkaen naapureiden, ylempien johtoportaiden ja jopa muiden puolustushaarojen sensoreiden yhteensovittaminen.

## 6.3.2 Maavoimien taktiset vaikutusjärjestelmät

### 6.3.2.1 Tulivoimajärjestelmät 30 kilometriin saakka

Maavoimien taktisilla vaikutusjärjestelmillä tarkoitetaan kokonaisuutta, jolla kyetään ulottamaan haluttu asevaikutus omien joukkojen välittömästä tukemisesta vastustajan syvyyteen yleensä enintään noin 30 kilometrin etäisyydelle. Järjestelmä sisältää tulenjohton ja maalinosoituksen tarvitseman tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän, aselavetit, halutun vaikutuksen tuottavat ampumatarvikkeet sekä koulutetun käyttöhenkilöstön.

Järjestelmien asevaikutus perustuu monipuoliseen, kohteen mukaan valittavissa olevan taistelulatauksen toimittamiseen haluttuun kohteeseen. Taistelulataus voidaan toimittaa kohteeseen suora-ammunnalla tai epäsuoralla ammunalla. Epäsuora-ammunta vaatii yleensä erillisen, maalin lähialueella olevan tulenjohto-osan. Taistelulataus voi koostua esimerkiksi sirpaloituvista ja terästä läpäisevistä heitteistä, yhdestä 5–20 kg latauksesta, ontelolatauksesta, iskuenergiaan perustuvasta läpäisevästä ammuksesta tai erikoislatauksesta, kuten savu-, valo- tai häirintäammuksen vaikuttavista elementeistä. Moderneja ilmasta maahan ohjuksia voidaan ampua useita joko omalla maalitiedolla tai muulta sensorilta saadulla maalitiedolla. Ohjukset voidaan ampua noin 1,5 sekunnin välein ja niissä on kehittynyt hakeutumislogiikka. Osa ohjuksista on ammu ja unohda -tyyppisiä ja ne hakeutuvat joko lämpösäteilyn tai aktiivisen tutkahakeutumisen perusteella. Ilmasta maahan tai maasta maahan rakettien taistelulataukset ovat monipuolisia pienistä nuolitytärämmuksista (flechet) panssariterästä läpäiseviin tytärammuksiin asti. Rake-teista osa on laser-hakeutuvia, jolloin niitä voidaan käyttää ohjuksen tavoin puolikovia maaleja vastaan.

Taistelulataus toimitetaan kohteeseen kranaatissa, ammuksessa, raketissa tai ohjuksessa. Projektiili lentää joko ballistisesti ohjaamattomana (esim. tykistökranaatti) tai komento-ohjattuna (esim. panssarintorjuntaohjus) kohteeseen. Kehittyneimpiä kranaatteja kytetään ohjaamaan kohteeseen joko syöttämällä paikkatieto kranaatin ohjausyksikköön tai “valaisemalla” maali esimerkiksi laser-säteellä, johon ammus hakeutuu. Kranaatin lennonaikainen ohjaus maaliin perustuu GPS/vast paikkatieto- ja hyrräteknikan käyttöön. Todennäköinen poikkeama annetusta koordinaattipisteestä on 5–10 metriä. Häirittynä poikkeama lienee alle 20 m. Teknologiaa edustaa 2010- luvulla operatiiviseen käyttöön tuleva amerikkalais-ruotsalainen 155 mm Excalibur ammu.

Laser-säteilyyn hakeutumista hyödyntävä Krasnopol ja maalialueelta kohteen tunnistava ja sitä vastaan toimiva Bonus ovat 2000-luvun alkupuolella operatiiviseen käyttöön tulleita tykistön ja kranaatinheitinkehittämisen kehittyneitä ammuksia.

Taktisen tason tulivoimajärjestelmän aselavetit ovat yleensä pyörä- tai tela-alustaisia. Lavetit voivat olla myös kannettavia (esim. panssarintorjuntaohjus). Tyypillisesti panssarintorjuntaan ja suora-ammuntaan käytettävät lavetit ovat ajoneuvoasenteisia (esim. panssaroitu miehistön kuljetusajoneuvo). Erillisen tulenjohto-osan tarvitsevan, 5–30 kilometriin ulottuvan epäsuoran tulen lavetteina ovat vedettävät tai itseliikkuvat pyörä- tai tela-alustaiset heittimet ja tykit.

Kehittynein teknologia mahdollistaa tulen ulottamisen tarkasti 50–70 kilometriin. Järjestelmänä on esimerkiksi Excalibur -tyyppinen ohjautuva 155 mm kranaatti, joka ammutaan kenttätykillä pistemäiseen kohteeseen – esimerkiksi johtamislaittekonttiin. Em järjestelmässä on myös muiden erilaisten hyötykuormien käyttö mahdollista (rypäleise tai hakeutuva). Järjestelmää käytetään vastustajan arvokkaisiin kohteisiin, joiden tuhoamisessa pyritään välttämään oheistappioita.

Maavoimien taktinen tulivoimajärjestelmä on tarkoitettu maavoimajoukkojen taistelun välittömään tukemiseen taistelussa olevaa vihollista vastaan. Järjestelmän aselavetit organisoidaan siten, että taktisen tuen tuliyksiköt ja suora-ammunta-aseet ovat organisaation sisällä, että taktisen tuen tuliyksiköt ja suora-ammunta-aseet ovat organisaation sisällä.

taistelujoukkoon kuuluvia. Tuliyksikössä on yleensä 4–18 aselavettia. Lentävät järjestelmät organisoidaan pataljoona-kokoonpanoon ja niitä käytetään itsenäisemmin kuin tykistöjärjestelmiä.

Taktista tulivoimajärjestelmää käytetään vastustajan panssaroitua ja elävää voimaa vastaan joko suora-ammunnalla tai epäsuoralla tulenkäytöllä. Päämaaleina ovat 0–5 kilometriin vaikutusalueella kaikki taisteluun osallistuvat maalit. Yli 20 kilometrin etäisyydellä maaleina ovat erityisesti vastustajan:

- tuliyksiköt
- komentokeskukset ja viestiasemat ja
- huoltomuodostelmat

Maavoimien taktisen tulivoimajärjestelmän hyvänä puolena voidaan pitää sen monipuolisuutta, kattavuutta, tulenantokyvyn jatkuvuutta ja taistelunkestävyyttä. Kyky ulottaa tarkka tuli myös vastustajan lähisyvyyteen lisää myös merkitystä kynnysasejärjestelmänä.

Maavoimien taktisen tulivoimajärjestelmän huonona puolena on laajan järjestelmän kallis hankinta- ja ylläpito hinta. Monipuolisuus vaatii laajaa erityisosaamista ja raskaan logistiikkajärjestelmän. Ohjattavien ammusten tekniikka vaatii päivittäistä ja ylläpitotoimintaa. Järjestelmän asevaikutus perustuu pääosin massavaikutukseen yksinkertaisilla taistelulatauksilla. Reagointikyky liikkuviin kohteisiin kehittyy tulevaisuudessa. Pistemäiseen kohteeseen vaikuttaminen ilman oheisvaikutuksia on mahdollista vain poikkeustapauksissa.

Maavoimien taktista tulivoimajärjestelmää vastaan voidaan toimia pyrkimällä lamauttamaan aselavetit. Toimintaa voidaan vaikeuttaa estämällä sen tulenjohto-, tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän käyttö. Osajärjestelmä voidaan lamauttaa elektronisella hyökkäyksellä tai tuhoamalla sensoreita ja viestijärjestelmiä. Koko järjestelmän kattava tuhoaminen on vaikeaa. Tehokkaimpia järjestelmän osia lamauttamalla voidaan suorituskyky merkittävästi laskea.

Maavoimien taktinen tulivoimajärjestelmä on maavoimajoukkojen taistelukyvyyn kannalta merkittävä. Tulitehtävissä tulee korostumaan täsmävaikutuskyky syvyydessä. Voidaan arvioida, että tätä osa-aluetta järjestelmässä tullaan erityisesti kehittämään. Kehittämisen kohteena on myös tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän suorituskyvyn lisääminen. Useiden eri sensorien tuottaman tiedon yhdistäminen ammunnanhallintajärjestelmää ja päätöksentekoprosessia tukeväksi informaatioksi on keskeinen tavoite.

Maavoimien taktisen tulivoimajärjestelmän kehittäminen liittyy monipuolisen, ulottuvan vaikuttamiskyvyn kehittämiseen. Osumatarkkuutta pyritään edelleen parantamaan erityisesti häiriyissä olosuhteissa. Taistelulatauksia kehitetään tehtävään parhaiten sopiviksi. Eri taistelutehtäviin soveltuvia vaikuttamiskeinoja kehitetään erikoisoperaatioita varten.

### 6.3.2.2 Helikopterijärjestelmä

Taisteluhelikopterijärjestelmällä kyetään vaikuttamaan monipuolisesti taistelutilassa esiintyviä kohteita vastaan. Taisteluhelikopterit on kehitetty lähtökohtaisesti maasodankäynnin liikenopeuden ja taistelutehon kasvattamiseksi nopeasti muuttuvissa tilanteissa. Taisteluhelikopterien tyypillisiä vaikutuskohteita ovat vastustajan 1. ja 2. portaan joukot sekä niitä tukevat, tuliyksiköt, johtamis- ja huoltojärjestelmä sekä ilmavoimien järjestelmät vastustajan syvyydessä. Taisteluhelikopterijärjestelmä on suunniteltu tunkeutumaan vastustajan ryhmytykseen tai sen läpi ja tuhoamaan siellä olevat kriittiset kohteet.

Aseistuksen käytössä pyritään taisteluteknisesti aina tulen massoitukseen. Taisteluhelikopteri 2010 kykenee ampumaan jopa 16 ohjusta noin 2 sekunnin välein erillisiin maaleihin. Merikomponenttiin kyetään vaikuttamaan vain rajoitetusti. Kevyeen maihinousukalustoon kyetään vaikuttamaan hyvin, mutta raskaaseen laivakalustoon voidaan vaikuttaa ainoastaan täsmäiskuilla alusten komentosilloja, purkualueiden rakenteita tai purkurampeja vastaan.

Taisteluhelikopterijärjestelmä on ensisijaisesti täsmävaikutukseen tarkoitettu asejärjestelmä, mutta se kykenee myös rajoitettuun aluevaikutukseen. Asejärjestelmä koostuu sensoreista ja aseistuksesta.

**Sensoreita** ovat maalinosoitustutka, optiset järjestelmät kuten itsenäisesti tai manuaalisesti skannaavat infrapunajärjestelmät ja näkyvän valon optroniikka sekä omasuojajärjestelmän sensorit, joita ovat tutka-, laser- ja ohjuslaukaisuvaroitin. Kaikkien sensorien tuottama informaatio voidaan yhdistää ja välittää edelleen muille tarvitsijoille.

**Aseistukseen** kuuluvat konetykki, raketit eri taistelukärjillä sekä ilmasta – ilmaan ja ilmasta – maahan ohjukset. Raketti- ja tykkiaseistuksen ampumarivikevalikoima on laaja, soveltuen muun muassa panssaroitujen ajoneuvojen torjuntaan, elävän voiman tuhoamiseen ja alueelliseen vaikuttamiseen. Ohjusvalikoimaan kuuluvat laser-ohjautuvat, tutkahakupään ja kuvan muodostavan infrapunahakupään omaavat ohjukset. Lisäksi taisteluhelikopterin asekuormaan kuuluvat ilmataisteluohjukset.

Sekä ilmataistelu- että jotkut ilmasta – maahan ohjukset toimivat ”ammu ja unohda/ammu ja tarkkaile” -toimintaperiaatteella. Osa ohjuksista kyetään ampumaan suojasta katveen taakse erillisen maalitiedon perusteella. Maalitiedon voi tuottaa toinen helikopteri tai jokin muu järjestelmä. Uusimmat taistelunhallintajärjestelmät mahdollistavat maalitiedon välittämisen taisteluhelikopterille myös ”ad hoc” tyyppisesti. Taistelunhallintajärjestelmään välitetään uusi tehtävä ja maalitieto. Yleisimpiä ”ad hoc” luonteisia tehtäviä ovat muun muassa lähitulituki ja tietyn kohteen tuhoaminen.

Boeing/Sikorsky RAH-66 Comanche -taisteluhelikopterihankkeen peruuntumisen myötä pääpaino kuluvana vuosikymmenenä on nykyisten jo käytössä olevien helikoptereiden (mm. AH-64 Apache, UH-60 Black Hawk, CH-47 Chinook, A129 Magnusta, AH-1W/AH-1Z Supercobra) modernisointi. Ainoina uusina taisteluhelikopterina otetaan käyttöön Eurocopter'in Tiger sekä venäläinen Ka-50/52 Black Shark.

Vuosikymmenen loppuun mennessä USA:ssa otetaan käyttöön kääntyvällä roottorijärjestelmällä varustettu V-22 Osprey, joka on alun perin tarkoitettu korvaamaan raskaat kuljetushelikopterit CH-47 Chinook ja MH-53.

Venäjällä on kehitetty uutta taisteluhelikopterityyppejä - Mi-28N ”Yömetsästäjää”. Mi-28N kokeilumalli lensi ensimmäisen kerran 10.11.1982. Mi-28 on luotu Mi-24:n korvaajaksi. Kantava runkorakenne on sama kuin Mi-24:ssä, mutta lavat on rakennettu täysin komposiittimateriaaleista ja ne kestävät erittäin hyvin taisteluvaurioita. Moottorit on sijoitettu maksimietäisyydelle toisistaan, jotta vältetään molempien vaurioituminen ohjuksen osuessa toiseen moottoriin. Moottorit on varustettu elektronisella säätöjärjestelmällä ja infrapunasäteilyä vaimentavalla laitteistolla.

Mi-28 -helikopteri on yksiroottorinen. Ohjaamossa pilotit on sijoitettu tandem-muotoon (pilotti on ylempänä takana, operaattori edessä). Ohjaamo on täysin panssaroitu, ohjaamon lasitus kestää 12,7 kaliiberin luodin suoran osuman. Monet järjestelmät ja laitteet on varustettu varajärjestelmällä. Mi-28:aan on asennettu pienillä korkeuksilla toimiva miehistön pelastusjärjestelmä, johon kuuluu energiaa vaimentava istuin ja kaksikammioinen vaimennusalausta; ne turvaavat miehistön hengen hätälaskutapauksissa, joissa pystynopeudet maahan tultaessa ovat 12 m/s asti. Helikopteri suoriutuu sekä päivä- että yötehtävistä. Tätä varten se on varustettu huonoja valaistusolosuhteita varten optis-elektronisella tv-kanavajärjestelmällä, jossa on 20-kertainen suurennus, laser-etäisyysmittaus sekä yönäkölaite.

Mi-28:aan asennetaan seuraava aseistus:

Modifioitu 30 mm kaliiperin panssarivaunutykki 2A42. Ulkoiisiin ripustimiin voidaan ripustaa 16 kpl ”Shturm” (Rynnäkkö) tai Ataka-V (Hyökkäys) tutkaohjattua panssarintorjuntaohjusta sekä kaksi kaliiperiltaan 130, 80 ja 57 mm lentokonerakettiyksikköä. Lisäksi voidaan ripustaa podit kранаatinampumalaitteille, 23 mm tykeille ja 500 kg pommeille. Helikopterissa on lisälaitte miinanlaskua varten. Koneeseen voidaan ripustaa myös 16 kpl ylläänipanssarintorjuntaohjusta (Pyörre), jotka hakeutuvat maaliin automaattisesti lasersäteellä.

Alla on esitelty lähemmin taisteluhelikopterijärjestelmän keskeiset teknologiset kehitysaskeleet, jotka ovat palveluskäytössä taisteluhelikoptereissa 2010–2015. Osaa teknologioista hyödynnetään jo nyt kehittyneimmissä taisteluhelikoptereissa.

Taisteluhelikopteri hyödyntää häiveteknologiaa. Häiveominaisuudet saavutetaan muun muassa muotoilulla ja käyttämällä komposiittimateriaalia. Taisteluhelikopterissa on integroitu omasuojajärjestelmä, joka on erittäin kehittynyt, käsittäen muun muassa laser- ja tutkavaroitimet, tutka- ja infrapunahäiritsimet sekä silpun- ja soihdunheittimet.

Taisteluhelikopteri kykenee digitaaliseen tiedonsiirtoon eri puolustushaarojen ja aselajien keskeisten toimijoiden kanssa. Sen johtamis-, radio- ja viestijärjestelmät mahdollistavat yhteistoiminnan miehitettyjen ja miehittämättömien ilma-alusten (UAV/UCAV), komentopaikkojen ja syvän tulenkäytön elementtien kanssa.

Helikopterin infrastruktuuria koskevat ratkaisut:

- häiveteknologian hyväksikäyttö; komposiitti- (hiilikuitu) (yli 75 %), alumiini- (noin 10 %) ja titaanirakenteiden (noin 10 %) käyttö metallirakenteiden sijaan,
- digitaalinen ohjausjärjestelmä (Fly-by-wire),
- toimintamatkan ja hyötykuorman kasvaminen moottoritekniikan kehittyessä,
- rakenteellisen suojan parantaminen (erittäin kovien keraamisten ja komposiittimateriaalien käyttö, kriittisten laitteiden koon radikaali pienentäminen, sähköiset ohjausjärjestelmät jne),
- kunnonvalvontajärjestelmien kehittäminen,
- erikoistyneiden tarpeen minimointi,
- huoltotarpeen ja siihen kuluvan ajan merkittävä vähentyminen järjestelmän suunnittelulähtökohtien vuoksi.

Helikopterin asejärjestelmän sensoreita koskevat ratkaisut:

- sensorifuusion käyttöönotto,
- digitaalisen signaaliprosessoinnin hyödyntäminen sensoreiden havaintokyvyn parantamiseksi,
- optisten sensorien kehitys (CCD, hahmon tunnistus sensorissa ja ohjuksessa),
- automaattisesti skannaava FLIR,
- tutkan signaaliprosessoinnin kehittyminen (Low Probability of Interdiction, LPI -teknologian kehittyminen) mahdollistaa lähetystehon laskemisen, pulssin käsittelyn kehittämisen ja tutkan kantaman kasvattamisen
- muu tutkatekninen kehitys (ml. horisontin taakse katsova tutka),
- autopilot-järjestelmän ja asejärjestelmän integraatio (kuten Rotorcraft Pilots Associate-järjestelmä, RPA),
- UAV/UCAV-yhteensopivuus,
- omasuojajärjestelmien integroituminen muihin järjestelmiin.

Helikopterin aseistusta koskevat ratkaisut:

- kustannushyötysuhteeltaan edulliset ohjukset ja ohjautuvat raketit (Advanced Low Cost Precision Kill Weapon, ALCPKW), kuorma-ammukset,
- pitkän kantaman ohjukset (Loitering Attack Munition-Aviation, LAM-A, kantama yli 50 km, ohjuksesta on tietovuo-yhteys ampuvaan lavettiin),
- mahdollisuus vaikuttaa asejärjestelmillä katveen taakse.

Johtamisympäristö:

Taisteluhelikopterin kyky toimia monipuolisessa digitaalisessa johtamisympäristössä mahdollistaa informaation välittämisen ja taistelujen johtamisen helikopterista käsin. Taisteluhelikopteri pystyy luomaan tilannekuvaa ylempien johtoportaiden käyttöön ja muiden asejärjestelmien tarvitsemaan maalinosoitukseen. Maalitiedon paikkatietotarkkuus on alle yksi (1) metri riippumatta gps-koodien käyttömahdollisuudesta, sillä helikopteri on varustettu laser-inertiajärjestelmällä, joka voidaan paikkakorjata maantieteellisen sijainnin mukaan.

### 6.3.2.3 Elektronisen vaikuttamisen järjestelmät

#### Yleistä

Elektroninen sodankäynti (ELSO) jaetaan määritelmän mukaan neljään osa-alueeseen. Elektronisella vaikuttamisella (ELVA) pyritään heikentämään vastustajan järjestelmien suorituskykyä tai suojaamaan oma toiminta vastustajan elektroniselta tiedustelulta. Elektronisen tuen (ELTU) avulla luodaan mm. tilannetietoisuus vastustajasta, tuotetaan maalittamistietoja epäsuoralle tullelle ja täydennetään strategisen tiedustelun avulla tuotettavia signaalikirjastoja. Elektronisen suojautumisen (ELSU) menetelmillä pyritään suojaamaan omat järjestelmät vastustajan elektroniselta tiedustelulta. Vastaavasti pyritään minimoimaan vastustajan elektronisen vaikuttamisen ja asejärjestelmien vaikutus omien järjestelmien suorituskykyyn. ELSO-tukitoiminnalla tuotetaan sekä tiedustelun että vaikuttamisen järjestelmien evästyksessä tarvittavat signaalikirjastot ja häirintäalgoritmit.

Elektronista sodankäyntiä on käsitelty seikkaperäisesti tämän kirjan luvussa 4. ELSO:n neljästä osa-alueesta tässä keskitytään rajauksen mukaisesti tarkastelemaan vain elektronista vaikuttamista eritoten maavoimien operatiivis-taktisten järjestelmien teknisen kehityksen valossa. Omasuojajärjestelmät on niin ikään rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Huolimatta teknisestä lähestymistavasta, voidaan kuitenkin todeta, että ELSO:n käyttö on suunniteltava kiinteänä osana yhtymän/vast. operatiivista suunnittelua. Sitomalla ja koordinoimalla ELSO muuhun toimintaan voidaan esim. tulenkäytön vaikutusta tehostaa merkittävästi.

ELVA:n osalta on kiinnitettävä erityistä huomiota häirinnän johtamiseen, ennakkosuunnitteluun ja taajuushallintaan. Hyvällä ennakkosuunnittelulla minimoidaan ELVA:n vaikutus omiin järjestelmiin ja ympäröivään siviiliyhteiskuntaan. Järjestelmien evästytoiminnan on oltava yhtäältä joustavaa, mutta toisaalta myös operaatioturvallisuuden vaatimukset täyttävää toimintaa.

#### Maavoimien taktisten järjestelmien yleispiirteitä

Maasijoitteiset järjestelmät voivat periaatteessa kohdistaa elektronista häirintää pinnasta pintaan ja pinnasta ilmaan. Osa maavoimien järjestelmistä voidaan sijoittaa myös lentävälle alustalle, jolloin häirintä voidaan kohdistaa ilmasta ilmaan ja ilmasta pintaan. Häirinnällä pyritään tapauksesta riippuen vaikeuttamaan tai lamauttamaan vastustajan järjestelmien normaali toiminta, harhauttamaan vastustajan järjestelmiä tuottamalla omasta toiminnasta vääran kuvan antava signaaliympäristö tai ääritapauksessa jopa tuhoamaan vastustajan järjestelmät.

Elektronisen vaikuttamisen tehokkuuden arvioinnissa on aina otettava huomioon häirintägeometria. Häirintäjärjestelmän ja maalin korkeudet, keskinäinen asento, maastoesheet, maastotyyppi ja säätötila vaikuttavat olennaisesti lopputulokseen. Maalin ominaisuudet on niin ikään tunnettava tarkasti: mm. antennin keilamuoto, sivukeilataso, signaalin taajuus, kaistanleveys ja signaalin koodaus ovat olennaisia perustietoja häirinnän suunnittelun kannalta. Häirintä on lopunperin tehokilpailu häiritsijän ja häiritävän järjes-



telmän välillä: kuinka suuri häirinnän ja hyötysignaalin spektriheyksien (sähköteho/kaistanleveys) suhde vaaditaan halutun efektin aikaansaamiseksi. Karkeana nyrkkisääntönä voidaan todeta, että ilmasta käsin toteutettu häirintä on geometrian näkökulmasta tehokkainta kaikilla taajuusalueilla, sillä radiohorisontti ei yleensä ole häirintäetäisyyttä rajaava tekijä. Rajaavaksi tekijäksi voi kuitenkin tulla puolestaan häirintäalustan tehontuottokyky ja antennin koko etenkin alemmilla taajuusalueilla. Edelleen todetaan, että maasijotteisten tutkien häirintä maasta käsin ei ole pääsääntöisesti kustannustehokasta radiohorisontin rajoittaman etäisyyden ja suuren etenemisvaimennuksen vuoksi. Poikkeuksena edelliseen on tietysti tapaus, jossa häirintälähetin saadaan häiritävän järjestelmän lähelle (esim. kauko-ohjattavat tai autonomiset lähettimet ja heitteet). Edelleen nyrkkisääntönä todetaan, että pinnasta pintaan toteutettava HF – VHF –alueiden häirintä voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti; samoin tietyin rajauksin myös pinnasta ilmaan toteutettu häirintä (ml. tutkataajuudet).

Häirinnän huolellisen ennakkosuunnittelun merkitys korostuu entisestään tarkastelujaksolla. Tämän takia suunnittelutyökalujen käyttö ja häirinnän reaaliaikainen ohjaaminen verkon ylitse yleistyvät. Tarkastelujaksolla tullaan yhä kasvavassa määrin ottamaan käyttöön hajaspektritekniikkaa ja tehokkaita salausalgoritmeja hyödyntäviä järjestelmiä myös taktisella tasolla. Tämän vuoksi tiedustelujärjestelmien kyky havaita uudentyyppisiä uhkasignaaleja korostuu: kääntäen tämä tarkoittaa sitä, että häiritäviä signaaleja on jatkossa yhä vaikeampi havaita. Yhtä lailla häirintäjärjestelmiltä vaaditaan aikaisempaa suurempia häirintätehoja tai vastaavasti ne on saatava mahdollisimman lähelle kohdetta, koska em. signaalimuodot sietävät entistä paremmin häiriöitä.

Yleisenä kehityspiirteenä voidaan todeta järjestelmien integraatioasteen kasvu: tulevaisuudessa on mahdollista käyttää samassa järjestelmässä yhteisiä apertuureja esim. tiedustelun, valvonnan ja johtamisen toimintoihin. Järjestelmien uudelleenkonfiguroitavuus yleistyy: modulaarisen rakenteen ja ohjelmoitavuuden myötä samaa järjestelmää voidaan tulevaisuudessa käyttää aktiivisena sensorina, tiedustelujärjestelmänä ja häirintäjärjestelmänä. Myös lähitulevaisuuden materiaalitekniikka avaa uusia mahdollisuuksia sotilaallisten järjestelmien kehityksessä. Perinteisten sotilassovellusten kannalta etenkin metamateriaalit muodostavat mielenkiintoisen aihealueen. Näillä keinotekoisilla materiaaleilla voi olla ominaisuuksia, jotka poikkeavat luonnollisten materiaalien käyttäytymisestä. Esimerkiksi ns. DNG-materiaaleilla (Double Negative) voi olla samanaikaisesti sekä negatiivinen reaalinen permittiivisyys- että permeabiliteetti-arvo, kun taas ns. NIR-materiaaleilla (Negative Index of Refraction) voi olla negatiivinen taitekerroin. Metamateriaalit saattavat mullistaa perinteisiä käsityksiä esimerkiksi antennien suorituskyvystä: DNG-materiaaleilla voi tulevaisuudessa olla mahdollista toteuttaa pieni antenni, jonka vahvistus on suurempi kuin mitä pelkän aallonpituuden ja antennin fyysisten mittojen perusteella voisi olla pääteltävissä. Tämä puolestaan mahdollistaa entistä kevyemmät, kompaktimmat ja liikkuvammat ratkaisut.

Maavoimien taktisten ELVA-järjestelmien kehitys tulee tarkastelujakson aikana seuramaan sensorien ja johtamisjärjestelmien uhkan kehittymistä. Vaikuttaa siltä, että perinteisten sensorityyppien rinnalle on tulossa hajautettuja sensoriverkkoja. Nämä sensorit voivat olla kertakäyttöisiä ja ne voivat pohjautua esim. akustiseen, seismiseen, magneettiseen tai optiseen periaatteeseen. Myös ”perinteisiä” miniatyyrikokoluokan tutka- ja

infrapunasensoreita tultaneen näkemään. Tällaisia sensoreita voidaan asentaa kohdealueelle ennalta tai ne voidaan ampua alueelle heitteenä. Miniatyyrisensoreiden alustana voidaan käyttää myös erityisesti kaupunkiympäristöön kehitettyä MAV-lennokkia (Micro Air Vehicle). Yhtä lailla johtamisjärjestelmäratkaisuissa korostuvat pienitehoiset hajaspektrilähetteitä käyttävät tietoliikenneverkot. Tämä voi osiltaan johtaa siihen, että tulevaisuudessa kehitys käy kohti hajautettuja ELVA-järjestelmiä. Amerikkalaisten elektroniseen tiedusteluun ja vaikuttamiseen kehittelemä WolfPack-järjestelmä on esimerkki tämänsuuntaisesta kehityksestä.

Tarkastelujaksolla tullaan taktisia lennokkeja käyttämään yhä enemmän maavoimien tiedustelun, valvonnan ja elektronisen vaikuttamisen alustoina. Elektro-optisten ja infrapuna-alueen sensorien lisäksi etenkin SAR-tutkan käyttö tulee lisääntymään voimakkaasti. Jakson loppupuolella lienee mahdollista sijoittaa SAR-tutka jopa ns. mini- ja mikrolennokkeihin. Koska SAR-tutkan merkitys sensorina tulee kasvamaan merkittävästi, tultaneen sen häirintään panostamaan vastaavalla tavalla. Lennokkeja tullaan käyttämään yhä enenevässä määrin myös häirintäjärjestelmälustoina; tosin tämä kehitys on ollut oletettua hitaampaa.

Tienvarsipommit (IED, Improvised Explosive Devices) tulevat olemaan varteenotettava asymmetrinen uhka etenkin kansainvälisissä operaatioissa. Näiden pommien eliminoiminen häirintäjärjestelmillä on erittäin vaikeaa, koska kaikista sytytysmekanismeista ei ole välttämättä etukäteistietoa. Eräänä ratkaisuna saattaa olla pommien eliminoiminen sähkömagneettisella energialla.

Paikannusjärjestelmien käyttö tulee laajenemaan GPS- ja Glonass-järjestelmien jatkokehittämisen sekä Galileo-järjestelmän käyttöönoton myötä. Paikannusjärjestelmien häirintäkyvyn merkityksen voidaan olettaa kasvavan. Eritoten kohteiden suojaamisessa oikein ajoitetulla häirinnällä voidaan heikentää ohjuksen osumatarkkuutta – olkoonkin, että usein hakumekanismi perustuu yhdistettyyn paikantamisjärjestelmän ja inertiaohjauksen käyttöön. Tässä mielessä omasuojahäirinnän ja harhautustoimenpiteiden kordinointi on olennaisen tärkeää.

Radiotaajuisten aseiden kehitys muodostaa merkittävän uhkan sekä yhteiskunnan elintärkeille toiminnoille että sotilaallisille järjestelmille. Tarkastelujakson aikana radiotaajuiset aseet, kuten HPM-aseet (HPM, High Power Microwave), tulevat operatiiviseen käyttöön. Jakson loppupuolella aseiden kehitysaste mahdollistanee niiden käytön sekä elävää voimaa että elektronisia järjestelmiä vastaan.

### **6.3.3 Maavoimien taktiset liikkuvuusjärjestelmät ja yhtymän liikkeenedistämisjärjestelmät**

Mekanisoitujen joukkojen taktiset liikkuvuusjärjestelmät koostuvat moniakselivetoisista pyöräkuljetusajoneuvoista sekä tela- tai pyörävetoisista taistelujoukkoajoneuvoista. Ajoneuvojärjestelmiä käytetään perinteisesti aselavetteina, joukkojen ja materiaalin kuljetukseen sekä nykyistä enemmän myös johtamiseen. Pääosa maavoimien taktisista joukoista liikkuu edelleen pyörälustaisilla ajoneuvoilla. Maastokulkuisten ajoneuvojen osuus kai-

kista ajoneuvoista kasvaa. Maastokulkuihin ajoneuvoihin integroidaan omasuojajärjestelmä. Omasuoja perustuu häivetekniikan, savutuksen, tulitukiaseen ja panssaroinnin käyttöön soveltuvien osien. Uudet suojarakaisut ja aktiiviset omasuojajärjestelmät tulevat korostumaan erityisesti kansainvälisissä operaatioissa.

Ajoneuvojen maastoliikkuvuutta kehitettäessä on painopiste pyörävetoisissa ajoneuvoissa. Monikansallisissa kehittämishankkeissa vaatimukset laaditaan kuitenkin sellaisille toiminta-alueille, jotka eivät vastaa suomalaista tyyppimaastoa. Pyöräajoneuvojen taktinen maastoliikkuvuus ei yllä kehitystyöstä huolimatta samalle tasolle telavetoisten ajoneuvojen kanssa. Myös tela-ajoneuvojen kehittäminen jatkuu, tavoitteena pyöräajoneuvoja vastaava strateginen kuljetettavuus ja operatiivinen liikkuvuus.

Taistelu- ja rynnäkköpanssarivaunujen välinen ero pienenee siten, että tulevaisuuden ajoneuvoalustoissa pyritään rynnäkköpanssarivaunujen ominaisuuksiin yhdistämään taistelupanssarivaunun suoja ja tulivoima. Tästä kehityksestä hyvänä esimerkkinä on saksalaisvalmisteinen rynnäkköpanssarivaunu PUMA. Huomattavaa kuitenkin on, että taistelupanssarivaunut eivät nykyisellään ole korvautumassa rynnäkköpanssarivaunuilla. Keventämisellä tavoitellaan erityisesti länsimaisessa kehityksessä kaluston strategista kuljetettavuutta ilmateitse uudelle operaatioalueelle.

Pieni osa tela-ajoneuvoista on miehittämättömiä kokeiluversioita. Ilmakuljeteisten joukkojen ja ajoneuvokaluston osuus kotimaassa on pieni mutta vaikutukseltaan huomioitava. Tilatut NH-90 helikopterit ovat operatiivisessa käytössä. Helikopterien erityisaseama on kadonnut ja niiden tehtävät ovat vakiintuneet osaksi yhtymän liikkuvuusjärjestelmää. Painopiste helikopterikuljetuksissa on erikois- ja nopeatoiminnan joukkojen sekä huolto- ja evakuointikuljetusten toteutuksessa.

Yksittäisten sotilaiden tai enintään partion siirtymiseen käytettävät pienet, hyvän maastoliikkuvuuden omaavat ajoneuvot yleistyvät maavoimien joukoissa. Tällaisia ajoneuvoja ovat moottorikelkka, mönkijä ja maastomoottoripyörä. Kyseisten ajoneuvojärjestelmien käyttö mahdollistaa maaston vapaamman käytön, nopeat suunnanmuutokset ja liikkeeseen perustuvan suojan. Telakuorma-autojen (All Terrain Vehicle) rooli erityisolosuhteissa säilyy.

Liikkuvuusjärjestelmien kehittämisessä tavoitellaan erityisesti parempaa maastoliikkuvuutta taktisen liikkumiskyvyn parantamiseksi. Operatiivista liikkuvuutta kehitetään erityisesti tela-alustaisten järjestelmien osalta. Taktisten joukkojen huolto-osat ovat osin riippumattomia tiestöstä. Operatiivinen taso vaatii kuitenkin jo runkotiestön.

Ajoneuvoperheitä ei nykyisellään kyetä edelleenkaan luomaan, vaikka se olisikin logistisesti tarkoituksenmukaista. Olemassa olevien järjestelmien elinjaksot, modernisointiohjelmat ja nykyisellään soveltuvuus eri tehtävätyyppeihin muodostaa kustannustehokkaan toiminnan aina 2020 -luvulle saakka. Kehityksen tavoitteena pitkällä aikavälillä lienevät kuitenkin yhteiset ja yhtenevät ajoneuvoratkaisut, joissa versioiden hallinta perustuu yhtenevään alustaan ja modulaarisiin varusteluserjoihin. Tällainen ajattelu on nähtävissä esimerkiksi Future Combat Systems:n miehitettyssä ajoneuvoalustassa. Tällöin erityisesti eri ajoneuvoluokkien huolto nopeutuu ja tehostuu moduulirakenteiden ansiosta.

Liikkeenedistämisen päämäärä on mahdollistaa joukkojen taktinen- ja operatiivinen liike. Toiminnallisesti liikkeenedistäminen jaetaan raivaamiseen, tienpitoon ja ylimenoon. Kansallisen yhtymän liikkeenedistämisyhteistyö tukeutuu alueellisen tason tieverkko, jonka ylläpidosta vastaavat alueellisten johtoportaiden johdossa olevat pioneeri-joukot tukeutuen siviiliorganisaatioiden toimintaan. Yhtymän on kuitenkin kyettävä siirtymään hyökkäykseen myös maastoitse.

Yhtymän liikkeenedistämisyhteistyö mahdollistaa iskuportaan liikkeen neljässä kohdassa enintään 25-metrinen vesi- ja kuivaesteiden yli ja iskuportaan hyökkäyksen mahdollisen suojamiinoitteen läpi. Järjestelmän keskeisiä välineitä ovat mekanisoidun iskuportaan siltajärjestelmä sekä raivainjärjestelmä. Iskuportaan siltajärjestelmä (MLC 70) sisältää sillan ja silta-alustan. Sillan (Leguan) kuljetus- ja laskualustana käytetään siltapanssarivaunua sekä silta-autoa.

Yhtymän mekanisoidun iskuportaan raivainjärjestelmä koostuu iskuportaan räjähtävistä raivaimista, iskuportaan muista raivaimista sekä raivaamispanssarivaunuista. Raivaamispanssarivaunulla on sama liikkuvuus kuin tuettavalla joukolla. Järjestelmällä kyetään raivaamaan nopeasti vähintään 100 m suojamiinoitteen ja 400 m sirote miinoitteen.

Iskuportaan raivainjärjestelmän takana käytetään mm. varstaravain -tyyppisiä raivaamisajoneuvoja sekä raivaamiseen erikoistuneita joukkoja (Raivaamiskomppania tai sen osia).

Yhtymän liikkeenedistämisyhteistyön keskeisimmät erot nykyiseen kykyyn ovat:

- miinoitteen tiedustelu mekanisoidun joukon kärjen mukana taistelussa
- nopea miinoitteen raivaamiskyky taistelun aikana
- nopea aukonylityskyky hyökkävään kärjen mukana.

## 6.3.4 Maavoimien taktiset suojajärjestelmät

### 6.3.4.1 Linnoittamisjärjestelmä

Linnoittamisjärjestelmä koostuu yleisistä linnoittamisen periaatteista, linnoittavista joukoista, työkoneista ja rakennusmateriaalista, joita käytetään joukkojen suojaamiseen vastustajan asevaikutukselta. Linnoittamisjärjestelmällä yhdistetään saavutettavan suojan taso, suojaan käytettävät rakenteet ja suojan tuottamiseen käytettävät toimintaresurssit.

Järjestelmän kehittämisessä korostuu vaatimus nopeudesta, oman toiminnan suojaamisesta ja asteittain rakentuvasta suojan tasosta. Tämä tarkoittaa linnoittamisen kannalta valmiutta rakentaa joukoille nopeasti suoja ainakin kivääricaliiperisten aseiden tullelta ja kranaattien sirpaleilta. Linnoitteita kehitetään kevyemmiksi ja helpommaksi asentaa niihin, että kaikki joukot kykenevät rakentamaan linnoitteen itsensä ilman varsinaista kone ja/tai -konsulttiapua.

Linnoittaminen jaetaan neljään tasoon. Tasot jaotellaan asevaikutukselta saavutettavissa oleva suojan, käytettävien linnoittamismateriaalien tyyppien ja hankintatavan (materiaaliresurssit) sekä linnoittavien joukkojen käytön perusteella.

Linnoittamisen tasot ovat:

- kantalinnoittaminen (linnoittamisen 1. taso), jolla saavutetaan suoja lentopommien osumilta,
- raskasosalinnoittaminen (linnoittamisen 2. taso), jolla saavutetaan suoja kranaattien ja ammusten osumilta ja kevyiltä lentopommeilta,
- kevytosalinnoittaminen (linnoittamisen 3. taso), jolla saavutetaan suoja vähintään kranaattien pintaräjähdyksiltä ja
- kenttälinoittaminen (linnoittamisen 4. taso), jolla saavutetaan vaiheittain parannettava suoja aluevaikutteisilta aseilta ja sirpaleilta, suojapoterossa jopa kranaattien pintaräjähdyksiltä.

Linnoitteet jaotellaan käyttötarkoituksensa mukaan poteroihin, korsuihin, niitä yhdistäviin liikkumisteihin sekä muihin suojarakenteisiin kuten esim komposiittilevyrakenteet, T-vallit, kivikorit yms. Poterot ovat osin tai kokonaan avoimia normaalisti painesuojattomia linnoitteita.

Poterot jaetaan seuraavasti:

- taistelupotero = yksittäisen sotilaan tai taistelijaparin osin avoin taistelulinnoite
- asepotero = ase- ja sen käyttöhenkilöstön taistelulinnoite
- majoituspotero = tilapäinen, katettu majoitussuoja
- suojapotero = laitteen, henkilöstön tai materiaalin avoin tai katettu suojatila (sisältää myös ajoneuvopoterot).

Korsut ovat erillisellä suojatulla sisäänkäynnillä varustettuja linnoitteita, jotka on mitoitettu kestävästi tavanomaisten aseiden asevaikutukset.

Korsut jaetaan seuraavasti:

- majoituskorsu = ryhmän (vast) majoittumiseen tarkoitettu linnoite
- tilakorsu = johtamiseen, lääkintään, materiaalin varastointiin tai laitteiden käyttöön tarkoitettu linnoite.

Nykyaikaiset valmisosalinnoitteet ovat teollisesti tuotettuja. Ne on suunniteltu, rakennettu ja testattu kulloisenkin tarkoitukseen sopivaksi, niin että ne kestävät maahan tunkeutuneen 150 mm kranaatin räjähdyspaineet 1,6 m etäisyydeltä.

Maan päälle rakennettavien suojien standardoituksi rakenneosiksi on kehitetty erilaisia maan stabilointiin tarkoitettuja vahvistettuja teollisia valmisteita. Tällaisia ovat esimerkiksi kivikorit ja ristikkokammiot (Sand Grid, Hesco bastion korit), joiden suojaominaisuudet perustuvat pääosaltaan valittuun täytteeseen. Tällaisten rakenteiden kestoikä on useita vuosia tai jopa useita vuosikymmeniä.

Suojaa laakatulelta ja sirpaleilta voidaan rakentaa nopeasti myös teräsbetonista valmistetuilla nk. T-valleilla.

Valmisosalinnoitteita on suunniteltu rakennettavaksi useista eri materiaalityypeistä kuten teräsbetoni, puu, teräs ja muovi eri muodoissaan. Näin teollinen valmisosalinnoitetuotanto voidaan hajauttaa erillisten rakennusteollisuudenalojen kesken ja samalla varmistetaan ettei tuotanto ole yhden tai muutaman kriittisen materiaalin saatavuuden varassa.

Perinteinen teräsbetoniin perustuva linnoittaminen on saanut rinnalleen keveämmät tuotteet. Vaikka yksittäisten linnoiterakenteiden kokonaispaino putoaa, linnoitteen antama suoja on kuitenkin riittävä, koska se perustuu suojattavan tilan eristämiseen riittäväillä maamassoilla.

Nykyään lisääntynyt sirpalesuojaus ei ole varsinaista linnoittamista, mutta sillä saavutetaan kohtuullinen suoja sirpaleita ja nk. laakatulta vastaan. Keveillä materiaaleilla voidaan suojata niin henkilöstö, aseet kuin tilatkin. Materiaalina voidaan käyttää kevlaria tai aramidia joko puristelevyinä tai kudottuina kankaina. Tällaisia keveitä suojalevyjä käytetään yleisesti esimerkiksi maanpäällisten laitesuojien rakenteissa.

Teollisessa tuotekehityksessä ja logistiikassa pyritään siihen, että sama toimittaja toimittaa kaikki pesäkkeen tarvitsemat linnoite-elementit. Linnoiteperheeseen kuuluu samasta materiaalista ja samalla menetelmällä tuotetut korsut ja poterot. Toimittaja vastaa myös siitä, että korsussa on kaikki sen tarvitsemat tarvikkeet ja laitteet.

Linnoittamisen edellyttämän suojan, tarvittavan materiaalin, ajan ja muiden resurssien määrittämisen tueksi on kehitetty asiantuntijajärjestelmiä, joilla tuetaan linnoitettavia joukkoja. Eräs järjestelmään kuuluvista osajärjestelmistä, Pioneerijohtamislaitteen (PionJohLa) linnoittamisen maastosuunnitteluovellus (LiMaSu), integroidaan Maavoimien johtamisen tietojärjestelmään (MATI). Vastaavia suunnitteluohjelmia laaditaan tukemaan myös asutuskeskuslinnoitteiden ja terrorisminvastaisten rakenteiden suunnittelua.

#### 6.3.4.2 Suojelujärjestelmä

Maavoimien suojelujärjestelmä koostuu CBRN –aseiden (*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear*) ja muiden vaarallisten aineiden kuten mm teollisuusmyrkkyjen tiedustelusta, tunnistamisesta, joukkojen varoittamisesta, fyysisestä suojautumisesta, vaaratilanteiden hallinnasta sekä suojelulääkinnästä ja muista tukitoimista. Maavoimien suojelujärjestelmä on osa kansallista suojelutoimintaa.

Valtakunnalliset suojeluvälvontakeskukset johtavat ja koordinoivat CBRN- suojelukustusten toimintaa, arvioivat suojelutilannetta omalla vastuualueellaan, vastaavat tapahtuneiden C-, B-, R ja N – tilanteiden ja saastetapahtumien lopullisesta arvioinnista sekä pitävät yhteyttä muihin viranomaisiin.

Suojelun alueelliset valvontakeskukset ja paikalliset apuvalvontakeskukset toimivat maavoimien alueellisten ja paikallisten johtoportaiden yhteydessä. Keskukset vastaavat CBRN – ja saastetapahtumia koskevien tietojen vastaanottamisesta ja alustavasta ar-

vioimisesta, saastuneiden alueiden määrittämisestä, leviämisen nusteiden laatimisesta, joukkojen varoittamisesta, suojelutiedustelun johtamisesta, ilmoitusten ja raporttien laatimisesta sekä yhteydenpidosta muihin keskuksiin ja siviiliviranomaisiin.

Suojelutiedustelulla selvitetään uhka oman toiminnan kannalta tärkeissä kohteissa.

Ilmaisulla hankitaan sotilaallista merkitystä omaavien taisteluaineiden mahdollisesta olemassaolosta saatava havainto. Havainto on saatava niin aikaisessa vaiheessa, että hälytykset ehditään antaa vastatoimenpiteiden kannalta ajoissa.

Näytteiden ottamisella varmistetaan, että taisteluaineita todella on käytetty, tunnistetaan käytetty taisteluaine ja selvitetään taisteluaineen levittämistapa ja aineen alkuperä sekä vastustajan BC -sodankäynnin tekninen taso. Näytteiden ottaminen on erityisen tärkeää silloin, kun kyseessä on tuntematon taisteluaine tai CBRN – asetta käytetään ensimmäistä kertaa. Todistusvoimaisten näytteiden ottamisen, niiden käsittelyn ja analysoinnin toteuttaa Suojelun erikoisosasto, joka on varustettu näytteenottovarusteilla. Liikuteltavan kenttälaboratorion analyyseillä tunnistetaan näytteet ja niiden luonne, myrkyllisyys sekä vaarallisuus. Tulosten perusteella määritetään puhdistusmenetelmät ja tilanteen edellyttämät ensiapu- ja hoitotoimenpiteet.

Suojelutiedustelussa, saastealueiden merkitsemisessä sekä sääsanomissa ja suojeiluilmoituksissa käytetään kansainvälisesti standardoituja menetelmiä.

Taisteluaineiden automaattiset ilmaisu- ja tunnistuslaitteet, laskentaohjelmistot ja tietopankit sekä tietoverkkoihin integroidut suojelun johtamis- ja hälytysyhteydet tukevat päätöksentekoa sekä nopeuttavat johtamisprosessia. Asiantuntijoita ja käytännön osajia ne eivät kuitenkaan tule korvaamaan.

Tiedonkeruu-, kokoamis- ja analyysijärjestelmä koostuu suojealuvalvontapaikoista, tiedustelupartioista, ryhmityspaikoista, kokoonpanoista, yksiköistä ja niiden alajohtoportaista sekä kaikista valvontakeskuksen tai sitä pienemmän keskuksen alapuolella olevista toimijoista, jotka toteavat tai ilmoittavat tapahtumista.

#### Järjestelmä

- ilmoittaa ensimmäisestä vihollisen CBRN- aseiden käytöstä nopeimmalla mahdollisella tavalla (NBC 1)
- ilmoittaa välittömästi CBNR- ja saastetapahtumista aluevastuussa olevalle CBRN – keskukselle (NBC 1/4)
- huolehtii suojeuluvaroitusten oikea-aikaisesta lähettämisestä joukoille, jotta ne ehtivät suojautua (NBC 3)
- tehostaa suojealuvalvontaa sekä valmistautuu suojelutiedusteluun ja puhdistustoimintaan
- ilmoittaa tiedustelun tuloksista (NBC 4) ja
- tuottaa yksityiskohtaista tietoa CBRN- ja saastetapahtumista (NBC 6)

Ilmoitettaessa ja raportoitaessa CBRN -hyökkäyksistä ja saastetapahtumista, niitä koskevista leviämisen nusteista ja saastuneista alueista käytetään vakiomuotoisia eurooppa-

laisittain standardisoituja sanomia. Vapaamuotoista suojelutilanneilmoitusta käytetään paikallisten määräysten mukaisesti kuvaamaan vallitsevaa suojelutilannetta. Sää tiedoilla määritetään radioaktiivisen päästön sekä biologisten ja kemiallisten taisteluaineiden tuulen mukana tapahtuva leviämisen nuste.

Sääpalvelun tehtävänä on jakaa perustuuli-ilmoitukset, vallitsevat alatuuli-ilmoitukset sekä CBRN -alatuulisanomat tai -ennusteet.

Puhdistaminen on operatiivisesta tilanteesta riippuen olla passiivista tai aktiivista. Puhdistamisen tasot ovat välitön, operatiivinen, perusteellinen ja lopullinen. Puhdistamisprosessissa henkilö, väline tai alue tehdään turvalliseksi. Puhdistaminen kemiallisesta tai biologisesta taisteluaineesta voi tapahtua imeyttämällä, tuhoamalla, neutralisoimalla, tekemällä saasteen aiheuttaja vaarattomaksi tai siirtämällä se. Radioaktiivinen materiaali poistetaan siirtämällä.

Passiivisella puhdistamisella tarkoitetaan taisteluaineen luonnollista hajoamista ilman ihmisen tai koneen apua. Tätä kutsutaan myös luonnolliseksi puhdistumiseksi tai sään aiheuttamaksi puhdistumiseksi. Radioaktiivinen säteily vaimenee kullekin aineelle ominaisen kaavan mukaan. Biologisten ja kemiallisten taisteluaineiden hajoaminen nopeutuu, jos ne ovat alttiina auringon paisteelle, korkealle lämpötilalle, sateelle ja tuulelle. Vaikka luonnollinen puhdistaminen vaatiikin aikaa, siihen ei tarvita ihmistyövoimaa eikä se vaadi juurikaan kustannuksia. Kohteet, jotka jätetään luonnollisen puhdistumisen varaan, eristetään ja merkitään kuten saastuneet alueet.

Aktiivisella puhdistamisella tarkoitetaan entsyymien, kemikaalien ja/tai mekaanisen prosessin vaikutusta kemiallisen, biologisen tai radioaktiivisen materiaalin siirtämiseksi tai neutralisoimiseksi. Aktiivista puhdistamista käytetään, jos saastuminen vaikuttaa haitallisesti joukon operatiiviseen toimintakykyyn. Puhdistaminen on asteittainen prosessi, joka on aloitettava niin nopeasti kuin mahdollista.

Mitä nopeammin puhdistaminen tapahtuu, sitä vähemmän saaste tunkeutuu materiaalin pintaan ja sitä tehokkaampi on lopputulos. Puhdistaminen vaatii resursseja ja aikaa, joten vain yhtymän tehtävän täyttämisen kannalta tärkeät kohteet tulisi puhdistaa. Joukkojen puhdistaminen tulee tehdä niin lähellä saastunutta aluetta kuin se taktisesti on mahdollista. Tällä minimoidaan saasteen leviäminen ja vältetään tehtävän kannalta kriittisten toimintojen uudelleen sijoittaminen.

Sotilaallisten kohteiden puhdistamisen tärkeysjärjestys määritetään operatiivisin perustein  $T_s$  operatiivisen päämäärän saavuttamisen kannalta tärkeät kohteet puhdistetaan ensin. Puhdistamisessa käytettävistä tasot tai asteet ovat:

- Välitön puhdistaminen on heti saastumisen jälkeen yksilön itsensä tai taistelijaparin suorittama puhdistaminen, jonka tarkoituksena on hengen pelastaminen ja vahinkojen minimoiminen. Tähän kuuluu myös tärkeimpien henkilökohtaisten varusteiden ja välineiden puhdistaminen.
- Operatiivinen puhdistaminen on yksilön ja joukon suorittamaa puhdistamista, joka rajoittuu operaation tai taistelukyvyyn kannalta välttämättömän välineen tiettyihin



osiin, materiaaliin ja toimintaympäristöön ja jonka tarkoituksena on minimoida kosketus saasteeseen ja saasteen siirtyminen.

- Perusteellinen puhdistaminen on yksikön – joko tuettuna tai ilman sitä – suorittama henkilöstön, välineiden, materiaalin ja toimintaympäristön puhdistaminen siten, että henkilökohtaisista suojavälineistä voidaan luopua osittain tai kokonaan, ja toimintaa voidaan jatkaa minimirajoituksin.
- Lopullisella puhdistamisella tarkoitetaan tilapäisesti tai pysyvästi operaatiosta irti otettujen välineiden ja henkilöiden puhdistamista tasolle, joka sallii rajoittamattoman liikkumisen, huollon sekä uudelleen käytön ja sijoittamisen.

Suojelulääkintä käsittää neljä pääaluetta: lääkinnälliset valmistelut, lääkinnälliset vastatoimenpiteet, uhrien hoidon saastuneella alueella ja uhrien evakuoinnin. Lääkinnälliset vastatoimenpiteet, joiden tarkoituksen on lieventää taisteluaineiden vaikutuksia, ovat:

- kenttähygienian tarkka noudattaminen
- spesifisten suojaavien lääkkeiden jakaminen etukäteen mahdollisen hyökkäyksen varalta
- altistumisen jälkeinen rokottaminen, johon voi liittyä samanaikainen antibioottien antaminen
- tartunnan saaneen tai altistuneen uhrin liikkumisen rajoittaminen, valvonta ja mahdollisesti myös desinfiointi, jolla estetään altistumisen aiheuttajan leviäminen

Suojelumateriaalivalinnoissa ja suunnittelussa on kiinnittävä huomiota välineiden ominaisuuksiin erilaisissa taisteluaihinolanteissa. Keskeisimpiä kriteerejä ovat kestävyys, puhdistettavuus, vaihdettavuus ja yhteensopivuus. Kestävyyden hyväksyttävänä kriteerinä on, että 30 päivän aikana taistelunomaisissa olosuhteissa tapahtuneen viiden (5) altistamiskerran jälkeen materiaali saa menettää korkeintaan 20 prosenttia täydestä käyttökunnostaan tai arvostaan.

Altistamiskerralla tarkoitetaan saastumisen, puhdistusaineen ja kenttäoloissa suoritettun puhdistamisprosessin yhteisvaikutusta. Puhdistettavuuden kriteerinä on, että tunnin kuluttua kenttäoloissa tapahtuneesta puhdistamisesta kohteen sisällä, päällä tai siitä metrin päässä olevalle suojautumattomalle henkilölle saa aiheutua vain vähäinen riski. Vaihdettavuuden kriteerinä on, että erilaisilla ja eri tarkoitukseen koulutetuilla sekä varustetuilla joukoilla tulee henkilökohtaisten suojavälineiden tai niiden osien olla samanlaisia. Yhteensopivuuden kriteerinä on, että saastuneella alueella suojaruustuksessa toimivan henkilöstön suorituskyky pl. lämpökuormitus ei saa laskea 12 tunnin aikana yli 15 prosenttia siitä, mitä se olisi normaalioloissa.

Suojelujärjestelmän keskeisimpinä kehittämiskohteina lähivuosina tulevat olemaan:

- yhteiseurooppalaisen doktriinin, menetelmien ja koulutuksen kehittäminen
- suojelun johtamisjärjestelmän kehittäminen
- bioilmaisun ja kulkutautien valvontakyvyn parantaminen
- suojan parantaminen
- puhdistuskyvyn parantaminen
- CBRN EOD – kyvyn parantaminen
- suojelumateriaalihankintojen yhtenäistäminen

- evakuinteja ja humanitäärisiä tehtäviä koskevien ohjeiden ja toimintatapojen yhteensovittaminen.

### 6.3.4.3 Taktinen huoltojärjestelmä

Taktisella tasolla polttoainetäydennyksissä säiliöajoneuvoja ei sidota joukkojen varastoiksi. Sen sijaan joukoille hankitaan vaihtokorisäiliöitä ja jakeluvaihtokoreja. Yhdestä jakeluvaihtokorista voidaan jakaa polttoainetta kuudelle ajoneuvolle yhtäaikaa.

Kunnossapitopartioita johdetaan taktisen internetin laitteilla. Partiot saavat dataa vikaantuneesta laitteesta ennen liikkeellelähtöä ja osaavat siten varata oikeat varaosat mukaan. Korjaustoiminnan aikana partiot voivat kuvata kohdetta ja lähettää kuvia osaamiskeskukseen tapauksissa, joissa tarvitaan lisäohjeita. Kaikkien järjestelmien kunnossapidon ohjeet ovat elektronisessa muodossa.

Lääkintähuolto tulee kehittymään siten, että asiantuntevaa lääkintähenkilöstöä tulee toimimaan lähellä ”etulinjan” joukkoja. Tämä tarkoittaa sitä, että pelastuslaitosten taapaan tehtävään käytetään henkeäpelastavaan ensiapuun täsmäkoulutettua henkilöstöä. Lääkäreitä on vähemmän tällä tasolla, sillä he toimivat lähinnä eteentyönnettyissä ensihoitoyksiköissä ja sairaaloissa. Vuonna 2025 on todennäköistä, että ainakin tärkeimpien joukkojen suunnissa on mahdollista, että jo pian haavoittumisen jälkeen lääkintähenkilöstö voi vaimentaa potilaan elintoiminnot ja siten parantaa potilaan selviämisenustetta sairaalaan evakuoinnin aikana.

Huoltopalvelut keskittyvät yksittäisen taistelijan suoranaiseen huoltamiseen. Muonituksessa taistelumuonien käyttö tulee lisääntymään. Syynä tähän ovat joukkojen koon pieneneminen sekä toimiminen entistä laajemmalla alueella, jolloin kenttäkeittimellä valmistetun muonan toimittaminen ei ole aina mahdollista ja järkevää. Taistelumuonat kehittynevät siten, että käytössä tulee olemaan erittäin helppokäyttöisiä tuotteita. Voi olla, että käytössä on esimerkiksi pakkaus, jossa on erillispakattuna kaikki päivän ateriat. Voi olla myös, että valmistukseen ei tarvittaisi erillisiä keittämiä, vaan ruoka lämmitetään kemiallisella prosessilla, joka käynnistetään esimerkiksi murtamalla levy valmistusastias kahden eri komponentin väliltä, joka aikaansaa metallisen säilytys- ja kuljetusastian kuumenemisen. Kenttäkeitinmuonituksessa ei tapahtune suurta kehitystä.

Henkilökohtaisen hygienian osalta ei tapahtune kovin merkittävää kehitystä. Sotilas-koti- ja kanttiniitoiminta tulee olemaan entistä kiinteämpi osa huoltoa. Vaatetusmateriaalin vaihdon ja jaon osalta kehitys saattaa johtaa elinkeinoelämän käytön lisäksi eräänlaisten ”pesurekkojen” käyttöön, jollaisia nykyään on muun muassa suurissa urheilutapahtumissa. Pesurekassa on lavalla useita pesukoneita ja niissä on oma virtalähde. Yksi mahdollinen kehityssuunta on useiden maiden laivastoissa käytössä oleva malli. Se perustuu suurten pesupussien käyttöön. Asiakas pakkaa kahteen pussiin erikseen tummat ja vaaleat vaatteet sekä varustaa pussin nimellään. Se viedään sellaisenaan pesulaan, pestään ja kuivataan kuivausrummussa sekä palautetaan nimen ja osoitteen mukaan takaisin käyttäjälle.

Kaatuneiden huolto kehittynee siten, että jokaiselle taistelijalle tulee edelleen tuntolevy ja kahteen osaan jaettava kortti. Korttiin tai sitten tuntolevyyn voidaan integroida tietosiru, jossa taistelijan tiedot ovat talletettuina joko lääkintähuollon tai kaatuneiden huollon tarpeita varten. Evakuoitaessa potilas tai kaatunut, tieto evakuoinnista voidaan lukea tietokantoihin elektronisesti ja siten parannetaan mahdollisuuksia henkilöstöhallintoon.

Kenttäpostia tarvittaneen tulevaisuudessakin sähköisen viestinnän lisääntymisestä huolimatta. Postin toimintaperiaatteissa ei tapahtune suuria muutoksia taktisella tasolla.

Veden puhdistuskalustot tullevat pienenemään huomattavasti tänä päivänä käytössä olevista. On mahdollista, että jopa komppania- tai pataljoonatasolla olisi omia kannettavia ja pienikokoisia puhdistuslaitteistoja. Pullovedellä turvataan vedensaanti.

## 6.4 Maavoimien taistelujärjestelmät

### 6.4.1 Iskuportaan tulivoimajärjestelmät

**Iskuportaan tulivoimajärjestelmä** muodostuu joukon taktisen tulenkäytön järjestelmistä. Iskuportaan tulivoimajärjestelmissä ei lyhyellä aikavälillä (2008–2012) tapahdu suuria muutoksia. Näkyvimmin kehitys kohdistuu sensoreiden, pimeänäkölaitteiden ja laskintähtäinten kehittämiseen. Lisäksi asutuskeskustaisteluun soveltuvia ampumatarvikkeita otetaan palveluskäyttöön.

Käynnissä oleva kehitystyö konkretisoituu keskipitkällä aikavälillä. Vuoden 2015 tienoilla otetaan tukijärjestelmissä palveluskäyttöön täysin uudentyyppisiä asejärjestelmiä.

Keskeisimmät muutokset nykyiseen ovat:

- järjestelmien keveys
- sensorifuusio
- “ei-tappavat” ampumatarvikkeet
- termobaariset taistelulataukset
- ammunnanhallintajärjestelmät tai laskintähtäimet kaikille tasoille.

Pitkällä aikavälillä kehitys jakautuu kahteen suuntaan; perinteisten asejärjestelmien ylläpitoon ja modifiointiin sekä täysin uusien järjestelmäkokonaisuuksien käyttöönottoon iskukykyisimmille joukoille. Uudet järjestelmät on integroitu kokonaisuuksiksi, joihin kuuluvat:

- kehittynyt sensori- ja ammunnanhallintajärjestelmä,
- taistelunhallintajärjestelmä,
- omatunnistusjärjestelmä,
- erilaisia maaliskenaarioita vastaan spesifioitua ampumatarvikkeet.

### 6.4.1.1 Konekiväärit ja kranaattikonekiväärit

#### **Konekiväärit**

Palveluskäytössä olevat konekiväärit voidaan jaotella kahteen tyyppiin:

1. Rynnäkkökiväärin kanssa saman kaliiperinen vyö- tai lipassyöttöinen konekivääri.
2. Kaliiperiltaan rynnäkkökivääriä suurempi ja tehokkaampi vyösyöttöinen konekivääri.

Vaihtoehdon 1 mukainen ase soveltuu patruunahuollon kannalta hyvin ryhmäaseeksi, mutta ei anna tulinopeutta lukuun ottamatta parempaa tulitehoa kuin rynnäkkökivääri. Aseen taistelutekninen käytettävyys on hyvä, koska se kulkee helposti ryhmän mukana. Tämän vaihtoehdon edustajia ovat esim. venäläinen RPK-74 (5.45x39), englantilainen L86A1(5.56 NATO), saksalainen MG36(5.56 NATO) ja belgialainen FN MAG M240E Minimi (5.56 NATO).

Vaihtoehdon 2 mukainen ase on tehokas ryhmän tulitukiase, mutta patruunahuollon kannalta aiheuttaa ongelmia mukana kuljetettavien patruunoiden määrä. Palveluskäytössä olevia asemalleja ovat esim. saksalainen MG3 (7.62 NATO) ja venäläinen PKM (7.62x53R).

Yhdysvalloissa on kehitysprojektina käynnissä OCSW (Objective Crew Served Weapon) tai nytemmin ACSW (Advanced Crew Served Weapon/XM307), jolla on määrä korvata nykyisen 40 mm MK19 kranaattikonekiväärin ja .50 kal M2 raskaan konekiväärin suorituskytekiäjät. Projektin tavoitteena on kehittää kevyt, kahden miehen kannettava ryhmäase. Aseen kaliiperiksi on valittu 25 millimetriä. Sen on suunniteltu olevan tehokas 2000 metriin elävää voimaa vastaan ja 1000 metriin kevyesti panssaroituja ajoneuvoja, vesialuksia ja hitaasti lentäviä ilma-aluksia vastaan. OCSW aiotaan asentaa myös ajoneuvoihin.

Kaliiperin muuttamisella on vaikutusta myös ammuksen lentoradan korkeuteen, joka aseella olisi noin 25 metriä, kun se esimerkiksi Mk19 kranaattikonekiväärillä on yli 120 metriä. Ase painaa noin 11 kg, jalusta noin 4 kg, laskintähtäin noin 2 kg ja ammuskanu (31 ammusta) alle 7 kg. Aseeseen suunnitellaan kolmen tyyppisiä 25 mm:n ammuksia; sirpalekaranaatti ohjelmoitavalla aikasytyttimellä, onteloammus ja harjoitusammus. Operatiiviseen käyttöön ase tulee aikaisintaan vuoden 2010 jälkeen.

#### **Kranaattikonekiväärit**

Mk19 kranaattikonekivääri kehitettiin 1960 -luvulla ja järjestelmä modernisoitiin 1980 -luvun lopulla. Mk19 oli käytössä Persianlahden sodassa ja lyhyen lähitaisteluvaiheen aikana asejärjestelmän raportoitiin tuottaneen lähes puolet vastustajalle aiheutetuista tappioista. Useita kilpailevia kranaattikonekiväärijärjestelmiä on kehitetty, mutta niissä on hyvin vähän parannusta perinteiseen Mk19 -asejärjestelmään verrattuna. Uusien, keveiden, kranaattikonekiväärien kehitystyö on käynnissä ja niiden voidaan olettaa tulevan palveluskäyttöön seuraavan viiden vuoden kuluessa. Esimerkkejä kehitystyön alla olevista kranaattikonekivääreistä ovat mm Tiger ja Striker.

## **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Konekiväärit tulevat säilymään lähitulevaisuudessa nykyisenkaltaisina. Niihin tullaan integroimaan valonvahvistintähtäin tai laser-osoittimia pimeätoimintakyvyn parantamiseksi.

Kranaattikonekiväärien osalta kevyet kranaattikonekiväärit (Tiger, Striker) otetaan palveluskäyttöön lähitulevaisuudessa. Niihin on integroitu pimeätähtäin ja alkeellinen laskinjärjestelmä tulen osuvuuden parantamiseksi pitkille ampumaetäisyyksille.

## **Kehitys keskipitkällä aikavälillä (...2020)**

Konekiväärit säilyvät palveluskäytössä keskipitkällä aikavälillä, mutta asejärjestelminä niitä ei juurikaan kehitetä. uutena järjestelmäkonseptina palveluskäyttöön otetaan Objective Crew Served Weapon/XM307, jolla korvataan konekiväärin ja kranaattikonekiväärin suorituskykytekijät. Kalliin hintansa vuoksi OCSW ei tule vielä laajaan palveluskäyttöön kyseisenä ajanjaksona.

Kranaattikonekiväärit säilyvät palveluskäytössä ja niiden ampumatarvikevalikoimaa laajennetaan 40 mm termobaarisilla ja Less than Lethal -ampumatarvikkeilla.

## **Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)**

Pitkällä aikavälillä OCSW -tyyppiset, täysin integroidut, asejärjestelmät yleistyvät palveluskäytössä. Perinteisiä asejärjestelmiä (konekiväärit ja kranaattikonekiväärit) käytetään perinteisesti varustetuilla joukoilla. OCSW -tyyppinen asejärjestelmä käsittää sensorifuusioon (lämpökuvatekniikka, II ja VIS) perustuvan sensorin ja kehittyneen ammunnanhallintajärjestelmän. Asejärjestelmään voidaan integroida taistelunhallintajärjestelmän päätelaitteita ja omatunnistusjärjestelmä.

### 6.4.1.2 Panssarintorjunta-aseet

Panssarintorjunta-aseet voidaan jaotella joko toimintaperiaatteensa puolesta olalta ammuttaviin panssarintorjunta-aseisiin ja ohjusjärjestelmiin tai ampumaetäisyytensä puolesta lähi-, keski- ja kaukotorjunta-asejärjestelmiin. Olalta ammuttavia panssarintorjunta-aseita ovat singot, kertasingot ja erilaiset vastamassa-aseet. Ohjusjärjestelmät jaotellaan puolestaan sukupolvien (1-, 2- ja 3-sukupolvi) tai ohjautusjärjestelmänsä mukaan.

Lähitorjuntaetäisyys ulottuu aina 600 metriin ja lähitorjunta-aseet voidaan puolestaan jaotella keveisiin tai raskaisiin lähipanssarintorjunta-aseisiin. Keskitorjunta-alue ulottuu 600 metristä 2500 metriin. Kaukotorjunta-alue kattaa 2500 – 4000 metriä. Panssarintorjuntajärjestelmistä, joilla kyetään yli 4000 metrin ampumaetäisyyksiin, voidaan käyttää nimitystä pitkän kantaman panssarintorjuntajärjestelmät. Esimerkkejä pitkän kantaman panssarintorjuntajärjestelmistä ovat muun muassa Spike ER (Extended Range) ja Hellfire Longbow.

#### 6.4.1.2.1 Olalta ammuttavat panssaritorjunta-aseet

Olalta ammuttavat panssarintorjunta-asejärjestelmät on suunniteltu käytettäväksi laajaa maalikirjoa vastaan, kuten taistelupanssarivaunuja, rynnäkköpanssarivaunuja, asutuskeskusrakenteita, asepesäkkeitä ja henkilöstöä. Tämän lisäksi osalla järjestelmistä on mahdollista ampua erikoisampumatarvikkeita, kuten savuja ja valaisiummuksia. Useinkaan sama asejärjestelmä ei ole tehokas kaikkia edellä mainittuja maaleja vastaan. Olalta ammuttavat asejärjestelmät voivat olla joko ladattavia tai kertakäyttöisiä.

Viimeaikoina olalta ammuttavien asejärjestelmien kehittämistä on ohjannut asutuskeskustaistelun asettamat vaatimukset. Uudet teknologiat ja ampumatarvikkeet on kehitetty tukemaan tätä päämäärää. Joka tapauksessa useiden maiden suuret valmiusvarastot ja kehitystyön korkeat kustannukset ovat ohjanneet kehitystä olemassa olevien järjestelmien modifiointiin.

Asutuskeskusympäristössä olalta ammuttavilla asejärjestelmillä täytyy olla mahdollisuus ampua suljetusta sisätilasta. CS (Confined Space) -kyky on jo olemassa joissakin käytössä olevissa asejärjestelmissä, mutta kehitystyön voidaan nähdä jatkuvan siten, ettei laukaisutapahtumasta jäisi juuri lainkaan herätettä. Sinkoaseilla CS -kyky edellyttää vastamassaperiaatetta (Davis Gun).

Ladattaviin asejärjestelmiin (singot, raketiaaseet) on mahdollista kehittää ohjelmoitavia ampumatarvikkeita. Ohjelmoitavilla ampumatarvikkeilla saavutetaan hyvä suorituskyky asepesäkkeitä, suojaunutta jalkaväkeä ja maastoutettuja tuliasemia vastaan.

Panssarintorjuntaan tarkoitettujen ampumatarvikkeiden osalta painopiste on ollut panssarin läpäisyn kehittämisessä. Taistelupanssarivaunun läpäiseminen etusektorista edellyttää nykyisin kaksoisonteloa (tandem – laukaus) ja yli 100 mm pääpanosta.

Asutuskeskus taistelualueena asettaa vaatimuksia myös ampumatarvikkeiden kyvyille läpäistä asutuskeskusrakenteita ja vaikuttaa esimerkiksi huoneen sisällä. Panssarintorjuntaan suunnitellut ontelopanakset läpäisevät jopa 2 metriä teräsbetonia, mutta tekevät vain pienen reiän, ja vaikutus rakennuksen sisällä on heikko. Tavalliset sirpalelaukaukset taas eivät pysty läpäisemään vahvaa seinärakennetta. Tämän vuoksi rakennetun alueen taisteluun olalta ammuttaviin panssarintorjunta-asejärjestelmiin on kehitetty ja kehitetään erilaisia monitoimiammuksia ja termobaarilaukauksia.

Rakennusten ja bunkkerien tuhoamiseen suunnitellussa monitoimilaukauksessa on yleensä yhdistetty kaksi panosta. Ontelo- tai EFP-panoksella tehdään seinärakenteeseen reikä, jonka läpi ”ammutaan” muutaman millisekunnin viiveellä sytytettävä sirpale- tai termobaarinen panos. Tällaisesta monitoimilaukauksesta käytetään nimitystä FTB (Follow-Trough Bomb). Esimerkki FTB-laukauksesta on Pzf 3 Bunkerfaust -laukaus. Monitoimiammuksen sirpalepanoksen sytytysviivettä voidaan yleensä säätää siten, että sirpalepanos räjäytetään ontelopanaksen tekemässä aukossa eikä rakennuksen sisällä. Näin seinään saadaan kyllin suuri aukko, jotta taistelija voi mennä siitä rakennuksen sisään. Israelilaisen Rafael’in valmistamassa Wallbuster –ammuksessa on erikoismallinen

(ring-type) ontelopanos, jolla voidaan räjäyttää 90 cm kulkuaukko 200 mm teräsbetoniseinään.

MEP (Modular Explosive Penetrator) monitoimiammuksen toiminta perustuu taas räjähdysaineella täytettyyn projektiiliin. Projektiili läpäisee seinärakenteen liike-energiansa avulla, ja muutaman millisekunnin viiveellä sytytetty räjähdysainepanos tuhoaa kohteen sisäpuolelta. RUAG on kehittänyt MEP-laukauksen RPG-7 ja Pzf 3 -sinkoihin. Projektiili läpäisee 12.5 mm RHA terästä, 50 mm alumiiniseosta, 250 mm teräsbetonia tai 1.2 m hiekkasäkkejä. Uusin MEP – laukaus on RUAGin ”Ka-Bar”, jossa on tandem – ontelopanos vahvistetun ammuskuoren sisällä. Ammuttaessa kovaan panssariin laukaus toimii kuten tandem-ontelopanos, ja rakennuksen seinässä kuten MEP-laukaus.

SMAW HEDP (Talley Defense) ammuksessa on sytytin, joka tunnistaa seinärakenteen lujuuden. Sytytin räjäyttää panoksen hieman pidemmällä viiveellä, jos ammus osuu pehmeään seinään. Siten ammus räjähtää vasta rakennuksen tai ajoneuvon sisällä, ja vaikutus on suurempi. Rafael’in Bunkerbuster -laukaus on myös tällainen kohteeseen mukautuva tärylaukaus. MATADOR -kertasingossa (Man portable Anti-Tank Anti-DOoR) on muotoutuva 90 mm ontelo-panos. Panssaria vastaan ammuttaessa tarvittava stand-off etäisyys saadaan aikaan ammuksen pitkässä kärjessä olevalla iskusytyttimellä. Rakennusta ammuttaessa valitaan toiminta, jossa ontelopanos muotoutuu seinän pinnan mukaan ja toimii kuten täryammus, puhkaisten kaksinkertaiseen tiiliseinään 450 mm aukon.

Ensimmäiset termobaariset taistelulaukaukset kehitettiin entisessä Neuvostoliitossa. Ensimmäinen ja tunnetuin on RPO-A ”Shmel” (”Kimalainen”), ja myöhemmin RPG-7 ja RShG-1 ja 2 -sinkojen ammukset. Alkuperäisessä venäläisessä ampumatarvikkeessa tehoaineena oli hyytelö, joka sisälsi RDX -räjähdysainetta, hienojakoista alumiinijauhetta ja isopropyylinitraattia. Länsimaissa termobaariset taistelulaukaukset on otettu käyttöön aivan viime vuosina. Uudemmissa termobaarisissa laukauksissa käytetään kiinteitä aineseoksia.

### **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Lähitulevaisuuden kehitys tulee olemaan lähinnä olemassa olevien asejärjestelmien modifiointia. Muutamia uudentyyppejä aseita tulee palveluskäyttöön, kuten NLAW ja Shipon. Perinteisten aseiden osuvuutta pyritään parantamaan kehittämällä nykyistä parempia laskintähtäimiä ja sensoreita.

Asutuskeskusympäristöön soveltuvat ampumatarvikkeet (HE ja Thermobaric) tulevat yleistymään palveluskäytössä olevien asejärjestelmien ampumatarvikkeita kehittämällä. Kevyet kertasingot säilyvät palveluskäytössä ns. jokaisen taistelijan järjestelminä. Niiden kykyä vaikuttaa keveisiin panssarivaunuihin kehitetään ontelopanosien läpäisyä kasvattamalla ja uusia tandem -laukauksia kehittämällä. Mutta suurin kehityskohde tulee olemaan asutuskeskustaisteluun soveltuvien taistelulatausten kehittämisessä. Lisäksi keveiden kertasingojen tähtäiminä yleistyvät optiset tähtäimet, jotka mahdollistavat tuli-toiminnan pimeällä esimerkiksi stereopimeänäkölasiä avulla.

## Kehitys keskipitkällä aikavälillä (...2020)

Keveissä olalta ammuttavissa asejärjestelmissä tulee olemaan vakio-ominaisuus, että pimeällä ampuminen voidaan toteuttaa joko erillisen pimeätähtäimen avulla tai punapistetähtäimen ja pimeänäkölasiensä kombinaatiolla. Olalta ammuttavien ohjusjärjestelmien pimeänäkölaitteiksi keskipitkällä aikavälillä muotoutuu jäädyttämätön lämpötähtäin. Sinkoaseisiin kyseisen sensorin integroiminen on vaikeaa. Kevyet laskintähtäimet otetaan palveluskäyttöön sinkoaseissa. Laskintähtäimet ovat kehittyneitä ammunnanhallintajärjestelmiä, joiden avulla voidaan toteuttaa esimerkiksi ballistinen korjaus (lämpötila, tuuli) ja sytyttimien ohjelmointi.

Ampumatarvikkeiden kyky läpäistä seiniä ja rakenteita on palveluskäytössä keskipitkällä aikavälillä. Termobaariset taistelulataukset ovat yleisessä palveluskäytössä.

## Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)

CS -kyky on vaatimus jokaiseen järjestelmään. Laskintähtäimet (ammunnanhallintajärjestelmät) on kehitetty sellaiseksi, että tiedonvaihto ampumatarvikkeen ja ammunnanhallintajärjestelmän välillä on mahdollista. Palveluskäyttöön on tullut asutuskeskustais- teluun erikoisesti kehitettyjä järjestelmiä tai ampumatarvikkeita. Olalta ammuttaville asejärjestelmille on myös käytössä muuta toimintaa tukevia ampumatarvikkeita, kuten savuammuksia, IR -savuja, NL -ammuksia ja erilaisia sensorilatauksia.

### 6.4.1.2.2 Panssarintorjuntaohjusjärjestelmät

Panssarintorjuntaohjusjärjestelmiä käytetään hyvin laajaa maalivalikoimaa vastaan, kuten taistelupanssarivaunuja, keveitä vaunuja, taisteluajoneuvoja, asutuskeskusrakenteita ja asepesäkkeitä. Palveluskäytössä olevat ohjukset kykenevät vaikuttamaan kaikkiin maalityyppeihin, mutta mikään käytössä olevista ohjuslaukauksista ei ole sellainen, että se olisi tehokas kaikkiin maalityyppeihin.

Pääosa vielä nykyisin palveluskäytössä olevista järjestelmistä on lankaohjattuja (SAC-LOS). Pieni osa ohjusjärjestelmistä on laser-säteen seuraajia, ammu ja unohda -ohjattuja tai kuituohjattuja. Ohjuksia voidaan käyttää ajoneuvoasenteisena, kolmijalalta tai jopa ampua olalta. Pääosa ohjuksista lentää LOS -lentorataa. Osa ohjuksista lentää maalin yli ja panos toimii maalin kattorakenteisiin 30...90 asteen kulmassa (Bill 1, Bill2, TOW 2B ja NLAW).

Monimutkaiset ja raskaat järjestelmät tulevat mitä todennäköisimmin olemaan myös tulevaisuudessa ajoneuvoasenteisia. Ajoneuvoasenteisten ohjusjärjestelmien vaatimukse- na on kyky ladata järjestelmä uudelleen panssarinsuojassa ja integroida ohjautusjärjes- telmä vaunun torniin.

Lähitulevaisuudessa otetaan käyttöön niin sanottuja BLOS (Beyond Line Of Sight) jär- jestelmiä, joiden ohjautus perustuu kuituohjaukseen tai säteen seurantaan. Kuituohjau- s (valokuitu ohjuksen ja ampumalaitteen välillä) mahdollistaa ampujalle ohjuksen haku-



pään välittämän kuvan näkemisen lennon aikana ja tarvittaessa maalin vaihdon. Ohjusjärjestelmät, joilla on NLOS -kyky (Non Line Of Sight) voidaan ohjauttaa myös ”ammu ja unohda” -käyttötavalla.

Pitkän kantaman ohjukset voidaan ohjauttaa maalialueelle GPS:n avulla ja loppulähes-tyminen maaliin hoidetaan esim. laser-valaisulla. Rakennetuilla alueilla mahdollisuus vaihtaa lentorataa (korkea/matala) tulee olemaan ehdoton vaatimus tulevaisuudessa.

Panssarintorjuntaohjusten päämaalina on ja tulee olemaan taistelupanssarivaunu ja muut panssaroidut ajoneuvot. Myös panosten kyky läpäistä reaktiivipanssari ja omata riittävä jälkiläpäisykyky tulee säilymään. Uusien järjestelmien kykyä väistää panssarivaunujen omasuojajärjestelmiä (DAS) kehitetään. Tulevaisuudessa ohjuksia varustetaan erityyppisillä taistelulatauksilla (termobaari, tandem, HE), jotta tuhottavaa maalityyp-piä varten voidaan käyttää parhaiten soveltuvaa ohjustyyppiä. Erityisesti kyky vaikuttaa rakenteisiin ja bunkkereihin tulee olemaan tärkeää tulevaisuudessa.

### **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Olemassa olevia ohjusjärjestelmiä modernisoidaan vastaamaan kehittyneisiin uhkaske-naarioihin. Lähitulevaisuudessa tullaan tekemään voimakasta määrittelytyötä tulevai-suuden panssarintorjuntaohjuskonseptista (ampumaetäisyyksien määrittely, rakennettu alue, lentoajat ja järjestelmien painovaatimukset sekä tuhottavat maalit).

Matalan tason taistelunhallintajärjestelmiä tullaan integroimaan ampumalaitteisiin tai ryhmän tuliasemavälineistöön. CS -kykyä ohjusten osalta kehitetään ja thermobaric- sekä HPM -lataukset ovat tutkimuksen ja kehitystyön alla. Maat, jotka hankkivat täysin uusia ohjusjärjestelmiä tulevat päätyämään kolmannen sukupolven ohjusjärjestelmiin (ammu ja unohda/ ammu ja tarkkaile)

### **Kehitys keskipitkällä aikavälillä (...2020)**

Tutkimus erilaisten maalityyppien tuhoamisesta tähtäyslinjan/näkymäetäisyyden ulko-puolelta (BLOS) on käynnissä samoin kuin tutkimus ohjusten herätteen (VIS, NIR, UV, TIR ja tutkaheräte) pienentämisestä. Tutkimus ja kehitystyö asejärjestelmien kyvyssä väistää aktiivisia omasuojajärjestelmiä on käynnissä. Ohjusjärjestelmien ampumalait-teisiin kyetään liittämään taistelunhallinta- ja tehtävänsuunnittelujärjestelmä. Moder-nien ohjusjärjestelmien tulitoiminnassa voidaan hyödyntää muiden sensorien – kuten lennokkien – maalittamiskykyä (”multi sensor tracking”).

Monitoimi-, thermobaric- ja HPM -taistelulataukset ovat palveluskäytössä panssarintorjuntaohjuslaukauksissa.

### **Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)**

Perinteiset toisen sukupolven panssarintorjuntaohjusjärjestelmät (SACLOS) ovat pois-tumassa/poistuneet palveluskäytöstä. Ohjusten hakupäitä on kehitetty siten, että sen-

sorifuusio on mahdollista. Kuvaa muodostavat millimetrialueen hakupäät ovat tulossa palveluskäyttöön uusissa ohjusjärjestelmissä.

Ohjusjärjestelmien taistelulatauksina käytetään perinteisten ontelolatausten lisäksi thermobaric-, monitoimi- ja HPM -taistelukärkiä.

### 6.4.1.3 Taistelujoneuvojen asejärjestelmät

Taistelujoneuvojen ja keveiden panssarivaunujen pääaseistuksena käytetään niin sanottuja keskikaliiperin asejärjestelmiä. Keskikaliiperin asejärjestelmien maaleina ovat taistelujoneuvot, aluemaalit, asutuskeskusrakenteet, henkilö- ja ilmamaalit. Asejärjestelmien ampumatarvikevalikoimien tulee olla suhteellisen monipuolinen, jotta kaikkiin edellä mainittuihin maaleihin voidaan vaikuttaa. Uusimpana kehitysalueena ovat erityyppiset ”ei-tappavat” (non-lethal capabilities, NLC) järjestelmät, joita tarvitaan erityisesti kriisinhallintaoperaatioissa.

Teknologisen kehityksen myötä (sensorit, taistelunhallintajärjestelmät, omatunnistuslaitteet, omasuojajärjestelmät jne.) taistelujoneuvojen asetoineista on kehitetty hyvin monimutkaisia järjestelmiä.

Useat maat tutkivat parhaillaan mahdollisuuksia modernisoida nykyisin palveluskäytössä olevia vaunuasejärjestelmiä. Myös uudentyyppisten asejärjestelmäratkaisujen kehitystyö on meneillään. Nykyaikainen tornijärjestelmä on täysin vakautettu ja tornimiehistöön kuuluu kaksi henkilöä; johtaja ja ampuja. Ampujan sensorijärjestelmä sisältää lämpötähtäimet ja laskin- ja etäisyydenmittausjärjestelmän (ammunnanhallintajärjestelmä). Uusimmissa vaunuissa myös johtajalla on kehittynyt tähtäinjärjestelmä ja mahdollisuus käyttää vaunun pääasetta.

Nykyiset taistelujoneuvojen pääaset ovat pääosin 25x137 mm tai 30x173 mm:n kaliiperisia. Ampumatarvikevalikoima sisältää sirpale- (HE), monitoimi- (MP), panssaria läpäiseviä (AP ja APDS) sekä nuoliammuksia (APFSDS) tai niiden erilaisia variaatioita. CTA (Cased Telescopic Ammunition) -teknologia on kehitystyön alla.

### **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Lähitulevaisuudessa ei tule tapahtumaan mitään mullistavaa taistelujoneuvojen pääaseiden osalla. Sensoreita ja informaatiojärjestelmiä kehitetään edelleen ja kaliiperit tulevat säilymään 25–40 mm välillä. Ohjelmoitavien ampumatarvikkeiden ja nykyistä suorituskykyisempien nuoliammusten (APFSDS) voidaan olettaa tulevan palveluskäyttöön. ETC (Electro Thermal Chemical) -aseita kehitetään kyseisen ajanjaksona.

### **Kehitys keskikaliiperillä aikavälillä (...2020)**

Palveluskäytössä olevia keskikaliiperin asejärjestelmiä on modifioitu useita kertoja. Uusiin teknologioiden käyttöönotto on mahdollistanut ajoneuvojärjestelmien varustamisen

kauko-ohjatuilla torneilla (Remotely Controlled Weapon Stations, RWS). Kehittynyt sensoriteknologia on mahdollistanut sensorifuusion sensori- ja taistelunhallintajärjestelmissä.

Pääaseiden kaliiperi on kehityksestä huolimatta säilynyt 25–40 mm:n kaliipereissa. ETC -asejärjestelmät on otettu palveluskäyttöön (mikäli suorituskyvyn lisäys on ollut verrannollinen järjestelmän kustannuksiin). Uudentyyppiset ruudit ja ETC -teknologia ovat mahdollistaneet nykyistä suuremmat suuenergiat. Uusilla räjähdysaineilla mahdollistetaan nykyistä suurempi teho maaleissa. IM (Insensitive Munition) -teknologian käyttö ampumatarvikkeiden valmistuksessa on mitä todennäköisimmin pakollinen vaatimus.

### **Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)**

Useimmissa taisteluajoneuvojen pääasejärjestelmien ampumatarvikkeissa käytetään ohjelmoitavia sytyttimiä. Uusia ampumatarvikkeita, joilla kyetään vaikuttamaan huomattavasti nykyistä suurempaan maalikirjoon, on kehitetty. Kehitystyön alla olevat aseet on valmistettu uusista materiaaleista ja aseiden kaliiperi tulee olemaan kompromissi painon, ampumatarvikkeitä ja suorituskyvyn summasta. Voidaan kuitenkin todeta, että aseiden kaliiperi ei välttämättä tule kasvamaan.

#### 6.4.1.4 Kranaatinheitinjärjestelmät

### **Nykyinen tilanne**

Pienoisheittimissä (<81 mm) standardi kaliiperi on 60 mm, joka on ryhmän kannettava kranaatinheitin. Muutamia 51 mm malleja, ns kommandoheittimiä, on käytössä. Jotkin armeijat ovat tutkimassa mahdollisuutta muuttaa standardi 81 mm heitin 60 mm heittimeksi lähinnä liikuteltavuuden paranemisen ja 60 mm ampumatarvikkeen kantaman paranemisen johdosta. Keskikaliiperin (81 mm) kranaatinheitintä ei ole kehitetty samassa määrin kuin 120 mm kranaatinheitintä, mutta pidemmän kantaman putki ja virtaviivainen ampumatarvike sille on kehitetty.

Raskaalla kranaatinheittimellä (120 mm) on tapahtunut viimeaikoina merkittävää kehitystä. Raskaalla kranaatinheittimellä on kuorma-ammuksia, ohjautuvia ampumatarvikkeita ja yhdistettyjä ohjautuvia ja kuorma-ammuksia. Lisäksi kranaatinheitinajoneuvoissa kehitys on merkittävää (torniasenteisia tai itseliikkuvia).

### **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Uusia dramaattisia muutoksia tai täysin uusia järjestelmiä ja teknologioita ei tule käyttöön. Kranaatinheitinajoneuvojen automaattinen ampumatarvikkeiden käsittely otetaan käyttöön. Vähemmän herkkien tai epäherkkien ampumatarvikkeiden kehitys esitellään. HPM (mikroaalto) ja thermobariset ampumatarvikkeet on kehitetty kuten myös ”ei tappavat ampumatarvikkeet”. Ammunnahallinta- ja johtamisjärjestelmien kehitys mahdollistaa aikaisempaa liikkuvamman ja hajautetumman tuliasematoiminnan sekä josta-

vamman tulenkäytön ml. tehokkaan tulenkäytön optimoinnin sekä ampumatarvikkeiden laadun että määrän suhteen.

### **Kehitys keskipitkällä aikavälillä (...2020)**

Erittäin tarkat ampumatarvikkeet kehitetään. Automaattinen ampumatarvikkeiden käsittely on käytössä. Ohjautuminen parantuu ja tarkentuu 120 mm ampumatarvikkeilla. Ohjautumista ei todennäköisesti oteta käyttöön pienemmän kaliiperin ampumatarvikkeissa, sillä kustannukset pienemmälle ja isommalle kaliiperille ovat samat.

Pienempien kaliiperin ampumatarvikkeiden hinta tulee liian suureksi, jolloin on parempi investoida tehokkaimpaan ampumatarvikkeeseen. Kuorma-ammusten suorituskyky paranee. Kranaatinheitinjoneuvot on kehitetty loppuun ja otettu käyttöön. Kranaatinheittimistöille on monitoimisia sytyttimiä, jotka soveltuvat automaattilataukseen, ampumatarvikemakasiineihin jne.

Kehitetään ampumatarvikkeita (120 mm), joissa raketin työntövoimaa (ohjausta) voidaan muuttaa lennon aikana. Ampumatarvikkeisiin (120 mm) liittyvää lähtönopeuden mittausta kehitetään raketeilla ja ohjautuvilla ampumatarvikkeilla. Olemassa oleviin 120 mm ampumatarvikkeisiin tulevat lisättävät halvat lentorataa korjaavat lisälaitteet. Ampumatarvikkeiden yhteensopivuus lisääntyy standardisoimalla rajapinnat perästä laadattavilla 120 mm kranaatinheittimillä ja ampumatarvikkeilla. Osalla kranaatinheitinjoneuvoista on kyky ampua liikkeestä. Ampumatarvikkepakkaukset ovat yhdistettyjä ja helpottavat automaattista käsittelyä (sytytin/ kranaatti/ panokset/ jne). Kranaatinheittimien käyttö MOU -operaatioissa tehostuu parantuneen yläkulma/ alakulma ammunta-kyvyn sekä parempien sytyttimien/ laukausten ja ammunnanhallinnan ansiosta. HPM (mikroaalto)- ja thermobariset ampumatarvikkeet on otettu käyttöön. Ei tappavat ampumatarvikkeet ovat myös käytössä.

### **Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)**

Kuten keskipitkän ajan kehitys sisältäen seuraavaa: Uusien materiaalien käytöllä pyritään painon vähentämiseen. Ajoneuvoasenteisten kranaatinheittimien käyttö lisääntyy. "Älykäs" ampumatarvike on yleisemmin käytössä.

#### 6.4.1.5 Taistelupanssarivaunujen asejärjestelmät

Pääaseen kaliiperiksi on länsimaissa vakiintunut 120 mm ja Venäjällä 125 mm. Panssaria läpäisevänä pääampumatarvikkeena käytetään nuoliammusta (APFSDS). Saavutettava suuenergia nykyisillä nuoliammuksilla (materiaali volframi tai DU, pituuden suhde halkaisijaan; L/D noin 30) lähtönopeudella 1600–1800 m/s on noin 9–12 MJ ja saavutettava läpäisy 650–950 mm RHA.

Nykyaikaisimman taistelupanssarivaunujen etupanssaroinnin läpäisyn on laskettu vaativan noin 18 MJ:n suuenergiaa. Lisääntyvää läpäisyvaatimusta on pyritty täyttämään muun muassa parantamalla nuoliammusten materiaalisia ja rakenteellisia ominaisuuksia.

sia, suurentamalla kaliiperia, pidentämällä putkea ja kasvattamalla ammuksen lähtönopeutta.

Nykyisillä kokeilunuoliammuksilla läpäisy panssariteräkseen on yli metri nuolen halkaisijan ollessa 25 mm ja massan noin 5 kg. Ammusten nopeus on yli 1700 m/s.

Kehityssuuntana nuoliammuksissa on edelleen niiden pituuden kasvattaminen ja maalliballististen ominaisuuksien parantaminen etenkin vinoja monikerrosmaaleja vastaan. Materiaaleina nuoliammuksissa ovat paikkansa vakiinnuttaneet volframiseokset ja köyhdytetyn uraanin seokset. Nuoliammuksissa niiden jäykkyyttä parantava vaippa tulee yleistymään. Vaipan avulla pienennetään nuolen taipumista laukausvaiheen sekä läpäisyn aikana. Alumiiniset irto-ohjaimet (sabotit) tulevat korvautumaan kevyemmällä esimerkiksi hiilikuidusta valmistetuilla ohjaimilla.

### **Kehitys lähitulevaisuudessa (...2015)**

Lähitulevaisuudessa taistelupanssarivaunujen tulivoimassa ei tapahdu suuria muutoksia nykyiseen. Automaattinen maalinseuranta (auto-tracker) yleistyy ammunnanhallintajärjestelmän osana ja panssarivaunujen pääaseella ammuttavat ohjukset saatetaan ottaa käyttöön myös länsimaissa (LAHAT). Tämän lisäksi asutuskeskustaisteluun soveltuvat ampumatarvikkeet (HE, MP, NLC) tulevat palveluskäyttöön. Ampumatarvikekehityksessä huomioidaan myös käytettävyyden matalalla lentäviä ilmamaaleja vastaan (helikopterit).

### **Kehitys keskipitkällä aikavälillä (...2020)**

Suuenergian nosto lähiajan teknologialla on mahdollista modifioimalla nykyinen 120 mm:n pääase käyttämään kiinteän ajoaineen ja sähkökemiallisen energian yhdistelmää (SPETC: solid propellant electrothermal-chemical). Ratkaisussa käytetään sähköenergiällä aikaansaatuja plasmia sytyttämään kiinteää ainetta oleva pääpanos.

Perustutkimus on toteutettu Soreqin ydintutkimuslaitoksessa Israelissa, tutkimustyötä jatketaan mm USA:ssa, Ranskassa ja Saksassa. Mahdollisia panssarivaunusovelluksia suunniteltaessa ei ole vielä pystytty arvioimaan, onko aseiden tilantarve pienempi kuin 140 mm:n panssarivaunutykin vaatima tila.

Sähköenergiaa käyttävien tykkien käyttöön liittyvää tutkimusta jatketaan. Esimerkkeinä voidaan mainita ETC- (Electro-thermal-chemical) ja EM (Electromagnetic) -tykit. Englannin tutkimuslaitoksessa on ammuttu EM-tykillä nuoliammuksia 1730 m/s lähtönopeuksilla ja koelaukauksia jopa 2340 m/s.

Ratkaisematon ongelma on kuitenkin tarvittava energiamäärä. Nykyisellään 15 MJ:n suuenergian saavuttamiseen tarvittavan energiamäärän varastoiminen (50 MJ) edellyttää uusimmallakin teknologialla noin 7 m<sup>3</sup> tilavuutta. Uuden sähkömagneettiseen energiaan perustuvan asetekniikan käyttöönotto on odotettavissa aikaisintaan vuonna 2020.

## Kehitys pitkällä aikavälillä (...2025)

Vuoteen 2020 mennessä täysin uusi sähköajoneuvoteknologia (Direct fire Platform, DFP, future Combat System, FCS) on otettu palveluskäyttöön. Järjestelmä on kallis, joten pääosa joukoista on varustettu perinteisillä taistelu- ja rynnäköpanssarivaunuilla.

DFP:n maalinhavaitsemisjärjestelmä on erilaisten sensorien ja C4I2 -tietoverkon muodostama järjestelmä osana verkostokeskeiseen sodankäyntiin soveltuvaa taistelunhallintajärjestelmää. Maalinhavaitsemisjärjestelmän avulla suora-ammuntalavetin (DFP) miehistön on tiedettävä vastustajan sijainti ja mahdollinen liikesuunta. Digitalisoidussa toimintaympäristössä DFP:n tähytys- ja valvontajärjestelmät on automatisoitu.

Suora-ammuntalavettien (DFP) ensisijaisina maaleina ovat vastustajan suora-ammuntalavetit ja modernit taistelupanssarivaunut. DFP:n asejärjestelmällä kyetään tuhoamaan päämaalien lisäksi myös vastustajan raskaasti panssaroituja taistelu- sekä tukiajoneuvoja ja rakennuksiin tai rakenteisiin suojautuneita jalkaväkipartioita.

DFP:llä on kyky puolustautua vastustajan helikoptereita vastaan niiden tehokkaan suora-ammuntaetäisyyden (LOS) puitteissa. Asejärjestelmä mahdollistaa:

- 360° tarkkan tulitoimintakyky
- automaattisen lataustoiminnon
- kyvyn ampua katveen taakse (NLOS)

Apuaseistus on tarkoitettu itsepuolustukseen jalkaväkeä ja vastustajan panssarintorjunta-aseita vastaan (mieskohtaiset ja ryhmäaset). Apuaseistuksella on myös kyky vaikuttaa kevyesti panssaroituihin ajoneuvoihin. Tämän lisäksi DFP:n asejärjestelmä sisältää "ei tappavia" asejärjestelmiä (Non Lethal Weapons), kuten:

- elektromagneettisia järjestelmiä
- kumiammuksia
- ei-tappavia kaasuja ja savuja

Ammunnanhallintajärjestelmä mahdollistaa "joka sään" toimintakyvyn (sensorifuusio; VIS, NIR, TIR) ja maalin tunnistamisen pääaseen tehokkaalle ampumaetäisyydelle. Ammunnanhallintajärjestelmä perustuu multisensorijärjestelmään, joka mahdollistaa automaattisen monimaalinhavainnoinnin, maalien tärkeysluokituksen ja maaliseuran. Järjestelmän tulee lisäksi avustaa ampumapäätöksessä ja tulitoiminnassa. Asejärjestelmän (-järjestelmien) uudelleen lataaminen on automatisoitu.

Järjestelmän suorituskykyä nykyiseen verrattuna on lisätty uusilla teknologioilla, kuten:

- uusilla ajoaineilla ja ruudeilla
- ETC -aseilla
- miehittämättömillä torniratkaisuilla ja
- uudentyypisillä ampumatarvikkeilla

#### 6.4.1.6 Iskuportaan suluttamisjärjestelmä

**Iskuportaan suluttamisjärjestelmä** on kiinteä osa joukon tulivoimaa. Suluttamisella suojataan omaa toimintaa sekä hidastetaan, ohjataan ja estetään vastustajan liike tuottamen samalla tappioita. Suluttaminen käsittää miinoittamisen, hävittämisen, murrestamisen ja estetyöt, joiden yhteiskäytöllä pyritään haluttuun vastustajan operatiivista liikettä hidastavaan vaikutukseen.

Miinoittamisjärjestelmällä tarkoitetaan niitä välineitä ja menetelmiä, joilla miinat voidaan levittää halutulle paikalle haluttuna aikana. Iskuportaan toimintaa tuettaessa miinoittamisen tarkoituksena on pääsääntöisesti suojata iskuportaan joukkojen sivustat sekä tavoitteessa torjua vihollisen vastahyökkäykset. Sivustat suojataan manuaalisella miinoittamisella, joka tulevaisuudessakin säilyttää asemansa päämiinoittamisenmenetelmänä. Rakennettavat miinoitteet sisältävät vain panssari miinoja. Miinoitteet suojataan ja valvotaan sensoreilla ja tähysteisesti laukaistavilla miinoilla ja panoksilla kuten raskaila viuhkapanoksilla ja kylkimiinoilla. Lisäksi miinoitteisiin valmistaudutaan käyttämään panssarintorjunta-aseiden tulta ja epäsuoraa tulta.

Perinteinen panssari miinoite rakennetaan telamiinoista, sekä monitoimiherätesytytillä varustetuista telamiinoista. Miinoitteen tehoa parannetaan asentamalla osaan telamiinoista n. 20 kg lisäpanos, jonka tarkoituksena on vaikeuttaa vihollisen mekaanisesti toteuttavaa raivaamista. Lisäksi osa telamiinoista varustetaan manuaalisen raivaamisen estävillä panoksilla.

Kaukomiinoittaminen toteutetaan MLRS-järjestelmään kuuluvilla AT-2 panssari miinoja sisältävillä raketeilla, joita käytetään esimerkiksi oman vastahyökkäysten suojaamiseen, vihollisen hetkelliseen pysäyttämiseen tai sen läpimurron torjuntaan.

Panostamisjärjestelmä koostuu välineistä ja menetelmistä, joita käytetään suluttamisessa teiden ja siltojen hävittämiseen sekä erilaisten murresteiden tekemiseen. Panosjärjestelmä koostuu tarkoitukseen valmistetuista panoksista, kiinnittämiseen tarvittavista välineistä työkaluineen sekä sytytysvälineistöstä.

Siltojen hävittämiseen on kehitetty erilaisia katkaisupanoksia kiinnittämisyjärjestelmiin. Näiden järjestelmien tarkoituksena on yksinkertaistaa ja nopeuttaa panosten sekä sytytysjärjestelmien rakentaminen sillan eri osiin.

Panoksissa käytetään yhä enemmän suunnattuun räjähdykseen perustuvaa detonaatiota, jolloin tarvittavien panosten määrä, koko ja paino vähenee huomattavasti.

Esteiden tarkoituksena on estää tai hidastaa vihollisen liikettä. Esteiden rakentaminen on osa suluttamista, jolloin panssari miinoitteiden muodostamaa estearvoa lisätään erilaisia esteitä rakentamalla. Esteet rakennetaan panostamalla, erilaisilla työkonereilla tai käyttämällä valmiita esteitä. Erilaisia estetyyppejä ovat kaivannot ja murresteet (kallio-, rakennus- ja puumurreste).

Asutuskeskuksissa siirrettävinä esteinä voidaan käyttää teräs-, teräsbetonibetoni- ja ajoneuvoista rakennettuja esteitä

## 6.4.2 Iskuportaan taisteluliikejärjestelmä

**Iskuportaan taisteluliikejärjestelmä** muodostuu ajoneuvojärjestelmistä ja jalan liikkumisesta sekä näiden liikettä edistävästä taisteluteknisistä toiminnoista ja välineistä. Ajoneuvojärjestelmät muodostuvat tela- tai pyöräalustaisista taisteluajoneuvoista, kuljetus- ja järjestelmäajoneuvoista ja keveistä taktisista ajoneuvoista.

Iskuportaan tehokkaalla taktisella liikkumiskyvyllä kyetään joukot hajauttamaan laajalle alueelle ja näin vaikeuttamaan havaitsemista sekä pienentämään tulivaikutusta. Liikkumiskykyä, materiaali- ja häivetekniikkaa hyödyntämällä kyetään joukot siirtämään taistelukuntoisena ja salassa vaikutusalueelle.

Iskuportaan ajoneuvojärjestelmien on mahdollistettava maaston vapaa käyttö, nopeat suunnanmuutokset ja liikkeeseen perustuva suoja. Iskuportaan perinteisen taistelijoiden liikuttamisen lisäksi ajoneuvojen on mahdollistettava ase-, johtamis-, tiedustelu- ja tukijärjestelmien liikkumisen sekä suojan. Taisteluliikejärjestelmän osien on oltava kuljetettavissa nopeasti jopa eri puolilla maailmaa sijaitseviin toiminta-alueisiin.

Tulevaisuuden kehityksessä taistelijan ja ajoneuvon kehitys muodostaa yhtenevän kokonaisuuden. Ajoneuvo muodostaa taistelijalle suojan, antaa tulivoimaa, varastoi eri asejärjestelmiä, luo johtamisjärjestelmän paikallisen tukiaseman ja viime kädessä mahdollistaa taistelijan eri järjestelmien ylläpidon (virtalähdehuolto). Ajoneuvon kehityksessä voidaan niin ikään huomioida taistelijan kyky tuottaa tilannekuvaa sekä vaikuttaa osaltaan vastustajaan eri tyyppisillä asejärjestelmillä.

Nykyisen kaltaisen tela-alustaisen taistelu- ja rynnäköpanssarivaunun odotetaan säilyvän käytössä vähintään 2020- luvulle saakka. Useiden maiden kehitysohjelmissa puhutaan jopa 2030-luvusta. Tästä syystä kalustolle suoritetaan päivitys- ja modernisointeja (MLU, MLI) suorituskyvyn ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi.

Suojan osalta kehityksen painopiste on aktiivisten omasuojajärjestelmien käytettävyydessä. Tätä kehityspolkua korostaa erityisesti kansainvälisistä kriisinhallintaoperaatioista saadut kokemukset. Rakennetulla alueella käydyissä taisteluissa, missä tarkka-ampujien ja erityyppisten tienvarsipommien aiheuttama uhka poikkeaa merkittävästi perinteisestä suunnittelun lähtökohdasta, on ajoneuvojen olemassa olevaa suojausta parannettava uusien järjestelmien käytöllä.

Liikkuvuuden osalta painopiste on kannatinlaitteiden ja jousituksen ja edeltäjiään tehokkaampien mutta pienempien voimalähteiden hyödyntämisessä. Virran tuottamisesta ja varastoimisesta (esim polttokennot) on tulossa eräs merkittävä uudistus nykyjärjestelmiin.



Johtamisjärjestelmät kehittyvät osana verkostokeskeisen (NCW) sodankäynnin vaatimuksia. Tilannetietoisuus taistelukentällä, oman sijainnin määrittely, maalien tunnistaminen sekä reaaliaikainen tiedonsiirto mahdollistavat vaikuttamisen, liikkeen ja suojan tehokkaamman käytön ja yhteensovittamisen.

Asejärjestelmien osalta kehityksessä korostuvat ampumatarvikkeiden suorituskyvyn ja monikäyttöisyyden vaatimukset sekä erityyppisten hybridi- ja kauko-ohjattavien järjestelmien käyttöönotto. Asejärjestelmät integroituvat osaksi johtamisjärjestelmiä, jolloin esimerkiksi maalin seuranta, tunnistaminen sekä sensoreiden tuottamat uhkatiedot täydentävät käytössä olevaa tilannekuvaa.

Vaunun painoa sekä ulkoisia mittoja ei ole mahdollista merkittävästi lisätä ilman, että ne rajoittaisivat panssarivaunujen liikkuvuutta tai kuljetettavuutta. Tiestön, siltojen, kuljetus-, ja ylimenokaluston kantavuus sekä voimansiirtokomponenttien tehonvälityskyvyn suhde niiden kokoon rajoittavat myös painon nousua. Nykyisenkaltaiseen konstruktiin perustuvan tela-alustaisen vaunun painorajana voidaan pitää noin 65–70 tonnia taistelupanssarivaunulla ja 30–35 tn rynnäköpanssarivaunulla.

Pitkällä aikavälillä tela-alustaisten rynnäkö- ja kuljetuspanssarivaunujen kehittyminen ja uusien teknologisten mahdollisuuksien kuten sähköinen voimansiirto sekä aktiivisten omasuojajärjestelmien käyttöönotto mahdollistaa tela-alustaisten ajoneuvoperheiden muodostamisen, jossa samaan alustarakaisuun perustuen muodostetaan modulaarinen maa-ajoneuvolavetti käytettäväksi eri tehtäviin.

Lavetin tulivoimaelementtejä, suojaustasoa sekä muita osajärjestelmiä kytetään muuttamaan modulaarisesti. Uusien älykkäiden materiaalien ja omasuojajärjestelmien käyttöönottamisella lavetin paino saadaan pysymään varustuksesta riippuen 15–45 tonnin luokassa. Perinteiset taistelu-, rynnäkö-, ja kuljetus- ja järjestelmäpanssarivaunutehtävät toteutetaan maa-ajoneuvolavetin alustalle tehtäväkohtaisesti määritellyllä varustuksella. Keskeistä on ajoneuvolavetin muunneltavuus ja soveltuvuus useampaan tehtävään.

Perinteisesti ajoneuvon roolina on ollut toimia asejärjestelmäalustana ja tuottaa henkilöstölle tarvittava miina-, ballistinen-, ja NBC-suojaus, sekä itsepuolustuskyky suojautuneena panssaroinnilla. Tulevaisuudessa taistelujärjestelmän osana ajoneuvon tulee kyetä lisäksi:

- laajennettuun materiaalin, välineistön ja sensoreiden kuljettamiseen.
- sähköntuottoon eri järjestelmille kuten ryhmä- ja ajoneuvon viestivälineet, optroniset laitteet ja sensorit.
- toimimaan välitysasemana taistelukentän tiedonsiirtoverkossa
- toimimaan perusasemana taistelukentän johtamisjärjestelmässä (BMS Battlefield Management System), jossa yhdistetään reaaliaikainen tiedustelu, valvonta ja tulenkäyttö.

Pyöräajoneuvokaluston käyttö tela-ajoneuvojen rinnalla tulee lisääntymään. Pyöräalustaisten vaunujen etuja verrattuna tela-alustaisiin ovat alhaisemmat käyttö- ja kokonaiskustannukset, suurempi kuljetuskapasiteetti ja parempi tieliikkuvuus. Pyörillä liikkuvien vaunujen maastoliikkuvuus lähestyy tela-alustaisten vaunujen liikkuvuutta. Pyöräalustaiset vaunut eivät kuitenkaan kokonaan syrjäytä teloilla liikkuvia panssarivaunuja.

Uusimpien tekniikoiden käyttöönotto ja moottorien, voimansiirron ja jousituksen kehittyminen tasaa perinteistä maastoliikkuvuuseroa tela- ja pyöräkaluston välillä. Käyttämällä hydropneumaattista puoli- tai täysaktiivista erillisjousitusta, sijoittamalla akselistoon useampia kääntyviä pyöräpareja sekä ohjaamalla renkaita erillisillä rengas/ napamoottoreilla parannetaan maastoliikkuvuutta. CTIS (Central Tyre Inflation System)-järjestelmä mahdollistaa renkaiden ilmanpaineen vaihtamisen ajon aikana. Pyöräkalustossa ollaan siirtymässä tela-ajoneuvojen tapaan modulaarisiin ajoneuvoihin, joissa samaan perusrakenteeseen voidaan tehdä 4x4, 6x6, 8x8 tai 10x10 -alustaisia ajoneuvoja.

Toiminnallisesti **liikkeenedistäminen** jaetaan raivaamiseen, tienpitoon ja ylimenoon. Taisteluteknisen liikkeenedistämisen päämääränä on mahdollistaa iskuportaan ajoneuvojen ja jalan liikkuvien taistelijoiden liike lähtöasemasta tavoitteeseen maastoitse miinoitteiden, rakennettujen esteiden, kaivantojen ja maastollisten esteiden läpi. Iskuportaan taistelutekninen liikkeenedistäminen muodostuu siltajärjestelmästä (LEO 2 L ja silta-auto), raivainjärjestelmästä (LEO 2 R) ja maastouran rakentamisesta. Taistelutekninen liikkeenedistäminen vesistö-/kuivaesteiden ja miinoitteiden läpäisyn osalta on tapahduttava ajallisesti minuuttiluokassa ja maastollisten esteiden läpäiseminen tunti-luokassa.

Iskuportaan siltajärjestelmä (MLC 70) sisältää sillan ja silta-alustan. Silta-alustana käytetään panssarivaunua (LEO 2 L) ja silta-autoa. Silta on molemmissa alustoissa sama (Leguan). Siltajärjestelmällä mahdollistetaan iskuportaan ajoneuvojen liike enintään 25 metrisen vesi- ja kuivaesteiden läpi. Iskuportaan raivainjärjestelmä sisältää iskuportaan paikantamisvälineet, räjähtävän raivaimen, iskuportaan muut raivaimet ja raivainalustan. Raivainjärjestelmällä mahdollistetaan iskuportaan ajoneuvojen liike tiestöllä tai aukeilla alueilla olevien suojamiinoitteiden läpi sekä jalan liikkuvien taistelijoiden liike maastoitse suojamiinoitteiden läpi. Raivainalustalla on sama liikkuvuus kuin tuettavalla joukolla.

Järjestelmällä kyetään raivaamaan nopeasti tie-/aukealla alueella vähintään 100 m suojamiinoitteeseen ja 400 m sirote miinoitteeseen sekä maastomiinoitteeseen jalankulkijan menevä aukko 40 metrin syvyyteen.

Raivaamisjärjestelmän trendinä tulee pysymään yksittäisten miinojen paikantamisen kehittäminen. Vuoteen 2020 mennessä monet nyt kokeilussa olevat miinanpaikannusmenetelmistä ovat kehittyneet kenttäkelpoisiksi, esimerkiksi ultra-laajakaistatutka, mikrosähkömekaaniset laitteet (MEMS, Micro Electrical Mechanical Systems), laserindusoitu fluoresenssi, bioluminenssi ja multispektraalisensorit.

Maastoajoneuvouran rakentamisella mahdollistetaan iskuportaan ajoneuvojen eteneminen alueiden läpi. Taistelutekninen maastouran rakentaminen kattaa vain yksittäisien suppeiden alueiden rakentamisen tai tie-/maastovaurioiden korjaamisen. Suuremmat maasto- tai muiden ajoneuvourien rakentaminen kuuluu alueelliselle/operatiiviselle tasolle. Alueellisten tai operatiivisten joukkojen pioneeriyksiköt vastaavat maastoajoneuvouran rakentamisesta.

## 6.4.3 Taistelutekninen suoja

### 6.4.3.1 Suoja tiedustelulta ja valvonnalta

Suoja tiedustelulta ja valvonnalta voidaan jakaa aktiiviseen ja passiiviseen suojaan. Aktiivinen suoja käsittää ne välittömät torjuntatoimenpiteet, joilla pyritään estämään vihollisen toiminta. Oman toiminnan salassa pysyminen ei ole tällöin mahdollista. Passiivisen suojan tarkoituksena on estää oman toiminnan havaitseminen tai ainakin vaikeuttaa tarkan maalipisteen määrittämistä sekä toisaalta lisätä kohteen kestävyyttä asevaikutusta vastaan. Toimenpiteet ovat luonteeltaan ennaltaehkäiseviä. Suoja tiedustelulta ja valvonnalta on osa suojan kokonaiskonseptia. Suojakonseptilla tarkoitetaan joukolle kussakin taistelutilanteessa määriteltyjen keinojen ja menetelmien yhdistelmää, joilla suoja vihollisen tiedustelulta, valvonnalta ja asevaikutukselta pyritään hankkimaan.

Suoja voidaan hankkia rakenteellisilla ratkaisuilla, mies- ja joukkokohtaisilla välineillä ja näiden tarkoituksenmukaisella käytöllä kulloinkin vallitsevassa tilanteessa. Suojan toteuttamisen keinoja ovat linnoittaminen, panssarointi, maastouttaminen ja hajauttaminen, salaaminen ja harhauttaminen sekä liikkuvuus.

Asejärjestelmien osumatarkkuuden, olosuhderiippumattomuuden ja tehon kasvaessa yksikään suojan muoto ei tulevaisuudessa kykene yksinään antamaan riittävää kokonaissuojaa, vaan suoja hankitaan useita tapoja yhdistämällä. Tällöin valitaan yksi menetelmä päämenetelmäksi, jonka vaikutus suojan hankinnassa pyritään maksimoimaan ja muita menetelmiä käytetään päämenetelmän tukena. Muilla menetelmillä ei saa heikentää päämenetelmän vaikutusta. Lähes kaikkiin päämenetelmiin voidaan yhdistää valelaitteiden ja -toimintojen käyttö, joilla pyritään saamaan osa vihollisen resursseista kohdennettua muualle.

Hajauttaminen ja maastouttaminen sekä salaaminen ja harhauttaminen ovat tehokkaimmat keinot hankittaessa suoja tiedustelulta ja valvonnalta. Sensoriteknologian kannalta tiedustelun ja valvonnan välineet ja menetelmät ja niiltä suojautuminen voidaan jakaa seuraavasti

- ultraviolettialueella tapahtuva toiminta ja siltä suojautuminen naamiomaalaamalla
- visuaalisella alueella tapahtuvaa toiminta ja siltä suojautuminen
- lähi-infrapuna-alueella tapahtuva toiminta ja siltä suojautuminen (kuten yllä)
- termisellä alueella tapahtuva toiminta ja siltä suojautuminen lämpösäteilyä vähentämällä
- tutka-alueella tapahtuva toiminta ja siltä suojautuminen muotoilulla ja käyttämällä tutkanaamioverkkoja ja tutka-absorptiomateriaaleja.

Kehittyvä sensoriteknikka asettaa vaatimukset myös maastouttamiselle ja ilmasuojelulle. Häiveteknisiä ratkaisuja kehitettäessä tulee pyrkiä olemaan edellä sensoriteknologian kehittymistä. Häivetekniset vaatimukset tulee ottaa huomioon kaikessa taisteluvälineiden perussuunnittelussa.

Häivetekniikan alalla kehitetään kaikille joukoille kuuluvaa perusnaamiointia. Tämä käsittää perusnaamiomaalauksen eri vuodenojoille sekä erilaisiin ympäristöihin kuten metsä- ja kaupunkiympäristöt. Samoin kehitetään yksittäisen taistelijan tarvitsemää suoja

myös termisellä alueella. Esimerkiksi naamioverkkojen kehittämisessä huomioidaan sekä sensoritekniikan kehittyminen että toisaalta maastouttamismateriaalien kehittyminen.

Tärkeimmille taisteluvälineille ja -kalustoille kehitetään niille erityisesti suunniteltuja maastouttamisjärjestelmiä. Tällaiset järjestelmät suunnitellaan kullekin laitteelle erikseen huomioiden kohteen vaatimat erityispiirteet. Maastouttamisjärjestelmien hankinta on osa kaluston kokonaishankintaprosessia.

#### 6.4.3.2 Suoja tulivaikutukselta

Suoja tulivaikutukselta on osa nk suojakonseptia. Suojakonseptilla tarkoitetaan joukolle kussakin taistelutilanteessa määriteltyjen keinojen ja menetelmien yhdistelmää, joilla hankitaan suoja vihollisen ase- ja CBRN-vaikutukselta sekä säältä. Suojakonsepteja käytetään joukkojen suojan koulutuksen, materiaalin ja välineiden, resurssitarvearvioiden ja riskianalyyysien perustana. Konseptia sovelletaan tilannekohtaisesti eriteltynä sellaisille joukkokokonaisuuksille, joita vihollinen käsittelee tiedustelu- ja tulenkäyttöjärjestelmässään yhtenä maalina. Tästä syystä kohde voi olla tilanteesta riippuen esimerkiksi yksittäinen kontti, erillinen joukkue tai toimintapiste, puolustuksessa jopa kokonainen komppania.

Suoja hankitaan rakenteellisilla ratkaisuilla, mies- ja joukkokohtaisilla välineillä ja oikeilla toimenpiteillä. Suojan toteuttamisen keinoja ovat linnoittaminen, panssarointi, maastouttaminen ja hajauttaminen, salaaminen ja harhauttaminen sekä liikkuvuus.

Päämenetelmä on nähtävä siten, että sen vaikutus suojan hankinnassa pyritään maksimoimaan ja muita menetelmiä käytetään päämenetelmän tukena. On myös huomattava, että muilla menetelmillä ei tällöin saa heikentää päämenetelmän vaikutusta. Lähes kaikkiin päämenetelmiin voidaan yhdistää valelaitteiden ja -toimintojen käyttö, joilla pyritään saamaan osa vihollisen resursseista kohdennettua muualle.

Asejärjestelmien osumatarkkuuden, olosuhderiippumattomuuden ja tehon kasvaessa yksikään suojan muoto ei tulevaisuudessa kykene yksinään antamaan riittävää kokonaissuojaa, vaan suoja hankitaan useita tapoja yhdistämällä. Linnoittaminen ja panssarointi antavat tehokkaan suojan tulivaikutukselta. Linnoittaminen jaetaan neljään tasoon, joilla voidaan määritellä asevaikutukselta saavutettavissa oleva suoja, käytettävien linnoittamismateriaalien tyyppi ja hankintatapa (materiaaliresurssit) sekä linnoittavien joukkojen käyttö (toimintaresurssit).

Kantalinnoittamisessa (linnoittamisen 1. taso) saavutetaan suoja lentopommien osumilta. Linnoitteet toteutetaan ensisijassa kallioon louhimalla (suojarakentaminen) tai betonointityöllä kohdekohtaisten suunnitelmien perusteella. Linnoitteita käytetään muun muassa tärkeiden esikuntien ja materiaalivarastojen, viesti- ja johtokeskusten sekä meri- ja ilmapuolustuksen tärkeimpien sotavarustuksien suojana.

Raskasosalinnoittamisessa (2. taso) saavutetaan suoja kranaattien ja ammusten osumilta ja kevyiltä lentopommeilta. Linnoitteet rakennetaan raskaista, yleensä teräsbetonista te-

ollisesti valmistetuista linnoittamiselementeistä, joiden siirtelyyn vaaditaan konevoimaa. Osana asemia voi olla myös yksinkertaisia, kallioon nopeasti louhittuja asemia. Myös kevyitä elementtejä voidaan käyttää linnoitteiden rakentamiseen. Räjähdyttävä kerros pyritään aina täydentämään tarvittaessa muualta tuotavalla louheella kranaatin jäykän osuman kestäväälle tasolle saakka. Näin toteutetaan painopistesuuntien tärkeimpien puolustuskeskusten, panssarintorjunnan, epäsuoran tulen yksiköiden ja esikuntien sekä lentotukikohtien linnoitteet.

Kevytosalinnoittamisessa (3. taso) saavutetaan suoja vähintään kranaattien pintaräjähdyksiltä.

Linnoitteina käytetään kevyitä, yleensä puusta, muovista, ruiskubetonista tai teräksestä rakennettuja miesvoimin liikuteltavissa olevia linnoittamiselementtejä, jotka tuotetaan joko teollisesti tai kootusti maastossa joukon omin toimenpitein. Räjähdyttävä kerros otetaan yleensä kaivupaikalta, mutta tilanteen salliessa voidaan suojan tasoa parantaa vaiheittain (valmiusasteet) jopa osuman kestäväksi. Tasolla luodaan mahdollisuudet kestäväälle torjuntataistelulle.

Kenttälinoittamisessa (4. taso) saavutetaan vaiheittain parannettava suoja aluevaikutteisilta aseilta ja sirpaleilta, suojapoteroissa jopa kranaattien pintaräjähdyksiltä. Linnoitteina käytetään vaiheittain kaivettuja ja kokonaan tai osittain katettuja taistelu-, ase-, suoja- ja majoituspoteroita sekä ryömintähautoja, joiden seinämiä tarvittaessa lujitetaan. Joissakin tapauksissa voidaan majoituslinnoitteina käyttää myös korsuja.

Haettava linnoittamisen taso muodostaa kaikkien joukkojen linnoittamisen perustan. Operatiivisten joukkojen käyttökelpoisimpia suojan muotoja ovat maastouttaminen, suosivan maaston käyttö, hajauttaminen ja suunnitelmallinen harhauttaminen. Operatiivisia joukkoja voidaan tukea erikseen kootuilla kone- ja materiaalireserveillä lähinnä kenttälinoittamisen tasolla. Tällöin periaatteena on pidettävä sitä, että operatiivinen joukko siirtyy suojasta suojaan, eikä linnoittaminen saisi paljastaa ryhmittyvän joukon luonnetta.

#### 6.4.3.3 Suoja ABC-aseilta

Henkilöstön, kaluston ja materiaalin altistumista taistelu- ja muille vaarallisille aineille tulee välttää kaikin keinoin. On kuitenkin tilanteita, joissa tehtävän suorittaminen vaatii toimintaa myös saastealueella. Tällöin altistumisen taso on pyrittävä pitämään niin alhaisena kuin mahdollista.

Suojavälineet pystyvät oikein käytettynä suojaamaan tehokkaasti altistukselta, mutta niiden jatkuva käyttö ei ole mahdollista.

Vaikka suojautuminen lisää selviytymismahdollisuuksia, se samalla se rajoittaa toimintaa sekä joukon suorituskykyä. Näin korostuu suojelutiedustelun ja -valvonnan sekä tilanteiden ennalta ehkäisyyn tähtäävien toimenpiteiden merkitys entisestään. Kun tiedetään mahdollinen vaara aiheuttava aine, levitystapa ja vaikutus, voidaan suojautumistoimet ennakoita sen mukaan.

Taistelijoiden henkilökohtainen suoja CBRN-aseita ja vaarallisia aineita vastaan toteutetaan eristämällä henkilö erikoissuojavarustuksella ympäröivästä ilmasta tai suodattamalla epäpuhtaudet käytettävästä ilmasta. Henkilökohtaista suojautumista voidaan myös täydentää ajoneuvojen sekä liikuteltavien että kiinteiden tilojen kollektiivisuojauskella.

Hyvät kollektiivisuoijat mahdollistavat myös työskentelyn ilman suojavarustusta. Kollektiivisuojaustekniikan yleistyessä ja yksinkertaistuessa on nähtävissä, että tulevaisuudessa yhä useammat tilat, kohteet sekä kulkuneuvot ovat kollektiivisuojuja.

Niin henkilökohtaisten suojavälineiden kuin kollektiivisuojujenkin kehityksessä painotetaan tulevaisuudessa entistä enemmän helpon käytettävyyden ja keveyden merkitystä. Muita kehitettäviä kokonaisuuksia ovat mm. puhdistettavuus ja kestävyys. Suojavälineiden kehityksen keskeisenä tavoitteena on, että tulevaisuudessa pystytään suojautumaan mahdollisimman tehokkaasti mahdollisimman alhaisesta uhkatasosta lähtien ilman, että suojavälineiden käyttö haittaisi jokahetkistä toimintaa.

Mahdollisen altistumisen tapahduttua on tieto suojavälineiden suorituskyvystä osa vaaratilanteiden hallintaa. Näin luodaan perusteet toiminnan jatkamisen edellyttämille päätöksille, joita voivat olla esimerkiksi suojautumisen tason laskeminen (tai nostaminen), puhdistamisen toteuttaminen, lääkinnällinen varautuminen sekä muut tukitoimet.

Lääkinnälliset toimet ovat myös olennainen osa suojaa CBRN-aseita sekä vaarallisia aineita vastaan. Jos tiedustelutoimenpitein on onnistuttu määrittämään käytetty aine tai sen vaikuttava osa, voidaan suojautumistoimenpiteeksi valita myös ennaltaehkäisevä lääkintä käyttäen esim. rokotteita. Ilman yksityiskohtaista tietoa käytettävästä aineesta, on ennaltaehkäisevää lääkintää mahdotonta toteuttaa.

Myös ennaltaehkäisevän lääkinnän teho ja komplikaatoriskit on otettava huomioon suunnitelmia ja päätöksiä tehtäessä. Ennaltaehkäisevän lääkityksen suunnittelu on huomattavan etupainotteista ja sillä on oltava riittävät perusteet uhasta, johon sillä varaudutaan. Suunnittelussa on otettava huomioon mm. lääkkeiden tai rokotteiden valmistaminen tai hankkiminen, varastointi, vaikutusaika sekä logistiikka, jotta saadaan oikea lääke oikeassa ajassa sitä tarvitseville. Jotkut rokotteet antavat jopa elinikäisen suojan esimerkiksi mikrobia vastaan kun taas esimerkiksi hermokaasumyrkytystä vastaan tarkoitettuna ennaltaehkäisevän lääkkeen vaikutusaika saattaa olla muutamia tunteja. On myös huomioitava, että kaikille henkilöille ei voi yliherkkyyksien tai muiden vasta-aineiden takia näitä rokotuksia tai lääkkeitä edes antaa.

#### **6.4.4 Taistelun johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmät**

Maavoimien taisteluyksiköiden järjestelmä integroituu ylemmän johtoportaahan sekä muiden puolustushaarojen järjestelmiin. Ohjelmistoradioihin perustuva liikkuva soluverkko yhdistää ryhmä- ja taistelijasolla yleistyvät kommunikaatiovälineet integroiduksi dataverkoksi. Yksittäisellä taistelijalla on mahdollisuus hyödyntää omassa toiminnassaan lähiympäristöstä saatua tietoa tai omaa toimintaa muuten olennaisesti tukevaa tietoa.

Yksittäisen taistelijan johtamisvälineet integroidaan automaattisesti toimiviksi taistelijan elintoimintoja ylläpitävään tekniikkaan. Tämä integrointi tarjoaa biotunnistemahdollisuuden MATI:n käyttöön järjestelmän verkkosodankäynnin ja käyttäjähallinnan näkökulmasta. Esimerkiksi taistelijan sykkeen kadotessa tai ”bioprofilin” muuttuessa laitteisto kytketään irti verkosta. Tällä estetään vihollisen mahdollisuus kaapattujen päätelaitteiden hyötykäyttöön. Tämä toiminta korostuu etenkin selustassa ja syvyydessä toimivien erikoisjoukkojen tai operatiivisten joukkojen taistelijavarustuksessa.

Tiedonsiirtäminen on mahdollista yksittäiseltä taistelijalta periaatteessa mihin tahansa, mutta tiedonsiirto rajoitetaan normaalitilanteessa vain omaan johtoportaaseen. Mikäli tieto ei tavoita vastaanottajaa, se välittyy automaattisesti varajohtamispaikkaan tai ylempään johtoportaaseen. Siirrettävä tieto on salattua. Käytettävä salausten menetelmä mahdollistaa tiedon tunnistettavuuden, luotettavuuden, käytettävyyden sekä eheyden. Jokaisella päätelaitteella on sekä verkkotason että käyttäjätason tunnistus. Hätäsanoma sekä maalitieto paikkana ja suuntana voidaan lähettää jokaisella päätelaitteella, vaikka verkkotason tunnistusta ei olisi kyetty tekemään. Samoin ”kuolleen miehen kytkimellä” voidaan ampua haluttaessa päätelaitteen paikkakoordinaateilla.

Maavoimien johtamisjärjestelmätekniikka mahdollistaa joustavat kokoonpanomuutokset sekä alistusten vaihdon maantieteellisestä etäisyydestä riippumatta. Käytännössä tarvitaan kuitenkin verkonvalvontaosia, jotka voivat muodostaa alueellisia aliverkkoja. Aliverkkoon kuuluvien päätelaitteiden tunnistus on keskeisimpiä haasteita taktisessa tietoverkossa. Peruskokoonpanossa määritetään jokaisella taistelijalla oleva päätelaite verkon osaksi, mutta vasta ryhmätasolla oleva ohjelmistoradio välittää liikennettä. Ohjelmistoradiot muodostavat teknisesti ja toiminnallisesti laiteperheen eri johtamispaikkojen tarpeisiin.

Taistelun johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmien avulla ylläpidetään joukkojen johtamisessa ja niiden asejärjestelmien käytössä tarvittava tilannekuva. Viime vuosiin saakka taistelun johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmät ovat olleet asejärjestelmä tai aselajisidonnaisia järjestelmiä, joissa on esitetty kyseisen asejärjestelmän tai sitä käyttävän joukon tehtävän suorittamiseen suoranaisesti vaikuttava tilannekuvan tai tehtävän osa. Järjestelmät on kehitetty asejärjestelmän tai aselajin tarpeista lähtien, ja ne ovat usein yhteensopimattomia tai erittäin vaikeasti yhteensovitettavissa muiden kansallisten vastaavien järjestelmien kanssa, kansainvälisestä yhteensopivuudesta puhumattakaan. Syynä tähän ovat järjestelmissä käytetyt erilaiset ohjelmistot, sanomarakenteet ja tiedonsiirtoprotokollat.

Eri järjestelmien käyttämät yhteiset tietopankit (esimerkiksi paikkatieto, kartta-aineistot) ovat olleet kussakin järjestelmässä omana erillisenä tietopankkinaan. Muutosten ja päivitysten yhteydessä muutokset on jouduttu tekemään jokaiseen järjestelmään erikseen.

Kehitys kulkee taistelun johtamis-, valvonta ja tiedustelujärjestelmissä kohti syvempää integrointia. Eri aselajeille ja puolustushaaroille ollaan kehittämässä ja ottamassa käyttöön yhteiseen arkkitehtuuriin perustuvia taistelun johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmiä. Yhteiset tietopankit, tiedonsiirtoprotokollat, sanomarakenteet ja eri senso-

reiden tai järjestelmään liitettävien muiden järjestelmien yhteensopivat rajapinnat ovat niitä keskeisiä tekijöitä, joilla tähän päämäärään pyritään.

Päämääränä on, että kaikilla tarvitsijoilla on toiminnassaan ja tehtävien toteuttamisessaan tarvittava yhteinen tilannekuva käytettävissään. Lisäksi tällainen järjestelmä mahdollistaa operaation tai taistelutehtävän kannalta oleellisen tilannetiedon tai maailtilannekuvan muodostamisen, koska eri sensoreiden tuottama tieto voidaan yhdistää, fuusioida ja analysoida yhdessä paikassa, verrata sitä tietopankeissa oleviin uhkakirjastoihin, joukkoluetteloihin, joukkojen organisaatioihin ja kokoonpanoihin. Järjestelmä kykenee myös ohjaamaan joko suoraan tai välillisesti valvonta- ja tiedustelujärjestelmän sensoreiden toimintaa.

Järjestelmien ohjelmistot ja niihin sisältyvät yksittäiset ohjelmat ja sovellukset rakennetaan edelleenkin käyttäjän tarpeista lähtien. Sovellukset toimivat kuitenkin saman ohjelmistoalustan päällä ja käyttävät tarvitsemiaan yhteisiä tietopankkeja tai sovelluksia. Käyttöoikeuksilla ja palomuureilla määritetään kunkin käyttäjän pääsy hänen tarvitsemiinsa sovelluksiin ja tietopankkeihin. Näin vältytään siltä, että sensitiivisen tai luokitellun tiedon käyttäjät eivät tarvitse omia erillisiä järjestelmiään tehtäviensä hoitamiseksi.

## 6.5 Taistelijan järjestelmät

### 6.5.1 Johdanto

Uudet uhkakuvat, taistelukentän muutos, yhteisoperaatiot ja vaatimus aiempaa suuremmalle toimeenpanon nopeudelle ovat asettaneet uusia vaatimuksia taistelijan ja pienryhmien suorituskyvylle. Tämän vuoksi useissa maissa onkin käynnissä erilaisia tutkimuksia, hankkeita tai jopa hankintoja taistelijan järjestelmien kehittämiseksi. Rakennettu alue taistelukenttänä on mitä todennäköisin 2010-luvun konflikteissa. Yksittäisen taistelijan taidot, reaaliaikainen tilannekuva, henkilökohtaisen aseiden suorituskyky ja ryhmän mukana kuljetettavan tulitukijärjestelmän teho korostuvat rakennetulla alueella.

Tutkimusten mukaan 80 % ampumaetäisyyksistä asutuskeskuksissa jää alle 30 metrin. Perinteinen rynnäkkökivääri tulee säilymään taistelevien joukkojen pääaseistuksena vielä pitkään, joten aseteknologisesti tulivoima ryhmätasolla ei tule kasvamaan merkittävästi. Ryhmän kokonaistehokkuutta voidaan kuitenkin olennaisesti kasvattaa organisaatiomuutoksilla, tilannetietoisuutta parantavilla välineillä, nykyistä tehokkaammilla ampumatarvikkeilla ja aseisiin kiinnitettävillä lisävarusteilla sekä taistelijan sensorijärjestelmillä.

Taistelijan suorituskyvyn kehittämistä on tarkasteltava kokonaisuutena, johon kuuluvat vaatetus, ballistinen suoja, erilaiset sensorit, asejärjestelmä sekä suorituskyvyn ylläpitoon liittyvät laitteet ja järjestelmät. Esimerkkejä meneillään olevista tutkimushankkeista ovat Iso-Britannian "FIST" ja Ranskan "Felin". Edellä mainittujen hankkeiden päämääränä on kehittää taistelijan tilannetietoisuutta ja havainnointikykyä ympäröivästä taistelualueesta sekä lisätä tulen tehoa, tarkkuutta ja kykyä taistella tehokkaasti huonoissa näkyvyysolosuhteissa. Lisäksi taistelijan suojaa parannetaan uusilla suojamateriaaliratkai-



suilla. Meneillään olevat hankkeet konkretisoituvat valmiiksi 1-sukupolven taistelijan järjestelmiksi 2008–2015 välisenä aikana.

## 6.5.2 Vaikuttamiskyky

Vaikuttamiskyky määritellään suorituskyknä tuhota tai lamauttaa kohde joko perinteisillä tai tulevaisuudessa käyttöön tulevilla asejärjestelmillä. Lähtökohtana on se, että taistelijan käyttämät asejärjestelmät ovat kokonaistehokkuudeltaan (tuhovaikutus, tarkkuus, tulenkäytön nopeus, joksään toimintakyky, käytettävyys ja luotettavuus) nykyisin palveluskäytössä olevia asejärjestelmiä suorituskykyisempiä.

Taistelijan taisteluvälineet voidaan jakaa:

- keveisiin itsepuolustusaseisiin (Personal Defence Weapon),
- taistelijan henkilökohtaisiin asejärjestelmiin (pienikaliiperiset asejärjestelmät),
- voimankäytön välineisiin (Less than Lethal järjestelmät) ja
- käsikranaatteihin ja heitteisiin.

Taistelijan taisteluvälineiden, erityisesti pienikaliiperisten asejärjestelmien, kehityksessä viimevuosikymmeninä on keskitytty taistelijan kuljettaman massan (aseen paino), asejärjestelmän tehon ja kustannusten optimointiin.

### 6.5.2.1 Kevyet itsepuolustusaseet

”Kevyt itsepuolustusase-ideologia” (Personal Defence Weapon; PDW) sisältää konepistoolit ja pistoolit, joita käyttävät lähinnä tukitehtävissä oleva henkilöstö itsepuolustukseen. Pistoolien ja konepistoolien osalta 9x19 kaliiperin ominaisuudet eivät enää riitä läpäisemään nykyisin palveluskäytössä olevia sirpale- eikä luotiliivejä. Tämän vuoksi niin NATO:n kuin eri kansallisuuksienkin toimesta on tehty tutkimuksia nykyistä tehokkaamman PDW -kaliiperin määrittämiseksi. Vaihtoehtoina ovat olleet 4.6 mm (MP7) ja 5.7 mm (P90).

NATO:n suosittelema 5,7x28 mm kaliiperi tulee yleistymään keveissä itsepuolustusaseissa.

Koska kyseistä kaliiperia ei standardoitu länsimaiseksi PDW -kaliiperiksi, niin kaikkia keveiden aseiden kaliipereja (4.6 mm, 5.7 mm ja 9.00 mm) tullaan valmistamaan myös tulevaisuudessa keveisiin käsiaseisiin.

### 6.5.2.2 Taistelijan henkilökohtaiset asejärjestelmät

#### Rynnäkkökiväärit

Rynnäkkökivääri tulee säilymään jalkaväkitaistelijan perusaseena pitkää aikaväliä tarkasteltaessa. Aseella tulee kyetä vaikuttamaan tehokkaasti jalkaväkeen ja kevyesti panssaroi-

tuihin kohteisiin kaikissa valaistusolosuhteissa. Aseen mekaanisessa rakenteessa ei tule tapahtumaan suuria muutoksia. Asetyyppissä tapahtuva tutkimus- ja kehitystoiminta on keskittynyt parantamaan aseiden käytettävyyttä, hallittavuutta purske- ja sarjatullella sekä paino-ominaisuuksia.

Rynnäkkökivääriin tehoa ja käytettävyyttä tullaan parantamaan aseeseen kiinnitettävillä lisävarusteilla. Lisävarusteratkaisut toteutetaan optronisten välineiden, mekaanisten sovellutusten tai ammustekniikan avulla. Optronisia lisävarusteita ovat mm tähtäinkaukoputket, punapistetähtäimet, valo-osoittimet, laser-osoittimet, etäisyysmittarit sekä valonvahvistin- tai lämpökameratähtäimet.

Esimerkkeinä mekaanisista sovellutuksista ovat nykyistä suurempi lipas, etutuki sekä äänenvaimennin. Ammusteknisiä lisävarusteita ovat erikoispatruunat, kivääriskraanaatit tai -raketit sekä kranaattiampumalaite.

Optisilla tähtäimillä voidaan nopeuttaa tarkkaa tulenavausta ja parantaa tulen tarkkuutta. Huonoissa valaistusolosuhteissa tähtäimen optiikka parantaa näkyvyyttä ja tähtäintä on yksinkertainen käyttää nopeissa tilanteissa. Optisten tähtäinten sovellukset perustuvat pienellä suurenoksella (1.3 -3x) varustettuihin tähtäinkaukoputkiin, punapistetähtäimiin tai heijastintähtäimiin.

Jalkaväkitaistelijan pimeätoimintakykyä on parannettu rynnäkkökivääriin kiinnitettävillä pimeätähtäimillä. Perinteisesti ne ovat olleet valonvahvistintähtäimiä. Savu, sumu, valo ja voimakas pöly rajoittavat valonvahvistimien käyttöetäisyyttä. Lämpötähtäimet puolestaan mahdollistavat tulitoiminnan myös päivällä ja esimerkiksi harmaan savun takana olevaan kohteeseen. Lämpötähtäimistä pyritään saamaan mahdollisimman keveitä käyttämällä jäähdyttämättömiä ilmaisimia.

Aseiden käsiteltävyyttä valmistajat ovat pyrkineet parantamaan valmistamalla lyhennettyjä versioita. Näissä versioissa perä on sivulle/alle taittuva tai teleskooppinen. Piippu on lyhennetty mahdollisimman lyhyeksi. Piipun lyhentäminen aiheuttaa suuliekki- ja suupaineongelmia normaaleilla täysitehoisilla patruunoilla.

Sarjatulinopeuden kasvattamisella 2–3 ensimmäisellä laukauksella yritetään lisätä osumatodennäköisyyttä. Ideana on saada sarjatulinopeus niin suureksi että 2–3 laukausta lähtee aseesta ennen kuin rekyyli alkaa nostaa asetta.

Muovirunkoisten rynnäkkökiväärien käyttäjiä ovat esim. Itävalta ja Australia, jotka ovat ottaneet käyttöön 5.56-kaliiperisen Steyr AUG-rynnäkkökivääriin. Kevytmetallit ja muovit tulevat yleistymään rynnäkkökiväärien valmistusmateriaalina aseiden painon pienentämisyrittämissä sekä aseisiin kiinnitettävien lisälaitteiden takia.

Palveluskäytössä oleviin rynnäkkökivääriin kiinnitettävät lisävarusteet ovat kuitenkin vain välvaihe siirryttäessä kokonaan uuden sukupolven monitoimiaseeseen. Uutta suuntausta edustaa esimerkiksi belgialainen F2000. Tarve parantaa yksittäisen taistelijan tulivoimaa on johtanut suunnittelua siten, että aseisiin on rakennettu samaan koneistoon kivääricaliiperinen (5.56x45) ja kranaatteja ampuva ase (20 tai 40 mm).

Tulevaisuuden käsiaseisiin on integroitu ammunnanhallintajärjestelmä. Elektroniikkaa käytetään ammunnanhallintaan liittyen etäisyyden mittaamiseen ja ampuma-arvojen asetukseen, mutta myös laukaisukoneiston toiminnan ohjaamiseen. Tähtäyskuva voidaan heijastaa videokameran välityksellä kypärän visiiriin tai erilliseen näyttöpäätteen.

## Tarkkuuskiväärit

Tarkka-ampujien välineistöä ja taisteluteknisiä toimintaperiaatteita on tutkittu voimakkaasti viime vuosien aikana esimerkiksi NATO:n piirissä. Tarkka-ampujien aseistus jaetaan henkilömaaleja vastaan (anti-personnel) tarkoitettuihin ja materiaalin tuhoamisen (anti-materiel) tarkoitettuihin tarkkuuskivääreihin. Pääosa palveluskäytössä olevien aseiden kaliiperista vaihtelee 7.62 mm, .338 ja .50 kaliiperien välillä.

Henkilömaaleihin käytettävät aseet ovat kertalaukeavia pulttilukkoaseita niiden rakenteellisen tarkkuuden vuoksi. Puu- tai puulaminaattitukki (vaneri) korvataan muovituksilla. Aseen rungon voi muodostaa alumiinikisko, johon lukon kehys, laukaisulaite, syöttölaite, etutuki ja tukin muovi- tai puuosat kiinnittyvät. Äänenvaimentimet tulevat yleistymään tarkkuuskivääreissä. Äänenvaimentimilla ei pyritä täydelliseen äänettömyyteen muuten kuin erikoistehtävissä ja hyvin lyhyillä matkoilla (max 100 m). Normaalissa tarkka-ampujatoiminnassa henkilömaaleja vastaan 300–600 m etäisyyksillä äänenvaimentajalla pyritään estämään tuliaseman paljastuminen suupamauksen, suuliekin ja aseiden suupaineen aiheuttaman lumen tai irtomaan pölyämisen takia. Koeammunnat ovat osoittaneet, että äänenvaimentimen käyttö edellyttää alisooneisen erikoispatruunan käyttöä.

Pääasiallisena tähtäinlaitteena käytetään tähtäinkaukoputkea, jonka suurennussuhteeksi sotilaskäytössä on vakiintunut 10x. Tähtäinkaukoputken suurennoksen muunneltavuuden tulee vastata eri ampumaetäisyydellä oleviin maaleihin, jolloin suurennos on säädettävissä 3–10 kertaiseksi. Tähtäinkaukoputkien tulee olla lasersuojattuja. Optoelektronikan kehittyessä vastaamaan sotilaskäytön vaatimuksia tulevat käyttöön tähtäinkiikarimallit, joihin on sisään rakennettu lasertoiminen etäisyydenmittaus yhdistettynä automaattiseen etäisyyden asetukseen.

Pimeätähtäinten käytössä on kaksi eri tapaa: Käytetään tähtäinkiikariin asennettavaa erillistä valonvahvistinosaa (esim Simrad KN-252 F) tai käytetään erillistä pimeätähtäintä (valonvahvistin tai lämpötähtäin), joka vaihdetaan normaalin tähtäinkaukoputken tilalle. Paremmuutta näiden välillä ei voida selkeästi osoittaa, joten kumpikin käyttötapaa tulee säilymään jatkossa.

Aseiden piiput on suunniteltu käyttämään normaaleja lyijysydämissä luoteja, joiden teho henkilömaaleihin on riittävä pidemmiltäkin etäisyyksiltä (400–600 m) ammuttaessa sellaisiin kehonosiin, jotka eivät ole sirpaleliivien suojaamat. Haluttaessa parempaa läpäisyä on käytettävä kovametalliytimellä varustettuja luoteja. Tulevaisuudessa ”luotina” voi olla kovametallista (volfram) valmistettu alkaliiperinen nuoliammus. Ruotsalaisten ”7.62 sk ptr Prick” -patruunalla saavutetaan 1290 m/s lähtönopeus ja luodin pyyhkäisy on 54% laaempi kuin perinteisen lyijysydänluodin. Henkilömaaleihin käytettävien ase-

den kaliiperin ylärajana voidaan pitää 8.6 mm:ä (.338 LM) Tällöin ei aseiden paino nouse tarvittavaan tehoon nähden kohtuuttoman suureksi. Esim. Sako TRG-42 (.338 LM) painaa taistelukunnossa n. 6 kg.

Raskaiden tarkkuuskiväärien kaliiperiksi on vakiintunut 12.7 mm (.50 BMG 12.7x99, 12.7x107 NSV) olemassa olevista valmiista patruunoista johtuen. Vaihtoehto kaliiperina on myös 14.5x114 KPV. Eri valmistajat kehittävät patruunoita tarkkuudeltaan paremmiksi. Luotien massa mahdollistaa maalissa vaikuttavien räjähtävien ja sytyttävien luotien valmistamisen. Normaaleilla luodeilla lähtönopeudet vaihtelevat 850–1100 m/s:n välillä. Tyypillinen läpäisy kovametallisella läpäisykappaleella olevalla AP-luodilla on n. 20 mm 90°:n iskukulmalla 1000 m:ssä. Haettaessa tämän kaliiperin aseille parempaa läpäisyä ja suorempaa lentorataa joudutaan käyttämään alikaliiperisia luoteja, jolloin piipun rihlannousu on oltava tälle luotityypille ja lähtönopeudelle sopiva. Lähtönopeudet alikaliiperiluodeilla ovat n. 1200 m/s ja läpäisy n. 25 mm 90° iskukulmalla tasalaatuiseen kovuudeltaan 350 BH:n teräslevyyn. Aseissa käytetään samoja tähtäinkiikareita ja valonvahvistimia kuin henkilömaaleihin käytettävissä tarkkuuskivääreissä. Edellä mainituilla patruunoilla raskaiden tarkkuuskiväärien paino voidaan pitää 10–15 kg:ssa.

## Haulikot

Haulikkoja käytetään pääosin rakennetun alueen taistelussa joko ovien saranoiden murtamiseen tai vihollisen lamauttamiseen. Myös erilaiset ”Less than Lethal” – ampu-matarvikkeet ovat yleistyneet haulikoihin. Taistelukäyttöön tarkoitettujen haulikoiden vaatimukset ovat selkeästi erilaiset kuin metsästyskäyttöön suunnitelluilla aseilla. Vaatimuksia sotilaskäytössä ovat toimintavarmuus, helpokäyttöisyys ja pieni koko. Toimintavarmuuden takia haulikot ovat pumppu-, itselataus/pumppu- tai revolveriperiaatteella toimivia. Taisteluhaulikoiden rakenne on kehittymässä kohti ”bullbub -rakennetta”, ulkomitoille asetettujen vaatimusten takia.

Käytettävyyden ja tulenavausnopeuden parantamiseksi taistelukäyttöön tarkoitettuihin haulikoihin on kiinnitetty ”Pickatinny-kiskotus” lisälaitteita, kuten optisia tähtäimiä, laser-osoittimia ja pimeätähtäimiä varten.

### 6.5.2.3 Voimankäyttövälineet (ei-tappavat asejärjestelmät)

Voimankäyttövälineillä:

- lamautetaan henkilö mahdollisimman vähillä pysyvillä vammoilla tai
- lamautetaan väline/järjestelmä mahdollisimman pienillä vaurioilla ympäristölle

Henkilöitä vastaan tarkoitettujen voimankäyttövälineiden teknologia-alueet on jaoteltu seuraavasti:

1. Elektromagneettisen teknologian järjestelmät
2. Kemiallisen teknologian järjestelmät
3. Akustiset järjestelmät
4. Mekaaniset järjestelmät

5. Kineettisen teknologian järjestelmät
6. Yhdistelmäteknologiat

Tällä hetkellä palveluskäytössä olevia voimankäytön välineitä ovat:

- kaasusumutteet
- käsikranaatit, jotka on varustettu pyroteknisellä tai ärsyttävällä panoksella
- vähemmän vaaralliset ampumatarvikkeet 12 cal. haulikkoon tai 40 mm kranaattipistooliin

Useimmat palveluskäytössä olevat sovellukset perustuvat kineettisen energian vaikutustapaan, jossa ”vähemmän vaarallinen” projektiili ammutaan 12 kaliiperin haulikolla tai 40 mm kranaattipistoolilla/ -ampumalaitteella. Uusina vaikuttamistapoina voidaan nähdä Taserit (sähkölamauttimet), HPM (suurtehomikroallot) ja aluevaikutteiset NLW -aset (micro wires). Pitkällä aikavälillä ”ei-tappaviin välineisiin” kehitetään yhdistelmävaikutuksia (esim. kineettinen ja sähkölamautus).

#### 6.5.2.4 Käsikranaatit

Nykyisin palveluskäytössä on kahdentyyppisiä käsikranaatteja:

- puolustukselliset käsikranaatit ja
- hyökkäystoimintaan tarkoitettut käsikranaatit

Käsikranaattityyppien suurin eroavaisuus on sirpaleiden muodostumisessa. Puolustusellisia käsikranaatteja käytetään yleensä itse suojautuneena, joten ne sirpaloituvat tehokkaasti ja sirpalevaikutus ulottuu laajalle alueelle. Yleensä käsikranaattien kuori on esisirpaloitu. Hyökkäystoimintaan tarkoitettuja käsikranaatteja käytetään tilanteissa, joissa oma suojautuminen on heikkoa. Kranaatin vaikutus perustuu tällöin paineeseen tai sirpalemäärä on erittäin vähäinen.

Palveluskäytössä olevat käsikranaatit räjähtävät maassa aiheuttaen pääsääntöisesti vähän tuhoa suojautuneeseen viholliseen. Tämän vuoksi sytyttimestä valittava ilmaräjähdysominaisuus on kehitystyön alla. Lisäksi käsikranaattien sirpaleiden läpäisyvaikutuksen kasvattaminen on tällä hetkellä tutkimuksen kohteena.

#### 6.5.2.5 Taistelijan vaikuttamiskyvyn kehittyminen

Lyhyellä aikavälillä:

- käsiaseisiin kuuluu kiinteästi niin optinen tähtäin kuin valonvahvistintähtäinkin
- jäädyttämättömät lämpötähtäimet ovat käytettävissä rynnäkkökivääreissä
- laser-osoittimet yleistyvät rynnäkkökivääreissä
- tarkkuuskivääreissä aletaan käyttää lämpötähtäimiä
- yksinkertaiset laskintähtäimet tulevat palveluskäyttöön niin kranaattiampumalaitteissa kuin kranaattikonekivääreissäkin

Keskipitkällä aikavälillä:

- nykyistä kevyemmät (komposiittirunkoiset) rynnäkkökiväärit tulevat palveluskäyttöön
- jäähdyttämättömät lämpötähtäimet ovat yleisiä käsiaseissa
- sensorifuusioon perustuvia tähtäimiä kehitetään
- termobaarikranaatit otetaan käyttöön 40mm kaliiperissa ja HPM – kranaatteja tutkitaan
- mahdollisesti uusi rynnäkkökiväärin kaliiperi tulee käyttöön NATO -maissa

Pitkällä aikavälillä:

- täysin integroidut käsiasejärjestelmät (ase, laskin, päivä-, pimeätähtäin) ovat palveluskäytössä
- uudentyypiset hylsyjärjestelmät on kehitetty
- sensorifuusioon perustuvat tähtäimet ovat palveluskäytössä
- tähtäinjärjestelmiin kuuluu myös laskinominaisuus ja omatunnistusjärjestelmä
- HPM –kranaatit ovat palveluskäytössä

### 6.5.3 Taistelijan tiedustelu- ja valvontavälineet

Tulevaisuuden jalkaväkitaistelijalla on mukanaan ainakin kypärään kiinnitettävä pimeänäkölaite (valonvahvistin ja/tai lämpötähystin) sekä henkilökohtaisen aseensa lämpötähtäin. Lisäksi varustukseen voi kuulua laservaroitin ja omatunnistimen ilmaisin ja lähetin. Omatunnistin voidaan yhdistää langattoman optisen tiedonsiirron järjestelmään.

Taistelijan henkilökohtainen lämpötähystin on varustettu jäähdyttämättömällä matriisi-ilmaisimella. Tärkeä ominaisuus jäähdyttämättömillä termisen alueen sensoreilla on niiden käyttövalmius heti virran kytkemisen jälkeen ja äänetön toiminta ilman jäähdytyskonetta ja skanneria. Henkilökohtaisen aseensa lämpötähtäimet ovat myös jäähdyttämättömiä. Tarkka-ampujien käytössä voi olla suorituskykyisempiä jäähdytettyjä tähtäimiä.

Valonvahvistin on nyt ja lähitulevaisuudessa tärkein pimeänäkölaite. Rakennusten ja ajoneuvojen ikkunat sekä ohjaamoiden kuomut eivät läpäise pitkäaaltoista IR-säteilyä, joten ajoneuvojen kuljettajat ja helikopterilentäjät käyttävät tulevaisuudessakin valonvahvistinta henkilökohtaisena pimeänäkölaitteenaan. Valonvahvistimen etuna lämpökameroihin verrattuna on edullisempi hinta sekä pienempi koko ja paino.

Valonvahvistimen heikkous lämpötähystimeen verrattuna on sen herkkyys häiriövaloille, jotka eivät haittaa lämpökameran toimintaa. Lämpötähystimellä nähdään myös savun ja pölyn läpi. Tulevaisuudessa vahvistinputkien herkkyyttä ja vahvistusta ei niinkään enää haluta kasvattaa, vaan erotuskykyä ja häiriönsietoa. Tämä on välttämätöntä, koska tulevaisuudessa taisteluja käydään tiheästi asutuilla alueilla. Nykyisillä vahvistinputkilla, joiden kanavaväli on 6  $\mu\text{m}$ , saavutetaan lähes ihmisen näköaistin erotuskyky, mutta vain kapealla ( $40^\circ$ ) näkökentällä. Tulevaisuudessa pyritäänkin näkökentän leventämiseen erotuskyvyn huononematta.

Tulevaisuuden havaintolaitteessa yhdistetään VIS-, NIR- ja TIR -ilmaisimien signaalit, ja ilmaisimien tuottamat kuvat tuodaan samalle näytölle. Yhdellä laitteella korvataan siten valonvahvistin ja lämpökamera. Näin voidaan yhdistää VIS-alueen hyvä resoluutio, NIR-alueen keinotekoisia kohteita korostava kontrasti ja TIR-alueen kuva, joka paljastaa lämpimät (”elävät”) kohteet. Näitä yhdistelmälaitteita on käytössä jo 2015 mennessä.

Kypärään tai pääpantaan kiinnitettävän laitteen ongelmina ovat koko, paino ja virtalähteet. Nykyisin käytössä olevat laitteet painavat 400 – 800 g virtalähteineen. Tulevaisuudessa laitteiden painoa kevennetään ulkopuolisilla (taistelijan varustukseen integroiduilla) virtalähteillä. Lisäksi laitteet tullaan integroimaan osaksi ballistista suojaa (kypärä) ja sensorien kuva siirretään erilliseen kypäränäyttöön.

Kevyiden jäädyttämättömien lämpötähystimien ”standardi-ilmaisimeksi” on vakiintunut 240 x 320 pikselin jäädyttämätön mikrobolometrimatriisi. Ilmaisimen pikselimäärää ei välttämättä kasvateta, koska ilmaisimen paremman resoluution hyödyntäminen vaatisi suuremman optiikan, joka taas kasvattaa liikaa laitteen kokoa ja painoa. Kypäräkiinnitteisen laitteen objektiivin on oltava pienikokoinen, mutta tällaisella lämpötähystimellä voidaan erottaa ihmishahmo n. 200 m etäisyydeltä. Tällainen suorituskyky riittää hyvin taistelijalle. Samalla tekniikalla rakennetulla rynnäkkökiväärin lämpötähtäimellä elävä ja lämmin henkilökohde voidaan havaita jopa 600–800 m etäisyydeltä. Kohteen luokittelu ja tunnistaminen onnistuu vasta varsin läheltä, 150–50 m etäisyydeltä.

Taistelijan tiedustelu- ja valvontajärjestelmän tietojärjestelmän kautta tuotettu informaatio yhdistetään sensorifuusion avulla. Tiedonsiirtojärjestelmän kautta tuotettu sensortieto välitetään halutussa muodossa tarvittaessa muille ryhmän taistelijoille, joukon ajoneuvoille ja tulenkäyttöjärjestelmille.

## 6.5.4 Taistelijan vaatetus ja häivetekniikka

### Älykkäät tekstiilit

Tuotekehittelyn kohteena ovat erityisesti kylmätyöskentelyyn soveltuva ja sellainen vaatetus, joka mukautuu ympäristöönsä vaihtamalla väriä. Älyvaate voi olla joko valmistettu tavallisesta materiaalista ja valmiiseen tuotteeseen on lisätty sopivaa elektroniikkaa tai sitten älykäs materiaali tai teknologia on lisätty kuituun jo sen valmistusvaiheessa.

Tärkeimmät älykkäät tekstiilimateriaalit ovat nykyisin olomuotoa muuttavat materiaalit, muodon muistavat materiaalit, väriä vaihtavat materiaalit (chromic materials) ja johtavat materiaalit. Väriä vaihtavat materiaalit vaihtavat väriä yleensä ympäristönsä mukaan, minkä vuoksi niitä kutsutaan myös kameleonttikuiduiksi. Väriä vaihtavissa materiaaleissa kuidut säteilevät, poistavat tai vaihtavat väriä. Väriä vaihtavia materiaaleja on useampaa tyyppiä: fotokromisten materiaalien tapauksessa reaktion laukaiseva ulkoinen ärsyke on valo, termokromisten materiaalien tapauksessa puolestaan lämpö.

Älyvaatteet tulevat tulevaisuudessa seuraamaan ympäristön tapahtumien ohella mm. ihmisen elintoimintoja. Kylmätyöskentelyyn soveltuvan älyvaatetuksen tutkimukseen

ja tuotekehitykseen panostetaan mm. Pohjoismaissa. Kestänee silti jonkin aikaa, ennen kuin kenttäkäyttöön saadaan vaatteita, joiden lämmöneristävyys säätyy automaattisesti.

Nanoteknologia on lupaava teknologian ala, joka on maailmanlaajuisesti voimakkaassa kehitysvaiheessa. Nanomateriaalit ovat toistaiseksi kalliita, mikä estää niiden laajamittaisen käytön vielä lähitulevaisuudessa. Tulevaisuudessa ne tulevat halpenemaan, mutta toisaalta nanomateriaaleista on kuitenkin vielä pitkä matka toimiviin järjestelmiin eli älykkäisiin tuotteisiin. Nanoteknologian yleisen kehityssuunnan mukaan ala kehittyy nopeasti 2010-luvulla, jolloin massatuotantoon päästään 2020-luvulla.

## Häivetekniikka

Ultravioletti (UV)-, näkyvän valon (VIS)- ja lähi-infrapuna (NIR)-alueilla havainnointi perustuu kohteen ja toimintaympäristön heijastusominaisuuksien eroihin, mikä nähdään väri- tai intensiteettieroina. Termisellä infrapuna (TIR)-alueella havainnointi perustuu kohteen ja ympäristön emittoiman lämpösäteilyn eroihin. TIR – alueen havainnointiin ei siten tarvita ulkopuolista luonnon (aurinko, kuu, tähdet) tai keinotekoisia valaisua.

Taistelukentän muuttuminen metsämaastosta asutuskeskuksiin lisää myös haastetta lähitulevaisuuden UV-, VIS- ja NIR -alueen häivetekniikalle. Kaupunkiympäristössä kuvioinnissa tulee esiintyä metsämaastokuvioinnista poiketen selkeitä vaaka- ja pystysuoria linjoja.

Taistelijan varustukseen liittyen eri maissa on käynnissä kansallisia hankkeita uuden sukupolven taistelijan varustuksen kehittämiseksi sekä maasto- että kaupunkitoimintaympäristöihin. Suuntaus on se, että varusteet kehitetään johonkin toimintaympäristöön optimoiduksi.

Termisen alueen häivetekniikan tavoitteena on minimoida kohteiden ja toimintaympäristöjen lämpöherätteiden kontrastit. Kohteen lämpölähteiden **eristämällä** pyritään sen termisten herätteiden madaltamiseen. Lähitulevaisuudessa pinnoissa käytetään monitoiminnallisia kerrosmateriaaleja (ADDCAM). Kerrosmateriaalin teho perustuu eristävien ja matalaemissiivisten kerrosten yhdistelmään.

Kohteen pintojen **jäähdytys** voidaan toteuttaa erilaisilla kerrosrakenteilla. Kerrosrakenteessa kohteen pintojen väliin jätetään tyhjää ilmatilaa, jossa ilma kiertää vapaasti. Kiertävä ilma jäähdyttää kohteen ulkopintaa, mikä madaltaa kohteen termistä herätettä. Lähitulevaisuudessa termisten herätteiden hallintaan kehitetään erikoisrakenteita. Kohteen pinnalle tehdään mikrorakenne, joka muokkaa kohteen herätettä halutulla tavalla.

**Matalaemissiiviset pinnat** mahdollistavat kohteen lämpöherätteen räätälöinnin melko yksinkertaisin menetelmin ja soveltamisen toimintaympäristönsä. Matalaemissiivisen pinnan ominaisuuksia on muokattu siten, että pinnan säteilemän termisen herätteen intensiteetti on pienentynyt. Kun muokattua pintaa kuvataan lämpökameralla, lämpökuvassa pinnan lämpötila on todellista lämpötilaa matalampi. Jos pinnan emissiivisyys



muokataan epäsäännölliseksi, rikotaan kohteen lämpöherätteelle tyypillisiä säännöllisiä muotoja. Tämä vaikeuttaa kohteen havainnointia.

**Adaptiiviset eli sopeutuvat pinnat** ovat ryhmä erilaisia materiaaleja, joilla pystytään räätälöimään kohteen termisiä herätteitä. Materiaalien tutkimus on vielä alkuvaiheessa, joten sovellutuksiin tarvittavia ratkaisuja ei ole vielä riittävästi saatavilla.

UV-VIS-NIR-alueella saadaan jo taistelijan asuilla tehokas suoja. Taistelija on kuitenkin havaittavissa antamansa termisen herätteen perusteella. Erityisesti pää ja kasvot sekä kädet ovat usein heikommin peitettyinä kuin muu keho, ja ne näkyvät hyvin lämpöhystimillä. Yksittäisen taistelijan käyttöön on suunniteltu **maastouttamisjärjestelmiä**, jotka hyödyntävät uusia materiaaleja. Uusienkin maastouttamisjärjestelmien terminen heräte on usein hyvin tasalämpöinen, mikä saattaa myös olla ongelma.

UV-VIS-NIR-alueen häivetekniikkaa hallitsevat lyhyellä tarkastelujaksolla vuoteen 2015 asti perinteiset menetelmät: taistelijan asut ja yksittäisen taistelijan maastouttamisjärjestelmät. Naamiomaaleissa tapahtuu pigmenttien kehitystä lähinnä heijastavan infrapunaa alueella, koska sensorien herkkyudet paranevat ja sensorien toiminta-alue laajenee. Keskipitkällä tarkastelujaksolla vuosina 2015 – 2020, älykkäitä materiaaleja käytetään asteittain häiveteknisissä sovelluksissa. Toistaiseksi älykkäiden materiaalien valmistus on kallista ja monimutkaista, vaikkakin niitä on jo nyt kaupallisessa tuotannossa. Älykkäiden häivemateriaalien tutkimus on yhä kesken, eivätkä ne ole valmiita massatuotantoon vähään aikaan.

UV-VIS-NIR-alueen häive-tekniikassa tapahtuu ratkaiseva muutos, kun älykkäitä materiaaleja kyetään käyttämään adaptiivisissa sovelluksissa. Tämä on kuitenkin vielä kaukana tulevaisuudessa.

Termisen infrapunaa alueella jäähdytys, eristäminen ja yksittäisen taistelijan maastouttamisjärjestelmät säilyttävät valta-asemansa lähitulevaisuudessa. Lyhyellä tarkastelujaksolla vuoteen 2015 asti, matalaemissiiviset pinnat hallitsevat termisen alueen häivetekniikkaa. Jalkaväkitaistelijan lämpöheräte on pieni, joten matalaemissiivisten pintojen toimintaedellytykset ovat hyvät. Keskipitkällä tarkastelujaksolla, vuosina 2015 – 2020, valta-asemaan nousevat adaptiiviset herätteiden hallintajärjestelmät, jotka tunnistavat ympäristönsä lämpöemissiot ja sopeutuvat toimintaympäristönsä muutoksiin. Luonnollisesti edellytyksenä on se, että hallintajärjestelmissä tarvittavat materiaalit ovat kehittyneet tuotantoasteelle.

### 6.5.5 Ballistinen suoja

Arvioiden mukaan tulevissa laajemmissa konflikteissa jopa 80 % miehistötappioista on sirpaleiden aiheuttamia haavoittumisia. Tavanomaisesta taistelutoiminnasta poikkeavissa tehtävissä (kriisinhallintatehtävät) miehistötappioista yli puolet aiheutuu edelleen kiväärien luodeista. Nykyisissä kriisipesäkkeissä erilaiset improvisoidut tienvarsipommit ovat myös erittäin suuri tappioiden tuottaja.

Kuolemaan johtavat vammat sijaitsevat pään, rintakehän ja vatsan alueella. Suojaamalla elintärkeät elimet henkilökohtaisilla ballistisilla suojaimeilla voidaan kuolleisuutta taistelutilanteissa vähentää noin 60 % ja vaikeasti vammautumista noin 30 %. Yksittäisen taistelijan ballistisia suojaimia ovat sirpale- ja luotisuojaliivit, kypärä sekä visiiri tai suojalasit.

## Sirpalesuojaliivit

Sirpalesuojaliivit koostuvat yleensä aramidista tai polyeteenistä valmistetuista monikerroksisista kangaspaneeleista. Eri maissa käytössä olevien sirpalesuojaliivien suojaustasot V50-arvona (sirpaleen massa  $m=1,1$  g) ovat välillä (450...550) m/s liivien kokonaispainon ollessa alueella 3,0–4,5 kg. Sirpalesuojaliivit eivät suojaa luoteja vastaan ilman erillistä metallista tai keraamista lisäsuojalevyä.

Henkilösuojaimeissa on ilmestynyt uusi kuitusukupolvi noin viiden vuoden välein. Kuitusukupolvien välillä henkilösuojaimet ovat keventyneet noin 10 % tai suojaustaso on parantunut (5...10) % samanaikaisilla tuotteilla. Nykyistä kehitystä nopeampi ballistisen suojaustason kasvu edellyttää uusien kuitumateriaalien käyttöönottoa.

Tulevaisuudessa sirpalesuojaliivit tullaan integroimaan sotilaan kokonaisvarustukseen siten, ettei erillistä suojaliiviä enää ole, vaan suojaus valitaan modulaarisilla elementeillä uhkakuvan mukaisesti. Tavoitteeksi taistelijoiden varustuksen modernisointiohjelmassa on asetettu kokonaistappioiden minimoiminen. Laskelmien perusteella on päädytty tulokseen, että jalkaväkitaistelijan osalta tavoitetta ei saavuteta mahdollisimman tehokkaasti pysäyttävällä suojaimeilla, vaan suojaustason ja -pinta-alan optimoinnilla. Pieniä ja nopeita sirpaleita vastaan suojaustasoa kohotetaan ja kokonaisuojauspinta-alaa kasvatetaan raajojen suojauksella. Luoteja vastaan suojaus rajoitetaan vain erillisten lisälevyjen kattamalle alueelle.

## Luotisuojaliivit ja lisälevyt

Luotisuojaliivien perusrakenne koostuu sirpaleliivin tavoin monikerroksisista kangaspaneeleista ja materiaalit ovat samoja kuin sirpalesuojaliiveissä. Sotilaskäytössä luotisuojaliivien perusrakenne mitoitetaan siten, että liivit pysäyttävät kuparivaippaisen ja lyijy-ytimisen sotilas- tai konepistoolin luodin (9 mm FMJ,  $m=8,0$  g), jonka nopeus on 425 m/s. Hyvän läpäisykyvyn omaavilta teräsvaippaisilta käsiaseiden luodeilta liivit eivät suojaa.

Sotilaskivääriluodit, kaliiperista riippumatta, läpäisevät pehmeät luotisuojaliivit 300 m:n ampumaetäisyyksille asti. Kivääricaliiperin luoteja vastaan suojauduttaessa luotisuojaliivit varustetaan keraamisilla tai metallisilla (teräs, titaani) lisälevyillä, joiden tarkoituksena on murskata tai laajentaa iskevä luoti siten, että luodin iskuenergia leviää laajemmalle alueelle.

Yleisin henkilökohtaisissa suojaimeissa käytössä oleva keraaminen lisälevy on valmistettu alumiinioksidista. Sotilaskivääricaliiperisten (5,56 mm ja 7,62 mm) lyijy- ja teräsydinluotien pysäyttämiseen tarvittavan levyn paksuus on 6–10 mm alumiinioksidin puh-

taudesta riippuen. Paras henkilösuojaimissa käytetty lisälevymateriaali on boorikarbidi. Boorikarbidin käytön yleistymistä on rajoittanut materiaalin korkea hinta. Muiden alumiinioksidia kovempien keraamien, kuten piikarbidi ja piinitridi, käyttö tulee yleistymään luotisuusojalevyissä nykyistä halvempien valmistustekniikoiden kehittyessä. Uusina ballistisina suojamateriaaleina aktiivisen tutkimuksen kohteena ovat erilaiset metallimatriisikomposiitit, joissa yhdistyy keraamien kovuus ja metallien sitkeys.

Keraamisten luotisuusojalevyjen vaihtoehdoksi on kehitetty polyeteenikomposiitista valmistettuja lisälevyjä, jotka soveltuvat hyvin lyijy-ytimisten kiväärin luotien pysäyttämiseen. Uusimmasta polyeteenistä, Dyneema UD77, valmistettu lisälevy pysäyttää venäläisen rk-luodin (7,62 mm AK47) levyn paksuuden ollessa 16 mm. Polyeteenin etuina ovat keveys, iskunkestävyys sekä moniosumien kesto verrattuna keraameihin ja haittana huono lämmönkesto.

## Kypärät

Kypärien suojaustason paraneminen tai painon keventyminen on ollut nopeampaa kuin suojaliiveissä. Kypäran kiinnitettävien suojalasien, pimeänäkölaitteiden ja erilaisten ilmaisimien yleistymisen edellyttää kypärän edelleen keventämistä. Komposiittikypärän keventäminen on mahdollista pienentämällä kypärän suojauspinta-alaa ja korvaamalla yleisimmin käytössä olevat aramidimateriaalit jollakin uudella kevyemmällä kuitumateriaalilla.

Kypärää ei lähitulevaisuudessakaan kyetä valmistamaan kiväärinluodin kestäväksi ilman keraamisia tai metallisia lisälevyjä. Kypäran liitettäviä keraamisia lisälevyjä on kaupallisesti saatavilla, mutta rajoituksen asettaa ihmisen fysiologia. Painavasta kypärästä sekä luodin iskusta kypäran välittyy kaularankaan vammautumiseen johtavia rasituksia. Rasituksen pienentämiseksi olisi kypärä tuettava käyttäjän kehoon erityisjärjestelyillä. Rasitusvammoja suurempi riski aiheutuu luodin iskun aiheuttaman paineen ja kiihtyvyyden välittymisestä kalloon sekä aivoihin. Tutkimusten perusteella kallo- ja aivovaurioita ilmenee jo 800 J iskuenergialla. Tulevaisuudessa kypärän kuoreen saattaa tulla kaksikerrosrakenne, jossa ulompi kuori on kovaa materiaalia kuten titaania tai keraamia.

## Visiirit ja suojalasit

Kypäran kiinnitettävä visiiri sekä erilliset suojalasit valmistetaan yleisimmin polykarbonaatista. Kasvot peittävän visiirin sirpalesuojaustaso on yleensä muita ballistisia henkilösuojaimia heikompi ja se suojaa lähinnä taistelukentällä lentäviltä hiukkasilta kuten kivensiruilta. Visiiriltä vaadittava keveys on suojaustasoa rajoittava tekijä.

Suojalasien sekä visiirien sirpalesuojauskykyä voidaan lähitulevaisuudessa parantaa korvaamalla osa polykarbonaatista lasikeraamilla. Rakenteen, jossa polykarbonaatin pintaan on kiinnitetty lasikeraamia, sirpalesuojaustaso ( $m=1,1$  g) V50-arvona on 650 m/s.

## 6.6 Johtopäätökset

Maavoimien taistelukyvyistä merkittävä osa koostuu tulivoimasta. Tulivoimalla tuetaan maavoimajoukkoja joko välittömästi lähitulituella, taktisella tulituella taistelualueella tai välillisesti kohdistamalla tulivaikutus vastustajan taistelun kannalta kriittisiin kohteisiin syvyudessa. Tulituki tuotetaan kustannustehokkaimmalla järjestelmällä. Järjestelmien ominaisuudet ja suorituskyky vaihtelevat käyttökohteen mukaan.

Välitön tulituki tuotetaan massamaisesti pienaseilla tai lyhytkantamaisilla ryhmäaseilla. Järjestelmä ei vaadi keskitettyä johtamis- ja maalitiedustelujärjestelmän tukea. Taktinen tulituki kykenee vaikuttamaan monipuolisiin maaliilanteisiin. Kehittyvä piirre tulenkäytössä on sen optimointi sekä joustavuus resursseja joko keskittämällä tai jakamalla taistelualueella. Nopeisiin maaliilanteisiin kyetään reagoimaan aikaisempaa nopeammin, jolloin kyetään myös vaikuttamaan aikasensitiivisiin maaleihin.

Johtamis- ja maalitiedustelujärjestelmän tuki on tarpeellinen toiminnan onnistumiseksi. Operatiivinen tulituki kohdistetaan vastustajan taistelumenestyksen kannalta kriittisiin kohteisiin. Tulitukijärjestelmän tyypillinen piirre on ulottuvuus ja kallis ylläpitokustannus. Kaukovaikuttamisen järjestelmä on riippuvainen johtamis- ja maalitiedustelujärjestelmän tuottamista palveluista.

Maavoimien taistelujärjestelmissä tulitukijärjestelmien osuus tulee säilymään korkeana, mikäli suorituskykyvaatimuksissa korostuvat torjunta- ja hyökkäystaistelukyky. Pioneeriaselajin järjestelmät ovat osa maavoimien kokonaisliikkuvuutta, tulenkäyttöä ja suojaa. Liikkeen kehittämisessä korostuu aikatekijä, jolloin oman liikkeen edistämällä sekä vastustajan liikkeen hidastamisella tasoitetaan joukkojen erilaista operatiivista ja taktista liikkumiskykyä omaksi eduksi.

Alueellis-operatiivisella tasalla Puolustusvoimien kiinteä televerkko säilyy tiedonsiirtojärjestelmän runkona, mutta sen rakennetta kehitetään uusien uhkakuvien asettamista vaatimuksista ja palveluita tarjotaan yhä alemmille tasoille. Tietojärjestelmä integroituu monipalveluverkoksi, joka tarjoaa peruspalveluna muun muassa paikkatietoa.

Tärkein taktisille järjestelmille asetettava vaatimus on liikkuvuus, mikä korostaa entisestään radioiden merkitystä johtamisvälineenä ja ohjaa kenttätelejärjestelmien käyttöä operatiiviselle tasolle. Järjestelmien tiedonsiirtonopeus kasvaa, joka lisää sensoritiedon hyödyntämismahdollisuuksia ja tukee liikkuvan kuvan siirtämistä taktisen tason järjestelmissä.

Maavoimien taistelujärjestelmät ovat osa kokonaisjärjestelmää, joka yhdistää aseet, sensorit ja kommunikointivälineet integroiduksi dataverkoksi. Puhe säilyy alimmilla organisaatiotasolla pääviestitysmuotona, vaikkakin dataliikenne lisääntyy voimakkaasti.

# 7. MERIPUOLUSTUKSEN ASEJÄRJESTELMÄT

Komdri Heikki Rauhala, Merivoimien Esikunta  
 Komkapt Jukka Anteroine, Pääesikunta Materiaaliosasto  
 Komkapt Ilja Hakanpää, Merivoimien Esikunta  
 Komkapt Juhapekka Rautava, Merivoimien Esikunta

## 7.1 Johdanto

Merivoimien asejärjestelmillä pyritään kattamaan koko taistelutila, joka alkaa pystysuunnassa tarkasteltuna meren pohjasta ja ulottuu ilmassa tyypillisten lentokorkeuksien yläpuolelle. Järjestelmiä ja niiden kohteita on meren pohjassa, vedessä, veden pinnalla, rannikon maa-alueilla ja ilmassa.

Seuraavassa tarkastelussa käsitellään merivoimien valvonta-, tykistö-, ohjus-, miina-, miinantorjunta- ja sukellusveneentorjuntajärjestelmiä. Monet meripuolustuksen asejärjestelmistä – esimerkiksi maalla toimivat tykit, useat ilmatorjuntaohjukset ja sensorit – ovat samanlaisia kuin maa- ja ilmavoimien vastaavat. Tässä artikkelissa keskitytään pääasiassa meripuolustuksen erikoisjärjestelmiin ja yleisestä asejärjestelmäkehityksestä kiinnostunut lukija löytää sitä koskevaa tietoa tämän raportin muista osista.

Uuden teknologian kehittäminen ja käyttöönotto on pitkä tie, tyypillisesti yli 10 vuotta. Muutaman kymmenen vuoden tarkasteluvälillä ole nähtävissä merivoimien asejärjestelmien mullistavaa muutosta. Tämän päivän kehityshankkeille ovat tyypillisiä piirteitä:

- kiinnostus matalien vesien ja rannikon sodankäyntiin (littoral warfare)
- sensorit monipuolistuvat ja niiden havaintokyky paranee
- kaupallisia komponentteja (COTS) käytetään yleisesti myös sotilassovelluksissa
- tiedon käsittelykapasiteetti ja automaatio lisääntyvät
- asejärjestelmät ovat monikäyttöisiä; tehtävien kirjo laajenee ja puolustushaarajako hämärtyy.

## 7.2 Tykistöasejärjestelmät

Merivoimien asejärjestelmiltä vaaditaan kykyä hallita eriasteisia uhkatilanteita ja kriisejä. Voiman käytön aste on sovittava kulloinkin toteutettaviin tehtäviin. Sivullisille ei saa aiheuttaa vaurioita. Asevaikutuksen laajuutta ja voimaa on kyettävä säätämään joustavasti. Täsmäiskuihin ja rajoitettuun voimankäyttöön sopivilla asejärjestelmillä on kuitenkin kyettävä taistelemaan myös perinteisellä taistelukentällä täysimittaista sotaa.

Laivatykistön ja tulenjohtojärjestelmien uusia tehtäviä ovat:

- asymmetristen uhkien torjunta saaristossa ja kaupunkiympäristössä
- hallittu tulen tehon valinta ja säätely tehtävän mukaan; esimerkkeinä varoitustuli, terrorismin ja salakuljetuksen torjunta sekä sotilaallisen kohteen lamauttamien tai tuhoaminen

- asutuskeskustaistelun tukeminen
- rauhaanpakottamistehtävien tukeminen.

Laivatykistön maaleja voi olla maalla, ilmassa tai meren pinnalla.

Kaupunkisodankäynti on todennäköinen, mutta vaikein mahdollinen tehtäväkenttä tykistöasejärjestelmille. Rakennusten sisätilat, katutaso, maanalaiset ja vedenalaiset tilat ovat vaikeita kohteita perinteiselle maalinosoitukselle ja tulivaikutukselle. Asutuskeskustaistelussa laivatykistö käyttää monipuolista ampumatarvikevalikoimaa; elävää voimaa vastaan tarkoitettujen kranaattien rinnalla käytetään esimerkiksi rakenteiden läpäisyyn ja rikkomiseen pystyviä ammuksia sekä miinoja levittäviä kuorma-ammuksia.

Älykkäät tykki-tulenjohtojärjestelmät ampuvat tulikuvioita ja ohjelmoivat yksittäiset ammuksat kulloisenkin maalin tyyppin mukaan. Esimerkiksi maamaaleja ja pieniä merimaaleja vastaan voidaan ampua tulikuvio, joka peittää torjuttavan kohteen ilmaräjähdyksillä. Suoraa osumaa ei siten tarvita kohteen tehtävän keskeyttämiseksi.

Tykistö tavoittelee jopa 200 km kantamaa erikoisampumatarvikkeilla. Ammuksat ovat GPS-ohjattuja ja ne on varustettu perävirtaussyksiköllä, rakettimootorilla ja siivekkeillä. Ammuksissa voi olla loppuvaiheen hakeutumista varten sensorit ja ohjaimet tai radiolinkillä toteutettava lentoradan päivitysmahdollisuus. Lentoaika 200 km:n päähän on 10–15 minuuttia. Tärkeimpiin maaleihin voidaan tarvittaessa ohjata useita ammuksia samalla iskuhetkellä. Tarkasti ohjautuva tykistön ammus on kuitenkin erittäin vaikeasti toteutettava ja kallis asejärjestelmäsovellus, joten niiden massamainen hankinta ja käyttö on epätodennäköistä.

Laiva on haastava sensoreiden ja tykistön käyttöympäristö, sillä sen liikkeet vaativat jatkuvaa ja viiveetöntä järjestelmien tasaamista sekä paikka- ja suuntatietojen hallintaa. Pienissä aluksissa tila ja kantavuus rajoittavat tykistöjärjestelmän kokoa ja ampumatarvikkeiden määrää.

Uudet alukset varustetaan isokaliiperisilla tykistöasejärjestelmillä ja omasuojaa varten käytetään myös pienikaliiperisia automaattitykkeitä. Tyypillinen tulitukitehtäviin tarkoitettun laivatykistön kaliiperi on 155 mm. Laivatykit voidaan rakentaa osittain samoista komponenteista kuin maavoimien telahaupitsijärjestelmät. Tärkeänä kriteerinä on saman ampumatarvikkeen käyttö merellä ja maalla. Useita tämän tyyppisiä kehityshankkeita on käynnissä Euroopassa ja Yhdysvalloissa. 155 mm järjestelmiä tullaan asentamaan myös fregattikokoluokan aluksille.

Tietoverkot yhdistävät eri sensoreilta saatavat tiedot kattavaksi maalitilannekuvaksi. Tarkkaa maalitietoa saadaan satelliittien ja ilma-alusten sensoreilta sekä tutkilta ja optisilta sensoreilta. Maalitiedustelulta suojautuminen on entistä vaikeampaa. Sensorialustoista suurimman mielenkiinnon ja kehittämisen kohteena ovat miehittämättömät ilma-alukset.

Rannikolla toimivat tykistön tuliyksiköt ovat liikkuvia ja niiden kehityssuunta on sama kuin kenttätykistöllä. Ampumamenetelmien kehittyessä tykistöyksiköiden perinteinen

jako kenttä-, rannikko- ja ilmatorjuntatykistöön sekä heittimistöön hämärtyy; kaikki tulyksiköt kykenevät ampumaan liikkuvia pinta- ja ilmamaaleja.

Käynnissä olevissa raskaan tykistön kehittämishankkeissa valtaosa aseista sijoitetaan tela- ja pyöräalustoille. Niiden ammunnanhallintajärjestelmiin liitetään paikantamisvälineet (inertia, GPS), maalinpaikannusvälineistöt (tutka tai etäisyysmittari), ammunnan laskimet ja lähtönopeustutkat. Johtamisjärjestelmä välittää tulitehtävät ja tuliaseman ulkopuolisten tulenjohtajien antamat maalitiedot. Tykki kykenee johtamisjärjestelmän välittämän maalitiedon perusteella itsenäisesti tulitoimintaan.

Pyöräalusta tarjoaa paremman operatiivisen liikkumiskyvyn kuin tela-alusta. Hyökkääjän mähinnousun tai syvän iskun ensimmäisessä portaassa nähdäänkin todennäköisimmin kevyttä – myös ilmakuljetteista – tykistöä, kun taas raskaat telahaupitsit ovat valmistellun puolustuksen aseita.

### 7.3 Ohjusasejärjestelmät

Perinteiset meritorjuntaohjusten muutosaskeleet ovat kantaman lisäys, painon kasvu ja hakeutumistavat. Nyt tekniikan mahdollisuudet ja uhkakuvat muuttavat kehitysnäkymiä. Enää ei pyritä kehittämään merimaaleja vastaan optimoituja tutkahakupäisiä ohjuksia, joiden toiminnot noudattavat perinteistä kaavaa: ohjelmointi, laukaisu, passiivinen lentovaihe ja aktiivinen hakeutuminen.

Tulevaisuuden ohjuksissa on nähtävissä painon putoaminen tehon kärsimättä, kantaman kasvattaminen painon nousematta ja reittilennon monipuolistuminen. Lisäksi hakeutumisen ja maalinvalinnan vaihtoehdot tulevat kasvamaan ja huoltovälit pidentymään.

Ohjukset voidaan laukaista pinta-aluksista, ilmasta, maalaveteilta tai sukellusveneistä. Sukellusveneistä laukaistavia ohjuksia ovat esimerkiksi ballistiset ohjukset ja risteilyohjukset.

Stealth-vaatimusten kasvaessa ovat ohjukset muotoutumassa uudelleen. Perinteinen lieriömäinen ohjus saa uudentyypin, futuristisen, muotoilun, jolla tutkapoikkipinta-ala pyritään minimoimaan. Lisäksi kaikki ylimääräiset ulokkeet pyritään poistamaan. Aerodynamiikka pyritään hoitamaan mahdollisimman pitkälle ohjuksen rungolla.

Nykyistä tehokkaammat ajoaineet ja vähemmällä virrankulutuksella toimivat prosessit vähentävät matkalennon aikaista polttoaineen ja virran kulutusta. Tämän lisäksi nykyinen virtalähdetekniikka mahdollistaa pienempien ja tehokkaampien virtalähteiden käytön. Tietotekniikka mahdollistaa prosessoinnin entistä pienemmissä yksiköissä. Tais-  
telulatauksissa käytettävien räjähdysaineiden tehon kasvu niin ikään pienentää taistelulatauksen tilatarvetta.

Reittilentolentovaiheen aikainen ohjuksen oma paikanmääritys toteutetaan inertiaohjauksjärjestelmän, GPS:n, maastonavigoinnin tai tutkaseurannan avulla. GPS:n käyttö on yleistymässä, mutta se ei ole ohjuksen ainoa paikanmääritysmenetelmä. Maastona-

vigointi toteutetaan korkeusmittauksen ja ohjuksen digitaaliskartan avulla. Ohjus vertaa mitattua maaston korkeuden muutosta karttaan ja näin korjaa oletettua paikkaa lento-radalla. Tämän lisäksi ohjuksen lentoradalle voidaan ohjelmoida tarkastuspisteitä, joissa se tarkistaa paikkansa ja korjaa virheen automaattisesti.

Hakeutuminen tulee jatkossa perustumaan monitoimihakupäihin. Monitoimihakupäässä on yhdistettynä kahden tai useamman sensoritekniikan hyödyt. Meritorjuntaohjuksissa on kehityssuuntauksena nähtävissä tutkahakupään ja infrapunahakupään toimintojen yhdistelmä. Ohjuksella voidaan käyttää olosuhteista riippuen jompaa kumpaa toimintoa tai sensorifuusion tyyppisesti muodostaa hakualueen kuva yhdistämällä näiden kahden sensorin antama informaatio. Tällä saavutettavat edut ovat selkeitä. Hahmon tunnistus helpottuu, maalista voidaan määrittää nykyistä tarkemmin osumapiste ja halutut maalityypit voidaan käskä ohjukselle jo ennen laukaisua. Lisäksi sensorifuusio vaikeuttaa ohjuksen häirintää.

Merivoimien ohjuksien maaleina ei ole pelkästään merimaaleja. Meritorjuntaohjuksia käytetään myös maamaaleja vastaan. Maalit tulevat jatkossa olemaan enenevässä määrin lähellä siviiliasutusta ja tästä johtuen maalivalinnan oikeus ja taistelulatauksen vain välttämätön teho ovat kehitystä sääteleviä tekijöitä. Jatkossa ohjusjärjestelmät tultaneen jaottelemaan, monitoimisuudestaan johtuen, enemmänkin kantamansa kuin käyttötarkoituksensa puolesta.

Huollollisesti ohjusten tulevaisuus helpottuu. Tarkoin säädelyissä varastointiolosuhteissa ohjuksien huoltovälit kasvavat nykyisestä moninkertaiseksi. Säännöllisesti tehdyillä tarkastuksilla ja ruutierien seurannalla kyetään pitämään ohjukset varastoituina ilman huoltotoimenpiteitä jopa yli kymmenen vuotta.

Ohjuksia markkinoivien yritysten määrä vähenee. Nykyisestä useasta kymmenestä yrityksestä siirrytään muutamaaan laajoja markkinoita hallitsevaan yritykseen. Todenäköinen jako tulee olemaan Eurooppa, Yhdysvallat, Venäjä ja Aasia. Tämä johtanee ohjusteknologian kilpailun vähenemiseen ja sitä kautta järjestelmien hinnan nousuun yli tekniikan normaalien suuntauksien.

Ohjustoimittajat pyrkivät perheajatteluun. Saman ohjusperheen sisältä tulee löytymään kaikkia käyttötarkoituksia varten omat ohjuksensa. Huolto pyritään saamaan mahdollisimman yhtenäiseksi perheen sisällä. Modulaariset järjestelmät mahdollistavat ohjusten taistelulatausten tai jopa hakupäiden vaihdon ilman toimittajan tukea.

## 7.4 Miina-asejärjestelmät

Merimiinalla on edelleen tärkeä rooli merisodankäynnissä. Miina-aseen merkityksellisyttä osoittaa muun muassa pyrkimykset rajoittaa merimiinateknologian leviämistä ballististen ohjusten rajoitussopimusten tavoin<sup>1</sup>. Miinoja pidetään kustannustehok-

<sup>1</sup> Naval Mine Warfare: Operational and Technical Challenges for Naval Forces. Committee for Mine Warfare Assessment, Naval Studies Board, National Research Council. National Academy Press 2001. 2. luku, 25. sivu. Rajoitusjärjestelyä ajaa Yhdysvaltain merivoimat. Lähteessä on mainittu komitean suositukset Yhdysvaltain merivoimaministerille aloittaa kansainväliset neuvottelut ko. asiassa. Vastaava korkean teknologian leviämistä rajoittava sopimusjärjestely on 1987 luotu ballististen ohjusten teknologian rajoitusjärjestelmä (Missile Technology Control Regime).



kaimpana (cost-effective) rannikkosodankäynnin (littoral warfare) asejärjestelmänä.<sup>2</sup> Merimiinoilla arvioidaan olevan merkittävä rooli myös asymmetrisessä sodankäynnissä.<sup>3</sup> On kuitenkin todettava, että merimiina nähdään yleismaailmallisesti ensisijaisesti merenherruuden kiistämisen (sea denial) keinona, eikä merenherruuden (sea control) saavuttamisen keinona. Tämä johtuu osin merimiinan teknisistä ominaisuuksista ja sen käyttöympäristön asettamista fysikaalisista rajoitteista. Merimiinan vaarallisuuden tilaan ja maalin valikointikykyyn liittyy aina epävarmuustekijöitä. Lisäksi miinojen vaikutus on ajallisesti ja toiminnallisesti esimerkiksi merimaaliohjusta suurempaa – huolimatta itse miinaan asetetuista toiminta- ja toiminta-aikaparametreista.

Maailmalla on aktiivisessa käytössä miinoja I maailmansodan ajoilta. Uusimmat miinat ovat vaikeasti havaittavia sekä älykkäillä herätekonesteilla varustettuja. Näiden torjunta on hyvin vaikeaa.<sup>4</sup> Maailmanlaajuisesti ainakin 45<sup>5</sup> valtiolla on käytössään merimiinoja ja kyky laskea niitä. Ainakin 30 valtiolla uskotaan olevan merimiinatuotantoa, ja näistä 20 pyrkii myös myymään tuotantoaan.<sup>6</sup> Käytössä olevia merimiinoja arvioidaan olevan yli 300 erilaista mallia.<sup>7</sup> Miinojen hankinta- ja käyttökynnystä alentaa miinojen alhainen hankintahinta moneen muuhun asejärjestelmään verrattuna.<sup>8</sup>

Merimiinat on jaettu laukaisutavan mukaan yleensä seuraavasti:

1. Kosketusmiina, joka toimii kun maali koskettaa sitä.
2. Heräte miina, joka laukeaa maalin ympäristöönsä aiheuttaman häiriön perusteella.
3. Kontrolloitu miina, joka laukaistaan kauko-ohjatusti kun maali on sen kohdalla tai toimii ennalta asetettuna aikana.

Miinoja voidaan laskea kaikenlaisilta laveteilta: pinta-aluksista, sukellusveneistä, lentokoneista ja helikoptereista. Miinojen tehokas käyttösyvyys pinta-aluksia vastaan ulottuu noin 60–80 metriin. Sukellusveneitä vastaan käytettävien miinojen käyttöalue ulottuu jopa 1000 metriin.

Kosketusmiinoissa edelleen käytetyt tekniset ratkaisut, kuten laukaisu- ja syvyytyskoneistot, on kehitetty ennen toista maailmansotaa.<sup>9</sup> Suurin osa operatiivisessa käytössä olevista heräte miinoista perustuu enintään 1980-luvun tekniikkaan. Tämän aikakauden miinoja ovat mm. saksalais-tanskalainen SM G2, ruotsalainen BGM 601 ja italialainen MP80.<sup>10</sup> Tätä uudempia heräte miinoja taistelukäyttöön on kehitetty kuitenkin ainakin Suomessa, Puolassa, Espanjassa ja Venäjällä.

<sup>2</sup> Baus, s. 6.

<sup>3</sup> Naval Mine Warfare: Operational and Technical Challenges for Naval Forces. 1.Luku, sivu 3.

<sup>4</sup> Naval Mine Warfare: Operational and Technical Challenges for Naval Forces. 2.luku, sivu 25. Ks. myös Oceanography and Mine Warfare. The National Academy of Sciences. 2000. Luku 2: Mine Warfare: An Overview, s 9.

<sup>5</sup> Baus, s. 6. Oceanography and Mine Warfare. Luku 2, sivulla 9 todetaan, että yli 50 maalla, joista osa on poliittisesti arveluttavilla alueilla, on miinanlaskukyky.

<sup>6</sup> Baus, s. 6. Ks. myös Whitfield, Walter, V., LtCol, USMC: Mine Warfare Component Coordination in Support of Operational Maneuver from the Sea. Raportti. U.S. Naval War College. 19.5.1997. Sivun 1. Whitfieldin mukaan miinoja omistavia maita on 49. Muutoin tiedot ovat samat kuin Bausillakin.

<sup>7</sup> Oceanography and Mine Warfare. Luku 2, s.9. Vertaa Jane's Underwater Warfare Systems 2000–2001, toimittanut Watts, Anthony. J. Jane's Information Group Limited, Sentinel House, Coudson, Surrey, UK. Lähteessä mainitaan maailmalla olevan käytössä vain noin 70 miinaa ja valmistaja- / käyttäjämaita alle 20.

<sup>8</sup> Baus, s. 6. Ks. Myös: Oceanography and Mine Warfare. Luku 2, s. 9.

<sup>9</sup> Ks tarkemmin Hartmann, Gregory, ja Truver, Scott, Weapons that Wait, updated edition. United States Naval Institute, Annapolis, U.S.A.1991. Luvut 2 ja 3.

<sup>10</sup> Jane's Underwater Warfare Systems 2000 – 2001

Keskeisnä merimiinojen tämänhetkisenä kehittämistrendinä on harjoitusherätemiinojen kehittäminen, koska esimerkiksi useimmissa Nato-maissa taistelumiinojen käyttötarve on vähentynyt tämän luvun ensimmäisessä kappaleessa kuvatuista syistä johtuen. Harjoitusmiinojen kehittäminen takaa tarvittavan teknologisen osaamistason ylläpidon sekä auttaa kehittämään miinantorjuntavälineitä. Harjoitusmiinojen kehittäminen luo siis edellytykset taistelumiinojen valmistamiselle tarpeen vaatiessa.

Merimiinojen kehittäminen<sup>11</sup> perustuu yleisiin merisodan muutoksien edellyttämiin tarpeisiin. Tarpeita ovat mm. monimuotoisempi asevaikutus (system effect), laajentunut käyttöympäristö, parempi kontrolloitavuus, maalinvalinta ja raivauksenesto sekä halvemmat elinajaksokustannukset.

Keskeisimmät merimiinojen teknologiset kehitystrendit ovat

- 1) Miinojen ja miinoitteiden kauko-ohjaus joko automaattisesti tai manuaalisesti (man in the loop). Kontrollointi voi käsittää toimintoja yksinkertaisesta päälle – pois ja sterilisointi toiminnoista miinojen maaliparametrien säätämiseen. Parametrien säätö voi perustua esimerkiksi päivitettyyn tiedustelutietoon. Kontrollointi voisi tapahtua myös esimerkiksi sukellusveneestä (SSBN). Mainitut toiminnot mahdollistava teknologinen kehitysaskel on akustinen tiedonsiirtokyky.
- 2) Miinojen elektroniikan, ohjelmointityökalujen sekä sensorien kehittyminen. Eri-laisia sensoreita ja niiden kombinaatioita (mg, akustinen, paine ja sähkökentät) voidaan sisällyttää herätekoneistoihin aikaisempaa paremmin. Sensorien tuottamien signaalien käsittelymahdollisuudet monipuolistuvat. Lisäksi miinojen herätekoneistojen ohjelmointi helpottuu. Nämä teknologiset kehitysaskleet mahdollistavat mm. paremman maalien valinnan ja miinojen raivaukseneston.
- 3) Hajautetut sensorikentät ja efektorit. Osa tai kaikki maalin havaitsemiseen liittyvät toiminnot voidaan erottaa varsinaisesta efektorista (latausosa). Tämä kehityssuuntaus lisää miinoitteiden tehokkuutta ja raivauksenkestoa. Se vähentää myös yksittäisten miinojen monimutkaisuutta ja hintaa. Miinoitteen kontrolloitavuus myös helpottuu.
- 4) Miinojen käytön optimointi tietokoneperustaisten päätöksenteko- ja asiantuntijajärjestelmien avulla. Toiminnan mahdollistavina teknologioina ovat yleinen tietokoneiden elektroniikan ja ohjelmistojen kehittyminen sekä niihin perustuva matemaattisen mallintamisen ja simuloinnin kehittyminen. Erityisesti paikkape-rustaiset analyysit ja niiden visualisointi kehittyvät. Syöttöparametreina käytetään tietoja miinan sensoreista ja toimintalogiikasta, ympäristöstä ja sen häiriöistä sekä miinan kohteista eli aluksista.
- 5) Pystysuunnassa liikkuvat miinojen efektoriosat. Ratkaisu lisää miinojen pystysuuntaista toimintasädettä välivedessä oleviin ankkuroituihin miinoin verrattuna. Tällaisen miinan propulsiolaitteena voi olla yksinkertainen torpedo, raketti tai jopa kelluvuus. Näiden miinojen käyttöalueen arvioidaan laajenevan myös alle 100 metrin syvyysalueelle.
- 6) Kaukolasku ja täsmäaseteknologian (standoff / precision delivery) hyödyntäminen. Kaukolasku eli miinojen laskeminen eri paikasta kun missä miinan on tarkoitus vaikuttaa lisää miinanlaskun turvallisuutta ja salattavuutta. Laukaisulavetteina voi-

<sup>11</sup>Naval Mine Warfare: Operational and Technical Challenges for Naval Forces, 1.luku, 3. Sivu 8–9 Lisäksi "A Concept for Future Naval Mine Countermeasures in Littoral Power Projection. U.S. Marine Corps Concept Paper. 3.6.1998. Sivut 4–5. Saatavilla [www-muodossa <url: http://192.156.75.102/mcm.htm>](http://192.156.75.102/mcm.htm).

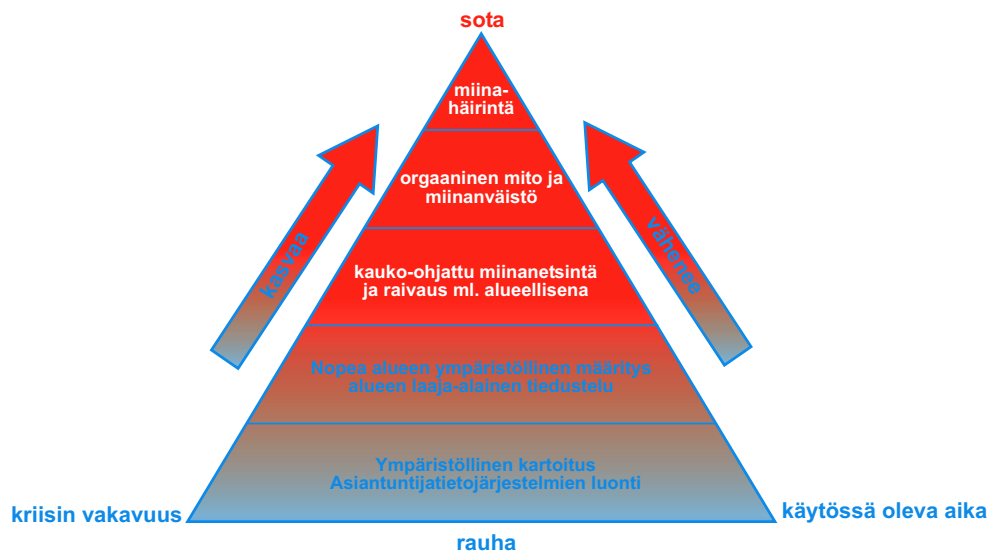
vat toimia sekä pinta-, ilma- että vedenalaiset alukset. Toiminnan mahdollistavina teknologioina ovat mm. automaattiset merenkulkujärjestelmät, tarkkuusnavigointi mukaan lukien sekä ulkoiset miinasäiliöt (suvat).

- 7) Erilaisten ei-tappavien latausten käyttö. Tällaisilla järjestelmillä voidaan rikkoa aluksen propulsiolaitteet, vaurioitetaan elektronisia järjestelmiä tai merkitään maalit herätteiltään tunnistettaviksi (tagging).
- 8) Miinojen koon pienentäminen käyttämällä uutta elektroniikkaa, pienempiä paristoja, korkeaenergisiä latauksia tai käyttämällä hakeutumislaitteita pienentämään latauksen kokovaatimuksia. Pienemmät miinat helpottavat miinanlaskua ja heikentävät niiden havaittavuutta.
- 9) Miinojen siirtymiskyky merenpohjalla. Kyky lisää miinoitteen raivauksenkestoa ja myös tehokkuutta..
- 10) Miinojen räjähtävien komponenttien erottaminen omiksi kokonaisuuksiksi. Tällä pyritään kuljetus- ja käyttöturvallisuuden lisäämiseen. Myös varsinaisista räjähdysaineista miinan viritinvarmistimessa pyritään eroon. Nämä toiminnot mahdollistavina teknologioina ovat mm. energieettisten monikerrosmetallirakenteiden ja lasersytyttimien kehittäminen.
- 11) Kaupallisten ja pitkäikäisten komponenttien käyttö miinoissa. Pyrkimyksenä on miinojen elinjaksokustannusten minimointi. Miinojen moduulirakenteisuus, ohjelmistojen avoimuus sekä elektroniikassa kehitysvaiheessa huomioitu laajennettavuus säästävät myös miinan elinjakson kokonaiskuluja.

## 7.5 Miinantorjunta

Tarkasteluajanjakson aikana merisodankäynti siirtyy lisääntyvässä määrin syviltä avo-merialueilta (Blue Water) rannikko- ja satama-alueille (Littoral Water). Tämä tulee korostamaan miinantorjunnan asemaa kiinteänä osana taistelevia joukkoja (Organic Mine Countremeasures). Kauppameriliikenteen, joukkojen ja materiaalikuljetusten riippuvuus rannikkoalueiden merireiteistä sekä satamiin johtavista väylistä ja itse satamista edellyttää miinantorjunnalta nopeaa siirrettävyyttä mahdollisen miinavaaran havainnointiseksi ja sen poistamista. Keskeisenä kehityssuuntana on korkean miinantorjuntateknologian ja nopeasti liikuteltavien miinantorjuntajoukkojen liittäminen osaksi merellisiä taisteluosastoja (Force Multiplier). Mereen rajoittuvien kriisialueiden merellisten ympäristöolosuhteiden tiedustelu lisääntyy (Rapid Environmental Assessment). Tiedustelulla etukäteen kerättävät merenpohja- ja olosuhdetiedot taltioidaan tietojärjestelmiin (Mine Warfare Data Centre), josta ne voidaan siirtää satelliittiyhteyksin operaatioalueella toimivalle johtoportaalille sekä suoraan miinasodankäynnin joukoille. Maailmakaupan kannalta tärkeät merialueet ja satamat varmennetaan mahdollisilta terrorimiinoitteilta vedenalaisilla valvonta- ja etsintäjärjestelmillä sekä erikoiskoulutetuilla miinantorjuntasukeltajilla (Explosive Ordnance Disposal Divers). Henkilöstöön ja kalliisiin järjestelmiin kohdistuvia riskejä pienennetään käyttämällä lisääntyvässä määrin helposti vaihdettavia ja saatavia komponentteja (Commercial off The Shelf) sekä kauko-ohjattavia ja miehittämättömiä miinantorjuntajärjestelmiä (Autonomous Underwater Vehicles).

Tehokkainta miinantorjuntaa on miinanlaskijoiden tehtävän estäminen. Viimeisimmässä Persianlahden konfliktissa vuonna 2003 Yhdysvaltojen johtama liittouma onnistui estämään Kuwaitin sodan kaltaisen massiivisen miinoittamisen.



**Kuva 1.** Miinantorjuntamenetelmien jakaantuminen suhteessa aikaan ja kriisin vakavuuteen.

Huolimatta kahdesta viimeisestä Persianlahden sodasta, joissa puolustuksellisella miinasodankäynnillä on ollut vaikutuksensa meri- ja maaoperaatioiden vaikeuttamiseen, nykyaikaiset miinanraivaus, etsintä-, tuhoamis- ja häirintämenetelmät ovat edelleen hitaita suhteessa vaadittavaan operatiiviseen nopeuteen tuotaessa joukkoja mereltä maihin. 1990- ja 2000 -luvulla sekä käynnissä olevista konflikteista saadut merisotakokemukset ovat viimeisen viidentoista vuoden aikana suunnanneet miinantorjuntateknologian kehittymisen kohden kauko-ohjattavia ja miehittämättömiä järjestelmiä sekä miinantorjunnan johtamisen tietojärjestelmiä. Olosuhdetietojen kokoaminen ja analysoiminen jo rauhanaikana mahdollisilta kriisialueilta sekä niiden hyödyntäminen kriisiaikana päätöksenteon tukemisessa oikeiden ja oikea-aikaisten miinantorjuntatoimenpiteiden valitsemiseksi on avaintekijä miinantorjuntatoimenpiteiden nopeuttamiseksi. Ihmisiin ja kalliisiin järjestelmiin kohdistuvia riskejä pyritään minimoimaan sonari- sekä vedenalaisen sensori- ja kulkuneuvoteknologian kehittämällä kohden älykkäitä ja itse ohjautuvia miinantorjuntajärjestelmiä.

Miinantorjunnan etsintäkalustoon tulee kuulumaan kauko-ohjattavat joko nopeakulkuisista pinta-aluksista tai sukellusveneistä käytettävät miehittämättömät vedenalaiset multisensorijärjestelmät (AUV/UUV = Autonomous Unmanned Underwater Vehicles), joilla voidaan kartoittaa, etsiä, tunnistaa ja taltioida sekä tehdä vaarattomaksi vedenalaisia kohteita useiden kymmenien jopa satojen kilometrien päästä emoaluksesta. Tekniikan kehitys pienentää sonareiden kokoa, tehon tarvetta ja hintaa.

Kertakäyttöisillä ja kauko-ohjattavilla vedenalaisilla kulkuneuvoilla (ROV-E = Remotely Operated Vehicles –Expendable) nopeutetaan miinanetsinnässä löydettyjen kohteiden

tunnistamista ja vaarattomaksi tekoa. Järjestelmiä voidaan käyttää sekä pinta-aluksista, helikoptereista ja sukellusveneistä. Merenpinnan alaiset fysikaaliset olosuhteet kuten näkyvyys, veden suola- ja lämpötilakerrostuneisuus sekä merenpohjan muoto ja laatu eivät mahdollista siirtymistä täysin langattomiin kauko-ohjattaviin järjestelmiin. Perinteiset ihmisen ohjaamat kauko-ohjattavat vedenalaiset robottijärjestelmät tulevat säilyttämään asemansa miinantorjunnan keinovalikoimassa. Tämä edellyttää mahdollisimman heräteettömien ja miinanräjähdysten shokkivaikutuksia kestävien alusratkaisujen käyttämistä.

Miinateknologian kehittyminen kohti älykkäämpiä miinoja edellyttää jatkossakin miinanraivauskyvyn olemassa olon sekä siirtymisen kauko-ohjattavaan heräte- ja kosketusraivaukseen. Heräteemiinujen häirintä ja niiden herätekoneistojen ajallinen ”jumittaminen” (Mine Jamming) korostuu tilanteissa, joissa käytettävä aika ja tiedustelutiedot ovat rajoitettuja suhteessa operaatiolle asetettuihin tavoitteisiin.

Helikoptereiden käytön painopiste tulee kehittymään vedettävien raivaus- ja etsintäkalustojen käytön lisäksi kauko-ohjattavien kertakäyttöisten miinantuhoajien (ROV-E) hyödyntämiseen yhdessä laser- ja viistokaikumittaimiin asennettavien korkeaan resoluutioon tähtäävän teknologian kanssa. Lähellä vedenpintaa olevat miinat voidaan havaita ja paikantaa helikopteriin asennettavalla laser-etsimellä. Sonari- ja sensoriteknologian kehittyminen kohden kevyempiä ja kooltaan pienempiä järjestelmiä mahdollistaa helikoptereiden käyttämisen myös muissa kuin Yhdysvaltojen merivoimissa.

Maihinnousun kannalta matalat, 3–10 metrin syvyiset, vesialueet muodostavat miinantorjunnallisen ongelman akustisille etsintämenetelmille ja heräteraiivaukselle. Pienikokoisia ja suhteellisen halpoja AUV/UUV-järjestelmiä käytetään täydentämään olemassa olevaa aukkoa. Alle 3 metrin alueet varmennetaan ns. telaketjuryömiöillä, joita käytetään mm. tänä päivänä räjähteiden tunnistamisessa ja vaarattomaksiteossa.

Yhdysvalloissa kehitetty merinisäkkäiden (delfiinit ja merileijonat) käyttö matalissa vesissä on osoittautunut käyttökelpoiseksi miinantorjuntamenetelmäksi. Merinisäkkätoiminta on hyödyllistä, kun sitä käytetään yhtäaikaaisesti sekä sukeltajatoiminnan ja AUV/UUV-teknologian kanssa alueilla, joilla veden syvyys ja paikalliset olosuhteet estävät muiden miinantorjuntamenetelmien käytön. Tämän sovellusalueen rohkaisevat kokemukset on saatu viimeisimmästä Persianlahden konfliktista 2003. Merinisäkkäiden taktista käyttöä rajoittaa kuitenkin niiden vaatima raskas huolto- ja tukijärjestelmä, joka joudutaan tuomaan operaatioalueen välittömään läheisyyteen.

Miinantorjuntasukeltajien toimintaa kehitetään tarkastelujaksolla kohden räjähteiden käsittelyyn erikoistunutta sukeltajatoimintaa painopisteenä satama-alueet. Sukeltajayksiköt koulutetaan käsittelemään kehittyntä sonarteknologiaa ja ne täydennetään siirrettävillä AUV/UUV-järjestelmillä. Niistä muodostetaan nopeasti siirrettäviä ns. EOD (Explosive Ordnance Disposal) ryhmiä, joilla voidaan vastata mahdollisiin terrorismin aiheuttamiin uhkiin mm. satama-alueilla.

## Lähteet:

- Merivoimien miinantorjunnan kehittämisohjelmaan kuuluva arviointi- ja selvitystyöt;
- tietopyynnöt (RFI) kotimaiselta ja Eurooppalaiselta puolustusvälineiteollisuudelta.
- NATO:n miinantorjuntasymposium 20.–22.10.2004 Belgia Oostende.
- Nato Naval Armament Group Maritime Capability Group 3 vuosina 1999–2008.
- Nato Naval Mine Warfare Conference vuosina 1999–2007.
- BALTRON Working Group vuosina 1997–2007.
- Under Water Defence Technology näyttelyt vuosina 1999–2007.
- Monikansalliset miinantorjuntaharjoitukset vuosina 1997–2007.
- Baltic Safety Ordnance Board 2007 alkaen
- Miinantorjunnan yhteistyö ja tiedonvaihto Nato -maiden merivoimien kanssa.

## 7.6 Sukellusveneentorjuntajärjestelmät

Vedenalaisen sodankäynnin tutkimisen ja kehittämisen painopiste on matalilla vesi- ja rannikkoalueilla eli ns. littoraalialueilla. Tällä hetkellä tutkitaan ja kehitetään useita järjestelmiä, jotka liittyvät operointiin rantavesillä. Erityisesti tutkimuksen kohteena ovat matalataajuiset aktiiviset sonarit, multistaattiset sonarit sekä miehittämättömät vedenalaiset kulkuneuvot. Vedenalaisessa sodankäynnissä miina-, miinantorjunta ja sukellusveneentorjuntasodankäynnin eri teknologiat ja tekniikat sekä asejärjestelmien käyttöperiaatteet ovat lähentyneet viime vuosien aikana niin merkittävällä tavalla, että paikoitellen on enää vaikea nähdä eroa em. konventionaalisen jaon ja käytännön välillä. Alusuunnittelun osalta tämä on nähtävissä esimerkiksi USA:n Littoral Combat Ship -aluskehityshankkeen osalta, johon suunnitellaan tanskalaisten Stanflexin tapaan modulaarista järjestelmärakennetta. Käytännössä LCS-alukselle voidaan vaihtaa sukellusveneentorjunta- tai miinantorjuntamoduuli tehtävatarpeen mukaisesti.

Huolimatta yleisen sodankäynnin muutoksesta asymmetrisen terroristi-sodankäynnin suuntaan, sukellusvene säilyttää roolinsa eräänä merkittävimpänä merivoimien komponenttina maailmalla. Monikäyttöisyysvaatimus on yksi määräävä trendi myös sukellusveneiden kehittämisessä. Sukellusveneiden vedenalaista toimintanopeutta on kyetty kasvattamaan. Alusten toiminta-aikoja veden alla on kyetty merkittävästi pidentämään käyttämällä ulkopuolisesta hapestasta riippumattomia koneistoja (AIP, Air Independent Propulsion). Uusia voimalähdetekniikoita tutkitaan ja kehitetään voimakkaasti näistä esimerkkinä mm. polttokennotekniikka. Yhtäjaksoinen sukellusaika tulee kasvamaan kehittyneemmän koneistojärjestelmän ansiosta jopa nelinkertaiseksi, nykyisestä noin viikosta jopa kuukauteen. Alusten veteen välittyvä ääni pienenee entisestään. Alukset ovat jo nyt erittäin hiljaisia etenkin matalilla nopeuksilla. Useimmat sukellusveneet on päällystetty melua pienentävällä pinnoitteella. Kasvanut vedenalainen nopeus, pidentynyt toimintamatka ja -aika, tulivoima, parantunut akustinen analysointikyky ovat lisänneet sukellusveneiden operatiivista toimintakykyä merkittävästi. Pelkästään suurista fyysisistä mitoista johtuen on todennäköistä, ettei Itämeren alueelle kehitetä lähivuosina ydinkäyttöisiä sukellusveneitä. Todennäköisempää on, että konventionaalisia sukellusveneitä ja pienoissukellusveneiden teknologioita ja lavetteja kehitetään Suomen

lähialueilla. Perinteisten sukellusveneiden määrä todennäköisesti vähenee entisestään Itämerellä nykyisestä noin 30 aluksesta 2010-luvun aikana. Määrän väheneminen korvaantuu uusien tai modifioitavien sukellusveneiden paremmalla suorituskyvyllä ja huoltotarpeen vähenemisellä. Sukellusveneiden käyttötehokkuus paranee. Kun 1990-luvulla neljästä sukellusveneestä kolme oli huoltokierrossa ja yksi operatiivisessa käytössä (suhde 3:1), 2010-luvulla kahdesta aluksesta toinen on huollossa toisen ollessa operatiivisessa tehtävässä (suhde 1:1). Sukellusveneiden tehtävinä tulevat Itämerellä edelleen olemaan tiedustelu ja valvonta, erikoisjoukkojen kuljetukset, miinoittaminen sekä hyökkäykset torpedoin ja ohjuksin vastapuolen maalla, meren pinnalla tai vedessä oleviin kohteisiin. Sukellusveneitä käytetään mm. salaisiin ja tarkkuutta vaativiin hyökkäyksellisiin miinoitustehtäviin. Saaristoon tai rannikon läheisyyteen laskettavat miinoitteet sukellusveneestä kestävät kuitenkin kauan, joten miinoittaminen sukellusveneillä tapahtunee ennen varsinaisia hyökkäysoimia.

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmissä olevien sonarien kehityksessä on ajankohtaisena matalataajuinen aktiivi/passiivi-sonari (Low Frequency Active Towed Array Sonar, LF-TAS). Kehityksestä huolimatta Itämeren vaikea ympäristö asettaa vedenalaisten TVM-järjestelmien suorituskyvylle rajoitteita; häiritseviä tekijöitä ovat muiden muassa taustakohina, pohjaheijastukset ja -vaimennukset sekä voimakkaasti vuodenaikojen mukaan muuttuva lämpötilagradientti. Tässä skenaariossa moderni sukellusvene voidaan paikantaa varmasti vain aktiivisten sonarien avulla ja tällöinkin havaintoetäisyydet jäävät todennäköisesti alle kymmeneen kilometriin. Hinattavien sonarien ongelmana on usein suuri koko. Sensorikela painaa helposti useita tuhansia kiloja ja vie paljon tilaa aluksella. Yhdysvaltain laivaston tutkimuskeskus on tutkinut erittäin ohutta, n. 1–2 mm paksuudeltaan olevaa, sensorijärjestelmää. Tämä mikrosonarikaapeli on osoittautunut kokeissa lupaavaksi eikä vähiten sen takia, että 2 mm:n paksuinen ja 150 metrin mittainen sensorikaapeli aiheuttaa vain 40–50 kilogramman vedon alukselle.<sup>12</sup> Toinen merkittävä kehityssuunta ovat multistaattiset sonarit, joissa yhden lähettimen akustista signaalia vastaanotetaan useamman kuin yhden vastaanottimen avulla. Terrorisminuhan takia on satamien suojaukseen suunniteltujen vedenalaisten valvontajärjestelmien kehitystyö ollut voimakasta. Markkinoille on tullut paljon uusia satamien valvontajärjestelmiä, jotka on suunniteltu nimenomaan erikoistoimintajoukkoja (taistelusukeltajia, yms.) vastaan.

Modernit avomerikäyttöön tarkoitetut taistelualukset ja sukellusveneet varustetaan torpedoja vastaan tarkoitetuilla harhamaalijärjestelmillä. Torpedoharhamaalijärjestelmä käsittää sensorin, jolla havaitaan lähestyvä torpedo, prosessointi- ja analysointitietokoneen, jolla määritetään sopivat torjunta- ja harhautustoimet sekä varsinaiset harhamaalit, jotka ovat tyypillisesti aluksen lähelle pudotettavia tai ammuttavia akustisia heitteitä. Torpedoharhamaalijärjestelmät integroidaan suoraan alusten taistelujärjestelmiin, jolloin vasteajat pienenevät.

Sukellusveneiden torjunta-aseina käytetään jatkossakin miinoja, syvyyspommeja ja –raketteja sekä torpedoja. Torpedo säilyttää paikkansa ensisijaisena pinta- ja ilma-alusten sekä sukellusveneiden käyttämänä sukellusveneentorjunta-aseena. Torpedo on aseena käynyt läpi melkoisen muutoksen viimeisenä kahtena vuosikymmenenä. Nykyaikainen

<sup>12</sup> US Naval Surface Warfare Center www-sivu: <http://www.dt.navy.mil/wavelengths/archives/000037.html>, haettu 18.3.2008

torpedo on erittäin kehittynyt, ohjattu tai hakeutuva, vedenalainen ohjus. Torpedossa käytetään nykyisin nimenomaan ohjusteknologiasta tuttuja tekniikoita. Torpedojen kehityksessä huomiota on kiinnitetty erityisesti järjestelmien hydrodynaamisuuteen, propulsiotekniikoihin, elektro-akustisten lähetin-vastaanottimien rakenteisiin, signaalin käsittelyyn, digitalisointiin, signaalikirjastoihin, simulointiin ja taistelulatauksen suunnitteluun. Teknisten parannusten takia osumatodennäköisyyttä on kyetty lisäämään, jonka voidaan arvioida olevan yhden torpedon osalta noin 0.95. Sukellusveneissä tullaan käyttämään tilansäästösyistä vain yhdenlaista torpedoa, joka sopii sekä pinta-aluksia että sukellusveneitä vastaan. Eräs kehityssuuntaus torpedoissa on höyryturbiiniin perustuva lämpövoimapropulsiojärjestelmä. Tässä sovelluksessa energia tuotetaan kemiallisessa prosessissa. Tavoitteena on saavuttaa suurempi nopeus ja toimintamatka perinteisiin torpedoihin verrattuna. Sähkötorpedojen osalta kehitystyötä tehdään akkutekniikassa. Hopea-sinkki- (Ag-Zn) tai magnesium-hopeakloridi-akut (Mg-AgCl) tullaan todennäköisesti korvaamaan tehokkaammalla alumiini-hopeaoksidi-akuilla (AlAgO). Yleisen akkuteknologian kehittymisen myötä voidaan arvioida, että myös torpedojen (ja myös sukellusveneiden) akut tulevat kehittymään merkittävästi. Aluksille kehitettyjen torpedoharhamaalijärjestelmien takia kehitetään vastavuoroisesti torpedojen sensoreiden rakennetta, signaalinkäsittelykykyä sekä häirinnän väistöalgoritmeja. Torpedoteknologiaa tullaan myös todennäköisesti yhdistämään miehittämättömien vedenalaisten kulkuneuvojen (Unmanned Underwater Vehicle, UUV) teknologioiden kanssa.



## 8. ILMAPUOLUSTUSJÄRJESTELMÄ

Päivitys 2008:

Inskapt Risto Pajuniemi, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Ilpo Paukkeri, Ilmavoimien Esikunta  
 Insmaj Mikko Kangas, Ilmavoimien Esikunta  
 Insmaj Juho Suhonen, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Tommi Laitinen, Ilmavoimien Esikunta  
 Insevl Kari Renko, Ilmavoimien Esikunta  
 Inskapt Kalle Passoja, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Esa Männistö, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Juhani Nousiainen, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Harri Tilvis, Ilmavoimien Esikunta  
 DI Ari Välikangas, Ilmavoimien Esikunta  
 Inskapt Tero Majamaa, Ilmavoimien Esikunta  
 Ylil Mikko Sorsakivi, Ilmasotakoulu  
 Ylil Jari Kiviluoma, Ilmavoimien Esikunta

### 8.1 Johdanto

Ilma-alusten asejärjestelmissä ei odoteta tarkastelujakson aikana tapahtuvan merkittävää uusien aseiden tai menetelmien esiintuloa. Käyttöön tulevat järjestelmät ovat vähintäänkin laboratorioasteella ja kokeilukäytössä. Käytön ja kehityksen painopisteet sen sijaan siirtyvät perinteisen puolustushaaraajan rikkoviin yhteisoperaatioihin ja miehittämättömien ilma-alusten järjestelmiin.

Eri sensoreiden tuottama tieto pyritään yhdistämään mahdollisimman laajaksi ja tosiaikaiseksi kokonaistilannekuvaksi. Tavoitteena on kohdistaa eri puolustushaarojen mahdollisesti hyvinkin toisistaan poikkeavia elementtejä ja näiden vaikutusta samaan kohteeseen samanaikaisesti siten. Päätöksentekoon vaikuttavat kohteiden laatu ja koko. Hajautetussa ryhmityksessä olevat hyökkäys-elementit kootaan hyvän tilannekuvan ja tehokkaan johtamisjärjestelmän avulla kohteelle ja iskun jälkeen palataan hajautettuun ryhmitykseen mahdollisimman nopeasti.

Vaikuttaminen pyritään tekemään mahdollisimman kaukaa risteilyohjuksilla ja liittopommeilla. Perinteisen, miehitetyllä alustalla tehtävän ilmarynnäköinnin käyttö vähennee edelleen. Kaukaa tapahtuvan vaikuttamisen lisäksi kehitetään pieniä liittopommeja, jotka ohjataan maaliin. Pommien käytön motiivina on ennenkaikkea halpa hinta.

Merkittävää tulee olemaan miehittämättömien ilma-alusten torjunta. Miehittämättömät ilma-alukset ovat varsinaisiin lentokoneisiin verrattuna halpoja. Niiden torjumiseen käytettävien välineiden tulee myös olla halvempia kuin koko ajan kehittyvien ja kallistuvien varsinaisten ilmataisteluohjusten, joiden torjuntakohteidenkin hinnan on oltava suuri.

Suurten liittoutumien ilmavalvonta pohjautuu ensi sijassa lentäviin tutkaperustaisiin johtamisjärjestelmiin. Näissä järjestelmissä monitoimitutka ja muut sensorit muodostavat tilannekuvaan kohteiden paikkatiedot. Sama lentävä valvonta- ja johtamispaikka

tuottaa sekä ilma-, maa- että meritilannekuvaa yhteisoperaatioiden käyttöön. Puolustuksen ilmavalvonta käyttää maasijoitteisia järjestelmiä samoin periaattein.

Tässä luvussa ei käsitellä avaruuteen sijoitettuja valvontajärjestelmiä.

Johtamisjärjestelmien kehitystä viime vuosina on ohjannut pyrkimys verkkokeskeisyyteen. Johtava verkkokeskeisen sodankäynnin (network centric warfare, NCW) hypoteesi on ollut se, että joukko, joka kykenee muodostamaan ja jakamaan yksityiskohtaisen tilannekuvan sekä luomaan ja jakamaan tietoisuuden komentajien päätöksistä voi parantaa joukon suorituskykyä taistelukentällä synkronointivaikutusten avulla.

Verkkokeskeinen johtamisjärjestelmä edellyttää sensorien, päätöksentekijöiden sekä asejärjestelmien yhteistä tietoverkkoa. Yhteisessä tietoverkossa toimivien tietojärjestelmien avulla päätöksentekoa ja toimeenpanoa edellyttävä yhteinen informaatio voidaan hallita. Yhdysvaltojen arvioidaan olevan lähimpänä pyrkiessään toteuttamaan kaiken kattavaa informaatioverkkoa ja verkkokeskeistä sodankäyntiä. Ero muiden valtioiden vastaaviin toteutuksiin on ollut kasvava, mikä merkitsee sitä, että sotilaallinen suorituskykyero on kasvanut mikäli verkkokeskeisen sodankäynnin hypoteesi on toteutumassa.

Ilmatorjunta-aseiden kehitystä seuraavilla vuosikymmenillä ohjaavat uusi uhkakuva ja sen mukanaan tuomat uudet maalitilanteet sekä kustannustehokkuusvaatimukset. Tulevaisuudessa kehitetään ensisijaisesti pienten maalien torjuntakykyä ja elektronista suojautumista osana taistelunkestävyyttä. Samalla pyritään jatkamaan uusien teknologioiden käyttöönottoa. Uusista teknologioista laserin käyttö varsinaisena aseena sensoreita vastaan on lähimpänä toteutumista. Hakeutuvien ohjusten häiritävyyden takia laser säteen seuranta tulee säilyttämään asemansa hakeutuvien järjestelmien rinnalla ainakin tällä vuosikymmenellä. Nähtäväksi jää, parantaako 2010-luvulla yleistynyt kuvantava hakupää lämpöhakeutuvien ohjusten suorituskykyä riittävästi niiden kilpailuaseman kohentamiseksi.

Tukikohtien pioneeritoiminnassa kehitysalueina ovat vauriokorjausmenetelmät sekä vauriotiedustelun sensori- ja tiedonkäsittelytekniikat kuten muussakin järjestelmien verkottumisessa.

## 8.2 Ilmavalvonta- ja johtamisjärjestelmä

### 8.2.1 Tiivistelmä

Suurten liittoutumien ilmavalvonta pohjautuu ensi sijassa lentäviin tutkaperustaisiin johtamisjärjestelmiin. Näissä järjestelmissä monitoimitutka muodostaa tilannekuvaan kohteiden paikkatiedot. Sama lentävä valvonta- ja johtamispaikka tuottaa sekä ilma-, maa- että meritilannekuvaa yhteisoperaatioiden käyttöön. Omat kohteet tunnistetaan omatunnuslaitteilla, muut kohteet tunnistetaan samassa koneessa olevan passiivisen sähkömagneettisen sensorin havainnoista, kuvantavien järjestelmien aineiston tulkinnasta, sekä yhteistoiminnassa olevilta tahoilta saatavilla lisätiedoilla. Tunnistusta tukevien automaattijärjestelmien kehitystoiminta on aktiivista. Kuuntelu- ja mittaustiedustelukalus-

toista otetaan käyttöön entistä automaattisempia, enemmän puhtaasti valvontaan keskittyviä versioita. Vapautuvia resursseja käytetään varsinaiseen tiedustelutyöhön omilla, siihen optimoiduilla järjestelmillään. Puolustuksen ilmavalvonta käyttää maasijoitteisia järjestelmiä samoin periaattein.

Johtamisjärjestelmien kehitystä viime vuosina on ohjannut pyrkimys verkkokeskeisyyteen (network centric). Johtava verkkokeskeisen sodankäynnin (network centric warfare, NCW) hypoteesi on ollut se, että joukko, joka kykenee muodostamaan ja jakamaan yksityiskohtaisen tilannekuvan sekä luomaan ja jakamaan tietoisuuden komentajien päätöksistä voi parantaa joukon suorituskykyä taistelukentällä synkronointivaikutusten avulla.

Verkkokeskeinen johtamisjärjestelmä edellyttää sensorien, päätöksentekijöiden sekä asejärjestelmien yhteistä tietoverkkoa. Yhteisessä tietoverkossa toimivien tietojärjestelmien avulla päätöksentekoa ja toimeenpanoa edellyttävä yhteinen informaatio voidaan hallita. Yhdysvaltojen arvioidaan olevan lähimpänä pyrkiessään toteuttamaan kaiken kattavaa informaatioverkkoa ja verkkokeskeistä sodankäyntiä. Ero muiden valtioiden vastaaviin toteutuksiin on ollut kasvava joka merkitsee sitä, että sotilaallinen suorituskykyero on kasvanut mikäli verkkokeskeisen sodankäynnin hypoteesi on toteutumassa.

Suurimpana hidasteena täydelliselle integroinnille on rahan puute. Tulevaisuudessa COTS tuotteiden merkitys korostuu entisestään, koska niiden avulla voidaan uusia järjestelmiä toteuttaa nopeammin ja halvemmalla. Yhteiset standardit sekä ohjelmisto- ja laitteistoarkkitehtuurit mahdollistavat järjestelmäalustojen konsolidoinnin sekä eri toimintojen integroinnin samalle tietojärjestelmäalustalle.

Johtamisjärjestelmien verkottuminen sekä rakentuminen COTS-tuotteiden varaan tuo mukanaan uhkia. Verkotetun asejärjestelmän lamauttaminen informaationsodankäynnin avulla voi johtaa puolustajan tappioon ilman, että ammutaan laukaustakaan.

Tulevaisuuden järjestelmäkehitykseen vaikuttavat aikaisempaa enemmän myös muut kuin teknologiset ja taloudelliset rajoitukset. Poliittinen päätöksenteko ja mahdollinen sotilaallinen liittoutuminen voi hetkellisesti jopa pysäyttää kehitystyön, siirryttäessä käyttämään yhteisiä järjestelmiä.

Suurvallan tai kansainvälisen liittouman näkökulmasta tietoverkkojen kehitystä ohjaa vaatimus maailmanlaajuisista ja monikansallista aselajien välisestä yhteistoiminnasta (Joint-kyky). Keveys ja liikuteltavuus ovat tärkeitä. Siirrytään avoimien standardien ja kaupallisten tuotteiden käyttöön. Toisaalta joudutaan kehittämään älykkäitä ja aktiivisia verkon turvallisuuden takaavia sovelluksia, tietoturva-agentteja. Internetprotokollaperhe yhdistää siirto-, tieto- ja puheverkot jo tämän vuosikymmenen lopussa. Runkoverkoissa uudet tekniikat mahdollistavat valokuitujen entistä tehokkaamman käytön ja liityntäverkoissa langattomat lähiverkot valtaavat alaa. Sotilaallisessa käytössä siirtokapasiteetin laajeneminen mahdollistaa mm. miehittämättömien järjestelmien tehokkaamman hyödyntämisen.

Ilmapuolustuksen taistelunjohtotoiminta perustuu enenevässä määrin digitaalisessa muodossa olevan taktisen informaation käsittelyyn ja tiedon siirtämiseen johtokeskusten ja ilma-alusten välillä. Verkkokeskeisen sodankäynnin keskeisenä vaatimuksena on kuitenkin taktisen tiedon siirtämistä läpinäkyvästi eri tason verkkojen kesken yhteisoperaatioiden (JOINT) johtamiseksi. Nykyisin parhaan ratkaisun tähän tarjoaa NATO:n Link-16 järjestelmä. Merkittävimmät kehittämisalueet ovat häiriönsuojauksen parantaminen, tiedonsiirtokapasiteetin lisääminen, verkkojen adaptiivisuus, uudet aaltomuodot sekä ohjelmistoradiot.

## 8.2.2 Ilmavalvonta

Ilmavalvonta tuottaa johtamisen perustana olevan maalitilannekuvan, *Target Situation Picture*. Maalitilannekuva vastaa kysymyksiin:

- Onko valvonta-alueella kohteita?
- Missä kohteet ovat juuri nyt?
- Mitkä ovat kohteitten nopeusvektorit?
- Mitä kohteet teknisesti tunnistettuna ovat?

Johtamisketjussa maalitilannekuvaa jalostetaan edelleen muista lähteistä saaduilla tiedoilla. Tuloksena on päätöksentekijälle esitettävä tunnistettu tilannekuva, *Recognized Situation Picture*, *Recognized Air-situation Picture*. Monien maiden ja ryhmittymien ajattelussa ei valvonnan ja johtamisen rooleja erotella eri järjestelmien välillä, vaan samassa järjestelmässä yhdellä käyttöpaikalla tehdään valvontatyötä ja viereisellä johtamistyötä. Monissa järjestelmissä merkittävä osa valvontatyöstä on jätetty kokonaan järjestelmän automatiikan varaan, ja ihminen tekee päätöksiä vain automaattisesti tehtyjen seurantojen perusteella.

Ilmavalvontajärjestelmä tarkkailee valvottavana olevaa aluetta kaikin käytettävissä olevin keinoin. Tarkkailukeinoja eli valvontasensoreita ovat mm. passiiviset sähkömagneettiset sensorit, tutkat sekä akustiset ja optroniset sensorit.

Eri tietolähteiltä saatavat havainnot yhdistetään datafuusion menetelmin mahdollisimman yksikäsitteiseksi ja selkeäksi maalitilannekuvaksi. Mikäli saadut havainnot eivät tuota riittävän yksikäsitteistä kuvaa, on asiakkaalle parempi välittää kuva, jossa aidosti kerrotaan tilanteen monitulkintaisuus kuin valheellisesti esittää pistemaaleja, joiden paikat ja tunnistukset voivat olla pahastikin virheelliset.

Suurvaltojen ilmavalvonta pohjautuu ensi sijassa lentäviin tutkaperustaisiin johtamisjärjestelmiin. Näissä järjestelmissä monitoimitutka muodostaa tilannekuvaan kohteiden paikkatiedot. Kohteet tunnistetaan samassa koneessa olevan passiivisen sähkömagneettisen sensorin havainnoista, kuvantavien järjestelmien aineiston tulkinnasta, sekä yhteistoiminnassa olevilta tahoilta saatavilla lisätiedoilla.

Lentävä valvonta- ja johtamispaikka on varustettava riittävän vahvalla suojausosastolla tai sitä on lennätettävä vastustajan tulivaikutuksen ulottumattomissa. Nämä ehdot tekevät järjestelmästä vaikeasti Suomen oloihin sovitettavan. Kuviteltavissa on, että suurval-

taliittoutuma tuo väliaikaisesti Suomen alueelle lentävää valvontakykyä ja tarjoaa omasta järjestelmästä suodatettua tilannetietoa.

### 8.2.2.1 Tutkailmavalvonta

#### Nykytila

Tutka on edelleen tärkeä ja rauhan ajan oloissa myös Suomessa tärkein ilmavalvontasensori. Tutka tulee säilyttämään asemansa vielä pitkään. Tutka on ainoa sensoria, jolla voidaan helposti ja yksikäsitteisesti havaita maalit satojen kilometrien päästä. Lisäksi tutka on riippumaton ulkoisista tai maalin itsensä tuottamista lähteistä toisin kuin monet passiiviset sensorit.

Tällä hetkellä on käytössä sekä 2- että 3-D tutkia. Näiden lisäksi monilla mailla on käytössä erillisiä korkeudenmittaustutkia. Merkittävä lisä ilmavalvontaan saadaan erilaisista lennonvarmistustutkista kuten TAR, PAR ja reittitutkat. Lisäksi valvontaa täydentää moniin tutkiin liitetyt SSR/IFF-laitteet. IFF-laitteiden käyttö laajenee sitä mukaa kun uusia maita yhtyy länsiliittoutumaan: NATO-konseptissa omien koneiden tunnistus edellyttää omatunnuslaitteena sotilaallisen toisiotutkajärjestelmän.

Maailmalla sotilaallinen tutkailmavalvonta tuntuu keskittyvän lentäviin ilmavalvontakoneisiin. Sovellukset ovat lisääntyneet joka puolella maailmaa. Nyt on jo saatavissa AWACSiä oleellisesti kevyempiä ratkaisuja, jotka ominaisuuksiltaan ovat erittäin suorituskykyisiä monitoimitutkineen. Hyvä esimerkki kevyestä versiosta on ruotsalainen ERIEYE. Nämä ovat myös hintansa puolesta pienten valtioiden saavutettavissa. Lentävien valvonta-alustojen ongelmana on haavoittuvuus. Niitä on lennätettävä joko riittävän kaukana sotatoimialueelta tai niille on annettava riittävä suojahävittäjäsaatto.

#### Lähitulevaisuus

Nyt käytössä olevia järjestelmiä tullaan käyttämään vielä kauan. Käytössä olevien järjestelmien modifioinneilla ja perushuolloilla niiden elinikää jatketaan monissa maissa lähelle vuotta 2020. Maasijoitteisten tutkien kehitys on keskittynyt enemmän lennonvarmistukseen, maalinosoitukseen ja tulenjohtoon kuin alueelliseen tai valtakunnalliseen ilmavalvontaan. Sotilaallinen kehitystyö keskittyy lentäville laveteille sijoitettavaan tutkikalustoon.

Bistaattisten ja monipaikkatutkien kehitystyö on hyvässä vauhdissa, mutta niitten operatiivinen käyttöönotto ei ole vielä täysin selvää. Kaupallisia tuotteita on olemassa jo sellaisistakin ratkaisuista, jotka käyttävät hyväkseen kokonaan muuhun tarkoitukseen muodostettua lähetettä. Esimerkiksi Lockheed-Martinin *Silent Sentry* on monipaikkatutka, joka käyttää lähettiminä ULA-FM-yleisradiolähetteitä.

Laajentunut kansainvälinen yhteistoiminta luo myös paineita tunnistustoiminnan ratkaisujen etsimiselle. Lentokoneiden tutkissa kohteen kompressorisiipien tai potkurinlaipojen modulaatioon perustuvat tunnistusmenetelmät ovat jo käytössä. Näiden soveltamisesta maanpäällisiin tutkiin ei merkittävää julkaisutoimintaa ole havaittu.

Jokainen tutkalla varustettu lentokone on lentävä valvontaresurssi. Vaikka lentokoneen tutkajärjestelmä onkin optimoitu tukemaan koneen omaa toimintaa, sen havainnoilla voidaan kuitenkin täydentää maanpäällistä maalitilannekuvaa. Aina kun taistelutilanne ei erikseen sitä estä, tulee lentävän kaluston tekemät havainnot välittää maajärjestelmään siellä käsiteltäviksi ja esitettäviksi.

### **Pitkän aikavälin haasteet**

Vaikka tutkan asemaa valvontavälineenä ei mikään muu järjestelmä tule täysin korvaamaan, on siltäkin näköpiirissä selkeitä haasteita: häivemaalit, tutkan paikallistamisen vaikeuttaminen, toiminta ECM-olosuhteissa, matalalla tutkakatveessa lentävien maalien ilmaisu, maalien tunnistus. Selviä uhkia ovat tutkaan hakeutuvat ohjukset (ARM) tai tutkien tuhoaminen muulla tavalla. Sotilaallisten tutkien yksikköhintaa tulee saada merkittävästi alemmaksi, jos mielitään puhua aidosta taistelunkestävyydestä. Lentokoneiden asejärjestelmien kehittymisestä huolimatta valvonta- ja johtamisjärjestelmässä on säilytettävä korkeudenmittauskyky, joskin erottelukyky- ja tarkkuusvaatimuksista voitaneen tinkiä.

RA-oloissa tietty määrä tutkia tarvitaan perusilmavalvonnan ja lennonvarmistuksen käyttöön. Mitään muuta ratkaisua millä nämä tehtävät voidaan hoitaa tehokkaasti ja taloudellisesti ei ole näköpiirissä. Tähän ra-toimintaan sopivat parhaiten kiinteät tutka-asetat, joiden säilyminen toimintakykyisinä sa-oloissa on epätodennäköistä. Tässä syystä niiden suorituskyky ja taloudelliset uhraukset on optimoitava ra-vaatimusten mukaan.

Tulevaisuuden ratkaisut pienten maalien havaitsemiseksi löytynevät laajasta taajuusalueen käytöstä, VHF-alueelta aina millimetrialueelle asti.

Vastustaja luonnollisesti yrittää kaikin keinoin poistaa sen suunnitelmien toteuttamista haittaavat järjestelmät. Kiinteillä ja suuritehoisilla tutkilla ei ole tässä tapauksessa toimimisen edellytyksiä. Ne joko tuhotaan tai niitä häiritään niin, ettei haluttua suorituskykyä saavuteta – ne tutkat joita ei tuhota, jätetään tahallisesti jäljelle jotta niiden kautta voidaan ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmään syöttää harhauttavaa informaatiota. Käytännössä sa-tilanteen tutkien on oltava liikkuvia, mielellään pienitehoisia ja käytettävän tehon suuntaaminen vain haluttuihin kohteisiin on oltava hyvin hallinnassa.

Matalalla erityisesti maan rajojen ulkopuolella lentävien maalien havaitseminen maahan sijoitetulla tutkalla on mahdotonta. Lentokoneisiin tai helikoptereihin asennetut monitoimitutkajärjestelmät tulevat yleistymään entisestään. Kustannuksiltaan pienten valtioiden saavutettavissa olevat järjestelmät toteutettaneen niin, että ainoastaan sensorin edellyttämät välttämättömät järjestelmät ovat lentokoneessa ja muu tiedon hyväksikäyttö tapahtuu hyvän ja luotettavan tiedonsiirtoyhteyden päässä maassa olevissa toimipaikoissa.

Eri sotilaallisten ryhmittymien välinen toiminta lisääntyy ja sen seurauksena myös tunnistustoiminnalle tulee uusia vaateita. Perinteiset SSR/IFF-pohjaiset tunnistusjärjestelmät tuskin riittävät takaamaan varmaa tunnistusta muista kuin yhteistyöhaluisista kohteista. Tunnetuilla pistemäisillä taajuuksilla toimiminen on altis erilaiselle häirinnäl-

le. Kehittämissyryyksistä huolimatta (esim. NIS) selkeästi ei ole vielä nähtävissä, mihin ratkaisuun lopulta päädytään. Omien kohteiden tunnistus tulee olemaan osana data-linkkitoimintoja.

### 8.2.2.2 Passiiviset sähkömagneettiset sensorit

#### **Nykytila**

Käsitteellä passiivinen sähkömagneettinen sensori ymmärretään ilmalavonnassa lähinnä taktisen tason kuuntelu- ja mittaustiedustelun järjestelmiä sovitettuina palvelemaan reaaliaikaista valvontaa. Tämän tyyppisten järjestelmien nykytila perustuu vielä aiemmin vallinneeseen ”muuriin” tiedustelun ja valvonnan välillä.

Perinteisesti tiedusteluun kehitetyt laitesukupolvet sisältävät paljon manuaalista toimintaa ja ne keskittyvät lähinnä kohdesignaalien tekniseen analysointiin, tunnistukseen ja tämän perusteella laadittaviin tiedusteluanalyyseihin.

Nykytilaa järjestelmätasolla kuvaa ehkä parhaiten ”muutosvaihe”, jossa tiedustelun järjestelmiä ollaan sovittamassa ja soveltamassa reaaliaikaisen valvonnan tarpeisiin päämääränä tunnistetun tilannekuvan luonti. Tällöin tiedustelun resursseja vapautuu varsinaiseen tiedustelulliseen työhön; hetkittäisen tilanteen rutiiniluontoinen maalien seuranta hoidetaan valvontajärjestelmässä.

#### **Lähitulevaisuus**

Passiivisten sähkömagneettisten sensorien teknologiassa on käynnissä sukupolvenvaihdos jossa digitaaliset vastaanottimet (digitaalinen käsittely välitaajuudelta alkaen) korvaavat analogiset vastaanottimet. Reaaliaikaisen valvonnan järjestelmistä otetaan käyttöön esiversioita, joissa käytetään digitaalivastaanottimia ja entistä enemmän digitalisoitua signaalinkäsittelyä. Koska nämä sensorit ovat käsitteellisesti tiedustelusensorien seuraajia, niiden käyttöajatuksessa on kuitenkin vaarana keskittyminen käsin tapahtuvaan tiedustelukäyttöön.

Järjestelmien suorituskyvyn kannalta digitalisoituminen tulee näkymään kasvavana tarkkuutena, reaaliaikaisuutena ja herkkyyden lisääntymisenä lähelle sovitetun suodattimen vastaanottoa koko kohdesignaalien laajalla taajuusalueella.

Laajakaistaiset ja jatkuva-aaltoiset signaalit tulevat olemaan seuraavankin sukupolven sensorijärjestelmässä helposti signaalinkäsittely- ja laskentakapasiteetin ylikuormittava osa.

Valvontajärjestelmä toteutetaan sensoriverkolla, jossa yksittäisen sensorijärjestelmän tulee olla kohtuullisen yksinkertainen ja kevyt (=mahdollisimman lähellä kaupallista (COTS) teknologiaa) ja näistä muodostetaan riittävän tiheä verkko valvottavan alueen kattamiseksi. Varsinaiseen tiedustelukäyttöön tarvitaan edelleenkin ominaisuuksiltaan monipuolisia, syvällistä analyysiä tukevia järjestelmiä. Näitä ei kuitenkaan tarvita yhtä suurta määrää kuin maalitilannekuvan muodostamiseen.

## Järjestelmien kehityssennuste 5–15 v eteenpäin

Edellisessä kohdassa kuvatut järjestelmät vakiinnuttavat asemansa ilmavalvonnan oleellisenä osakomponenttina. Integroitujen johtamis- ja valvontajärjestelmien myötä nykykukupolven aktiiviset lähteet (tutkat, vast.) havaitaan ja tunnistetaan automaattisesti ja reaaliaikaisesti tiheässä monisignaaliympäristössä (3–5 miljoonaa pulssia sekunnissa).

Järjestelmäintegrointiin liittyy myös se piirre, että sensorijärjestelmiä ohjataan reaaliaikaisesti optimoitumaan kullakin ajanhetkellä vallitsevaan ympäristöön ja toisaalta tulenkäytönjohtamisjärjestelmän niille antamaan tehtävään.

### 8.2.2.3 Akustiset ja optroniset sensorit

Akustisten sensorien kehitystyössä suurimpina ongelmina ovat olleet tuulen vaikutus sekä sängen lyhyeksi jäävä havaintoetäisyys. Eräs havainnointia ja etenkin paikanmääritystä vaikeuttava seikka akustisessa valvonnassa on, että maali liikkuu useissa tapauksissa likimain yhtä nopeasti kuin siitä syntyvä akustinen heräte. Näyttää kuitenkin mahdolliselta toteuttaa akustinen ilmavalvontasensori yksikköhinnaltaan niin edullisesti, että niistä saadaan muodostettua kattava verkko. Edellytyksenä tälle on luonnollisesti tiedonsiirtoinfrastruktuurin vastaava kattavuus. Sensoriverkon käyttöönoton ja käytön logistiikka mutkistaa asioita edelleen.

Kansainvälisesti akustisia sensoreita on käytetty paitsi perinteisessä pinnanalaisessa valvonnassa, myös sirotesensoreina maastonvalvontaan. Näissä sovelluksissa peitettävä valvonta-alue on yleensä varsin suppea, ja tiedon käsittelyssä voidaan jättää etenemishitaus enimmäkseen huomiotta. Ilmavalvonnassa yksittäisen sensorin peittoalue on väistämättä suurempi, ehkä toistakymmentä kilometriä, joten tiedonkäsittelyä ei voi yksinkertaistaa samassa määrin kuin pinnanalaisessa ja maastonvalvonnassa. Suurvaltaryhmittymä ei akustiseen ilmaisuun perustuvaa ilmavalvontakykyä tarvitse, joten alan tutkimus on keskittynyt pieniin, niukoilla resursseilla toimiviin maihin.

Optroniset keilaimet toimivat näkyvän valon alueella tai eri infrapunakaistoilla. Vaikka infrapunaisen alueen tunkeutuma pilveen ja sumuun on parempi kuin näkyvän valon, on optroninen valvonta kaikilla aallonpituusalueilla käytännössä sään rajoittama. Optroniset keilaimet tuottavat erittäin tarkkaa suuntatietoa, jopa suoraan asejärjestelmän tulenjohtoon kelpaavaa. Optronisten ilmavalvontajärjestelmien ensisijainen käyttötarkoitus vielä pitkään on kohdesuojelu eikä niinkään alueellisen maalitilannekuvan muodostaminen.

Tässä kirjoituksessa ei oteta kantaa kuvaustiedusteluun.

### 8.2.2.4 Aisti-ilmavalvonta

#### Yleistä

Aisti-ilmavalvonnalla tarkoitetaan ihmisen kuulo- ja näköaistein tapahtuvaa ilmatilan valvontaa. Valvonta on täysin passiivista, mikäli tiedonsiirto asemalta alkaen on järjestetty kaapeliyhteyksillä.



Aisti-ilmailvalvonta on työvoimavaltaista eikä erityisen teknistä toimintaa. Niinpä se ei sovi nopeasti liikkuvan suurvaltaryhmittymän toimintaan. Aisti-ilmailvalvontaa harjoittavat lähinnä pienet valtiot, jotka eivät voi luottaa saavansa käyttöönsä lentävää valvonta- ja johtamiskalustoa tilanteen vaatiessa.

Aistivalvontaverkon häiritseminen on erittäin vaativaa. Mahdolliset radioyhteydet ovat ainoa häirintä- ja harhauttamistie. Muutoin aistivalvoja havaitsee ja raportoi valvontalueella olevat kohteet, eikä harhauttavien lähetteen muodostamaa elektronista kuvausta.

#### 8.2.2.5 Maalitalannekuvan laskentajärjestelmät

Suurvaltaryhmittymien ilmailvalvonnan maalitalannekuvan muodostaminen on edelleen perinteiseen tutkamittaukseen perustuvaa, jopa siten, että seurannat muodostetaan kullakin tutka-asemalla erikseen. Eri tutkien havaintojen yhdistäminen Multiradar-laskentajärjestelmässä ei näytä olevan vielä kovin yleistä, vaikka sillä saavutetaan merkittävästi parempi ilmaisutodennäköisyys ja mittaustarkkuus kuin yksittäisillä tutkilla. Tunnistustiedot näissä järjestelmissä hankitaan käsin tai puoliautomaattisesti tiedustelluilla menetelmin, esimerkiksi samalla alustalla olevalla mittaustiedustelusensorilla sekä kuvantulkintakalustolla.

Pienen valtion on tarpeen saada mahdollisimman suuri hyöty niukoista resursseista, vaikka sitten kansainvälisesti tarkasteltuna poikkeuksellisin menetelmin. Yhdistämällä automaattisessa laskentajärjestelmässä kaikki valvontalueen hetkellistä tilaa koskevat havainnot saadaan automaattisesti muodostettua kohtuullisen luotettava maalitalannekuva, samalla kun työvoimaresursseja vapautuu rutiiniluontoisesta seurantojen päivittämisestä sellaisiin töihin, joissa aidosti tarvitaan inhimillistä luovuutta.

Ilmailannekuvan luontikykyä hajautetaan myös alemmille johtoportaille kuin johtokeskukset. Ilmailannekuvan luomisen kyky tulee olla lähes jokaisella johtamispaikalla. Fyysisten laskenta- ja valvontaresurssien samaten kuin laskentavastuun hajauttaminen parantaa järjestelmän taistelunkestävyyttä oleellisesti, joskin samalla asetetaan uusia vaatimuksia tiedonsiirtoverkon joustavuudelle.

Maalitalannekuvan laskentajärjestelmä tulee ottamaan vastaan palvelupyynnöt asiakkaanaan olevilta johtamisjärjestelmiltä, ja muodostamaan sensorihauksia valvontaresursseille. Tavoitteena on, että kokonaisjärjestelmä optimoituu koko ajan vallitsevaan maali- ja resurssiympäristöön ja täyttää sille annetun tehtävän mahdollisimman hyvin. Tilanteessa, jossa koko valvottavalta alueelta ei pystytä muodostamaan yhtä hyvää kuvaa, on voitava automaattisesti suunnata resursseja kunkin hetkiseen painopisteeseen. Tällöin jollakin alueella voi maalien paikkatieto olla heikkoa mutta tunnistus hyvä, toisaalla viedään maaleja ammusaseitten maalinosoitukseen riittävällä tarkkuudella mutta ei päivitetä tunnistuksia.

## 8.2.3 Ilmapuolustuksen tulenkäytön johtamisjärjestelmät

### 8.2.3.1 Johdanto

Johtamisjärjestelmien kehitystä viime vuosina on ohjannut pyrkimys verkkokeskeisyyteen (network centric). Johtava verkkokeskeisen sodankäynnin (network centric warfare, NCW) hypoteesi on ollut se, että joukko, joka kykenee muodostamaan ja jakamaan yksityiskohtaisen tilannekuvan sekä luomaan ja jakamaan tietoisuuden komentajien päätöksistä voi parantaa joukon suorituskykyä taistelukentällä synkronointivaikutusten avulla. Tällä tavoin verkkokeskeisyyden avulla saavutettu informaatioylivoima muunnetaan taistelutehoksi (7).

### 8.2.3.2 Johtamisjärjestelmien yleinen kehittyminen

Verkkokeskeinen johtamisjärjestelmä edellyttää sensorien, päätöksentekijöiden sekä asejärjestelmien yhteistä tietoverkkoa. Yhteisessä tietoverkossa toimivien tietojärjestelmien avulla päätöksentekoa ja toimeenpanoa edellyttävä informaatio voidaan hallita. Valtiot, jotka tällä hetkellä investoivat tai suunnittelevat investoivansa verkkokeskeisten järjestelmien kehittämiseen, verkottavat yksittäisiä alustoja ja järjestelmiä mahdollistaakseen näistä saatavan informaation hyödyntämisen täysimääräisesti. Yhdysvaltojen arvioidaan olevan lähimpänä pyrkiessään toteuttamaan kaiken kattavaa informaatioverkkoa ja verkkokeskeistä sodankäyntiä. Ero muiden valtioiden vastaaviin toteutuksiin on ollut kasvava (7). Tämä merkitsee sitä, että sotilaallinen suorituskykyero on kasvanut mikäli verkkokeskeisen sodankäynnin hypoteesi on toteutumassa.

Englanti on kehittänyt omaa verkkokeskeisen sodankäynnin konseptiaan (Network Enabled Capability, NEC), joka on tavoitteiltaan USA:n kaltainen. Konseptin pyrkimyksenä on liittää yhteen sensorit, päätöksentekijät sekä asejärjestelmät ja täten maksimoida sotilaallinen suorituskyky informaatioylivoiman avulla. Toisin kuin Yhdysvalloilla, verkkokeskeisyys ei ole doktriiniin asemassa vaan pyrkimyksenä on integroitu johtamisjärjestelmä, jossa sensorien data, kommunikointi ja informaation hyödyntäminen antaa edun iskeä nopeasti halutulla vaikutuksella. Konsepti edellyttää verkkovalmiita alustoja (Network Ready Platforms). Niillä tarkoitetaan järjestelmiä ja laitteita, jotka on varusteltu ja konfiguroitu siten, että ne voivat hyödyntää verkon palveluita tai tuottaa niitä verkkoon. NEC muodostaa varustamisohjelman ytimen ja pidemmän aikavälin tavoitteena on tuottaa pelkästään verkkovalmiita alustoja ja järjestelmiä (7).

Ruotsi pyrkii saamaan verkkokeskeiseen arkkitehtuuriin perustuvan ratkaisunsa valmiiksi vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteena on ensin vuoteen 2010 mennessä rakentaa turvallinen siviiliyhteiskunnan rakenteisiin upotettu verkko, johon mikä tahansa yksittäinen sensori tai asejärjestelmä voi liittyä "plug and play" periaatteella (5).

Johtamisjärjestelmien kehitys useimmissa Euroopan maissa on vaiheessa, jossa erillisiä järjestelmiä integroidaan yhteen tavoitteena jonkin sodankäynnin osa-alueen toiminnallisuuden saavuttaminen tai parantaminen. Integrointi tyypillisesti kohdistuu ensin taktisen tason järjestelmiin. Lopullisena tavoitteena on taktisen ja strategisen tason jär-

jestelmien integrointi samaan verkkoon, joka ainakin teoriassa mahdollistaa yhteisen tilannekuvan sekä puolustushaarojen yhteisten operaatioiden suunnittelun ja johtamisen. Suurimpana hidasteena täydelliselle integroinnille on rahan puute (5). Tulevaisuudessa yhteiset standardit sekä ohjelmisto- ja laitteistoarkkitehtuurit mahdollistavat järjestelmälustojen konsolidoinnin sekä eri toimintojen integroinnin samalle tietojärjestelmäalustalle. COTS tuotteiden merkitys korostuu entisestään koska niiden avulla voidaan uusia järjestelmiä toteuttaa nopeammin ja halvemmalla.

### 8.2.3.3 Teknologioiden kehittyminen

Johtamisjärjestelmien teknisiä kehitysvaatimuksia on tarkasteltava yleistä teknologista kehitystä vasten. Teknistä kehitystä ja vaikutusta tulevaisuuden sotilaallisiin järjestelmiin on tutkittu useissa tutkimuksissa (1).

Mainittujen tutkimusten synteessä näyttäisi korostuvan kolme merkittävintä kehitys- aluetta:

1. Informaatioteknologia
2. Biotekniikka
3. Materiaalitekniikka.

Informaatiotekniikan kehittyminen ja tietotekniset läpimurrot eivät ase- ja johtamisjärjestelmien kannalta katsottuna ole täysin vastanneet loppukäyttäjien odotuksia. Loppukäyttäjän tai operaattorin toimintaa ja päätöksentekoa helpottamaan kehitetyt järjestelmät ovat tosiasiallisesti asettaneet käyttäjälle ja heidän osaamiselleen yhä suurempia vaatimuksia, vaikka odotukset ja tavoitteet ovat olleet täysin päinvastaisia. Toistaiseksi usein vaikeakäyttöisetkin järjestelmät on saatu toimimaan suhteellisen hyvin, koska loppukäyttäjät ovat pystyneet sopeutumaan uusiin vaatimuksiin.

Ihmisen henkinen kyky tulee myös jatkossa säilymään ja korostumaan ratkaisevassa ja vaikeasti korvattavissa olevassa asemassa kriittisissä päätöksentekotilanteissa. Teknisen kehittämisen eräs merkittävin paine tulee kohdistumaan koulutukseen ja harjoitteluun (2).

### 8.2.3.4 Toiminnallisuuden vaatimukset

Järjestelmien integrointiasteen kasvaminen ja aikaisempaa laajempien toimivien joukkojen yhteistoimintavaatimukset (Joint Operations) korostaa yhteisten toimintojen ja prosessien merkitystä. Laajat kansalliset ja kansainväliset yhteistoimintaharjoitukset asettavat aivan uudet vaatimukset käytettäville järjestelmille. Johtamisjärjestelmien sisältämät palvelut ja toiminnot ovat tärkeitä puolustushaara- tai muiden rajojen sijaan.

Päätöksentekoon vaikuttavan datan ja informaation määrä tulee kehittyneiden sensorijärjestelmien myötä "räjähtämään käsiin". Uutena ongelmana tulee parantuneen resoluution myötä kasvavan epävarman tiedon käsittely ja tahallisen harhautuksen ja disinformaation erottaminen oikeasta tiedosta.

Yhdessä tämä johtaa päätöksentekoon vaikuttavien tekijöiden määrän huimaan kasvuun, joka tulee ylittämään operaattoreiden ja päätöksentekijöiden henkiset kyvyt. Järjestelmäkehitykselle tuleva haaste on suojata loppukäyttäjää haitalliselta ”ylitiedolta”, jota kuitenkin tulee tallentaa, prosessoida ja jalostaa tilannekuvien läpinäkyväksi aineistoksi.

Päätöksenteon tueksi tulee kehittää tekoälyjärjestelmiä, jotka parhaimmillaan pystyvät suorittamaan suuren osan mekanisista, päätöksentekoa tukevasta, alemman tason johtopäätöskuormasta. Tavoitteena on, että vain olennaisin osa data- ja tietomassasta esitetään loppukäyttäjää tukevinä koonnoksina eli tilannekuvana.

Suunnittelun lähtökohtana tulee kuitenkin pitää järjestelmien ja tekoälyalgoritmien läpinäkyvyyttä, perinteisten mustien laatikoiden sijaan. Esitetyn tiedon alkuperä, synty- ja jalostushistoria tulee olla läpinäkyvää ristiriitatilanteiden vähentämiseksi ja selvittämiseksi.

Tietotekninen kehitys ja suorituskyky ei tulevaisuudessa aseta rajoja järjestelmien kehitykselle. Kehitys on jo useita vuosikymmeniä noudattanut hyvällä tarkkuudella Mooren lakia, jonka mukaan tietokoneen prosessointikyky kaksinkertaistuu puolentoista vuoden välein (2).

Järjestelmäkehityksen esteet tulevat ohjelmistokehityksen hitaudesta. Ohjelmistojen merkitys kasvaa myös jatkossa ja ohjelmistokehitys säilyy runsaasti resursseja vaativana ja kehitystä rajaavana tekijänä. Toisaalta kehitystyökalut kehittyvät ja ohjelmistokomponenttien kierrätys tehostuu.

Tulevaisuuden järjestelmäkehitykseen vaikuttavat aikaisempaa enemmän myös muut kuin teknologiset ja taloudelliset rajoitukset. Poliittinen päätöksenteko ja mahdollinen sotilaallinen liittoutuminen voi hetkellisesti jopa pysäyttää kehitystyön, siirryttäessä käyttämään yhteisiä järjestelmiä, jolloin siirtymävaihe ja varustaminen hidastaa uuden kehittämistä ja käyttöönottoa. Tällöin myös poliittinen päätöksenteko ohjaa työtä ja tekemistä enemmän kuin teknologian asettamat rajoitukset.

Mooren lakiin viitaten on ennustettu, että tietokoneen laskentakyky ylittää ihmisaivot noin 30 vuoden kuluttua. Päätöksentekoon liittyvä inhimillinen informaatiofuusio on kuitenkin jotain muuta kuin mihin edes tuon ajan kone pystyy.

### 8.2.3.5 Mallinnus ja simulointi

Tietokoneiden ja tietotekniikan kehittyminen on synnyttänyt ympärilleen kognitiivisen ergonomian maailman, jonka tulokset ovat myös johtamisjärjestelmien loppukäyttäjän arkea. Ihmisen informaation käsittelyä on yritetty kuvata tietokoneteknisten mallien ja ratkaisujen pohjalta, mutta edistymisen on ollut erityisen rajoittunutta (2).

Asejärjestelmien kehitystyössä on herätty huomaamaan, että kaikesta kehityksestä huolimatta loppukäyttäjän on usein vaikea suoriutua tehtävistään, etenkin väsyneenä tai

paineenalaisena. Eräs nykypäivän kognitiotutkimuksen tavoitteista on yrittää kuvata, kuinka ihminen toimii, kerätessään ja käsitellessään informaatiota, ennen päätöksentekoa ja toimintaa (2).

Merkittävää on, että tietämys on heikointa informaatioprosessin käsittely- ja päätöksenteko-osioista, koska niitä on tyypillisesti vaikea havainnoida ja mitata. Todellinen dilemma kognitiivisesta näkökulmasta katsottuna on se, että inhimilliset vahvuudet ja heikkoudet liittyvät juuri informaation käsittelyyn ja päätöksentekoon (2).

Keinotekoiseen älyyn ja asiantuntijajärjestelmäratkaisuihin on kohdennettu runsaasti voimavaroja, niin teollisissa kuin sotilaallisissa ohjaus- ja säätöjärjestelmissä. Menneiden vuosikymmenien suurista odotuksista huolimatta keinoäly on kehittynyt hitaasti ihmisen korvaajana (2).

Ensisijainen haaste ja tavoite johtamisjärjestelmien kehittämisessä on tuottaa päätöksentekijälle oikealla ajanhetkellä oikea määrä informaatiota oikeassa muodossa, jonka inhimillinen informaatiofuusio integroi ennen päätöksentekoa ja toimintaa.

Mikä on oikea määrä oikeaa informaatiota, oikeaan aikaan? Kokemus on osoittanut, että asiantuntijoiden on usein vaikea vastata tähän kysymykseen. Asetettu hypoteesi on, että ihmisen henkiset kyvyt ovat nopeampoisessa, kriittisessä päätöksentekotilanteessa ratkaisevia ja vaikeasti korvattavissa. Näin ollen koulutus ja harjoittelu ovat ehkä ainoa tapa vastata haasteeseen. Laaja ja systemaattinen harjoittelu vaativilla skenaarioilla tarvitaan kriisiajan suoritustason saavuttamiseksi.

Vaativat ja laajat simuloitujen yhteistoimintaharjoitukset ovat tulevaisuudessa yhä tärkeämpiä operaattorin ja päätöksentekijän koulutuksessa. Harjoiteltavien tilanteiden resoluutiota merkittävämpi tekijä oppimisen ja harjoittelun kannalta on oikea-aikainen ja yhteismitallinen palaute tehdyistä suoritteista ja päätöksistä.

### 8.2.3.6 Informaatioidankäynnin vaikutus

Johtamisjärjestelmien verkottuminen sekä rakentuminen COTS-tuotteiden varaan tuo mukanaan uhkia. Internet-tekniikoihin perustuva tietoliikenne ja maailmanlaajuisesti käytettävät valmis- ja varusohjelmistot ovat haavoittuvia erilaisille haittaohjelmille. Haittaohjelmien leviäminen laajoissa verkoissa on nopeaa. Johtamisjärjestelmissä käytetyt tekniikat eivät ole immuuneja näille uhkille, jonka vuoksi informaatioidankäynti on muodostunut keskeiseksi verkkokeskeisen sodankäynnin elementiksi. Ilmavoimien johtamisjärjestelmät ovat teknisyytensä ja verkottuneisuutensa vuoksi potentiaalinen tietoverkoissa tapahtuvan informaatioidankäynnin kohde.

Tietoverkoissa tapahtuva informaatioidankäynti muodostaa vain pienen osan tästä sodankäynnin alueesta, mutta vaikutus, joka tällä parhaimmillaan saavutetaan on erittäin merkittävä. Verkotetun asejärjestelmän lamauttaminen informaatioidankäynnin avulla voi johtaa puolustajan tappioon ilman, että ammutaan laukaustakaan. Vastatoimenpiteiden merkitys on sen vuoksi korostunut.

Viimeisimmässä Irakin sodassa käytettiin useita informaatioidankäynnin menetelmiä ja työkaluja. Informaatioidankäynnin suunnitteluun liittyviä työkaluja käytettiin nyt ensimmäistä kertaa. Tietoverkoissa toteutetut operaatiot olivat pieni osa kaikista informaatioidankäynnin operaatioista, koska maassa oli vain noin 15 000 tietokonetta internetissä. Lisäksi niiden käyttö oli hyvin kontrolloitua, joten vaikutukset vastustajaan eivät olleet merkittäviä (6).

Parhailtaan otetaan käyttöön sekä kehitetään uusia informaatioidankäynnin suunnittelu- ja toteutustyökaluja sekä -järjestelmiä. Mm. USA:n ilmavoimissa kehitetty informaatioidankäynnin suunnitteluun (Information warfare planning capability, IWPC) tarkoitettu työkaluperhe on käyttöönottoaiheessa (6).

### 8.2.3.7 Liikkuvuus

Jo pidemmän aikaa johtamisjärjestelmiä on kehitetty siirrettävien alustojen päälle. Liikkuvuuden merkitys on kasvanut erityisesti taistelunkestävyysvaatimusten myötä. Jatkossa liikkuvuusvaatimus korostuu myös kansainvälisten yhteisoperaatioiden johtamis- ja toteutusvaatimusten vuoksi. Verkkokeskeinen konsepti tukee teknisesti hyvin liikkuvien johtamisjärjestelmien kehittämistä. Johtamistoimintojen hajauttaminen on teknisesti toteutettavissa. Operaatioiden suunnitteluun ja johtamiseen tarvittava suorituskyky voidaan muodostaa verkotettujen resurssien avulla.

### 8.2.3.8 Tuleva kehitys

Tulevaisuudessa verkkokeskeisestä sodankäynnistä siirrytään informaatiokeskeiseen sodankäyntiin. Verkotettujen sensorien, ase- ja johtamisjärjestelmien kokoamat yhteiset tiedot edellyttävät tiedon fuusiointia oleellisen tiedon esittämiseksi tilannekuvassa. Prosessien tueksi kehitetään tietojärjestelmiä, joiden tavoitteena edelleen automatisoida toimintoja ja tukea päätöksentekoa. Tuleviltä järjestelmiltä vaaditaan nykyistä suurempaa integrointiastetta ja verkkovalmiutta. Tämä vaatimus johtaa siihen, että samaan laitealustaan integroidaan useita eri toiminnallisuuksia. Todennäköisesti 10–20 vuoden kuluttua ei ole yhtä selkeästi eroteltavissa tiedonsiirto-, tiedustelu- tai sensorijärjestelmiä vaan verkkoon kytkettäviä järjestelmäsolmuja. Solmujen toiminnallisuus määräytyy käytettävän ohjelmiston mukaisesti. Solmu voi toimia mm. tiedonsiirtoverkon osana, sensorina tai verkkohyökkäykseen kykenevänä järjestelmänä. Informaatioidankäynnin merkitys kasvaa edellyttäen ajanmukaisten suunnittelu- ja toteutustyökalujen kehittämistä. Johtamisjärjestelmien kehitys perustuu lähes täydellisesti COTS-tuotteisiin. Tästä huolimatta järjestelmien kehittäminen ja ylläpito on niiden laajuuden ja monimutkaisuuden vuoksi kallista. Tämän vuoksi simuloinnin ja mallinnuksen merkitys järjestelmien kehitystyössä sekä koulutuksessa korostuu edelleen.

**Lähdeluettelo:**

1. Berglund E., Teknisk-strategisk studie av digitala slagfältet, Delrapport 1 –Precisionsvapen, FOA-R—98-00848-201—SE, 1998.  
 Berglund E., Teknisk Hotbild 2015-2025. Delrapport 1 –Teknikutveckling, FOA-R—98-00890-201—SE, 1998.  
 Basic Research Plan, Director of Defence Research and Engineering, DoD, February 1999.  
 Defence Technology Plan, Director of Defence Research and Engineering, USA, February 1999.  
 Defence Technology Objectives of the Joint Warfighting Science and Technology Plan and the Defence Technology Area Plan, Director of Defence Research and Engineering, USA, February 1999.  
 Det framsynta samhället, Teknisk framsyn, 2000.  
 Joint Warfighting Science and Technology Plan, DoD, February 1999.  
 Ennet J, The Impact of Emerging Technologies on Future Air Capabilities, DSTO-GD-0186, December 1999.  
 Aerospace 2020, AGARD-AR-360, September 1997.  
 Future Surface Combatants: Engineering the 21<sup>st</sup> Century Navy, NSWG, Dahlgren Division, May 2000.  
 Land Operations in the Year 2020 (LO 2020), NATO RTO-TR-8 AC/323 (SAS)TP/5, March 1999.  
 Solstrand R. H., Teknologi, forsvar og forsvarstrukturer, EFI 2000/03429, augusti 2000.  
 Teknisk prognos TP95 FMV GD H21 121:3394/95, juni 1995.
2. Teknisen kehityksen suuntalinjat, Julkaisusarja 4, N:o 1, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Helsinki 2002.
3. Taisteluvälineet 2020, Julkaisusarja 1, N:o 10/2002, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Helsinki 2002.
4. Kosola J., Solante T., Digitaalinen taistelukenttä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka, Julkaisusarja Tutkimuksia, N:o 13, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Helsinki 2003.
5. Military priorities and future warfare, Jane's Defence Weekly, September 11, 2002
6. Information warfare tools rolled out in Iraq, Jane's Defence Weekly, August 06, 2003
7. Analysis, Jane's C4I Systems, March 13, 2003

## 8.2.4 Ilmapuolustuksen tiedonsiirtojärjestelmät

### 8.2.4.1 Lähtökohtia tiedonsiirron kehitykseen

Suurvallan tai kansainvälisen liittouman näkökulmasta tietoverkkojen kehityksen ajurina toimivat seuraavat seikat: kriisinhallinta on maailmanlaajuista ja monikansallista toimintaa, jossa yhteistoimintaa tarvitaan aselajien kesken (Joint-kyky) sekä kansainvälisten joukkojen kesken (Interoperability). Järjestelmien tulee kyetä muodostamaan dynaamisesti verkkoja eri toimijoiden kesken tiedon ja puheen välittämiseksi. Tämän tulee tapahtua mahdollisimman itsenäisesti, turvallisesti ja joustavasti.

Nämä vaatimukset vievät pois perinteisistä "savupiippumalleista", joissa yksittäistä järjestelmää varten on tarvittu oma infrastruktuurinsa tietoverkkoja myöden. Siirtyminen avoimiin standardeihin sekä valmiisiin kaupallisiin tuotteisiin ja teknologioihin (COTS) tukee yhteistoimintamahdollisuuksia, sekä auttaa hillitsemään kehityksen vaatimia kustannuksia.

Kaupallisten ja sotilaallisten vaatimusten yhtensovittaminen voi olla hankalaa. Esimerkiksi tietoturva-vaatimukset ovat olleet perinteisesti sotilaallisissa järjestelmissä kovempia. Tietoturva-vaatimusten voimakas kasvu aiheuttaa painetta kaupallistenkin tuotteiden kehittämiseen tällä saralla. Liikuteltavuus on toinen haaste kaupallisten järjestelmien käyttöönotossa.

Yhteistyö viranomaistahojen ja kaupallisten toimijoiden kanssa lisää paineita verkkojen avaamisesta julkisiin verkkoihin, mikä entisestään korostaa toimivien tietoturva-menettelmien käyttöönottoa. Laajenevia ja avautuvia verkkoja varten joudutaan kehittämään älykkäitä ja aktiivisia verkon turvallisuuden takaavia sovelluksia, tietoturva-agentteja.

### 8.2.1.2 Teknologioiden kehitys

Siirto-, tieto- ja puheverkot yhdistyvät vuosikymmenen loppuun mennessä ja yhdistävänä tekijänä toimii Internet-protokollaperhe. Internet-protokollan uuden version (IPv6) käyttö siirtyy laboratorioista kentälle, mutta ehkä vasta lähempänä vuosikymmenen vaihdetta. IPv4 osoitteiden on arveltu loppuvan vuonna 2010 - 2015. Osoitteenmuunnostekniikoilla (NAT) on kuitenkin saatu jatkettua 4-version käyttöikä. Verkkominisiteettien lisääminen muihinkin kuin tietoteknisiin laitteisiin sekä palvelun tason takaavien menetelmien tarve luo tarpeita siirtymiselle IPv6:een. Verkkojen dynaaminen käyttö, esimerkiksi liikkuvat tilaajat, luo kehityspaineita reititys- ja palveluntasoprotokollille, sekä käyttäjien hallinnan menetelmiin.

### Runkoverkkotekniikat

Siirtoverkoissa käyttöönotettu xWDM (Wavelength Division Multiplexing) tekniikka on mahdollistanut valokuitujen tehokkaan käyttämisen. Tällä hetkellä yhteen aallonpi-



tuuteen saadaan maksimissaan 10Gbit/s tiedonsiirtokyky. Lähitulevaisuudessa tulevat yleistymään 40Gbit/s ja 100Gbit/s tiedonsiirtonopeudet.

Piirikytkentäisten ratkaisujen alasajo on alkanut jo ja ne tulevat korvautumaan Ethernet-pohjaisilla ratkaisuilla.

Datanvälityskerroksella ollaan siirtymässä fyysistä kerrosta ohjaaviin reititystekniikoihin. GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching) tekniikan avulla reitityslukkyys tuodaan xWDM-laitteisiin, jolloin aallonpituuksia voidaan ottaa dynaamisesti käyttöön kuituverkosta.

## Liityntäverkot

Myös liityntäverkoissa Ethernet-pohjaiset tekniikat valtaavat alaa. Lisäksi langattomat verkot (WLAN WIMAX,FODM) kasvattavat suosiotaan nopeasti. Langattomuuden etuina ovat nopea ja edullinen rakentaminen, sekä käyttäjän mahdollisuus liikkua verkon alueella. Langattomien verkkotekniikoiden ongelmia sotilaallisessa käytössä ovat häirinnäsieto sekä taajuusalueiden luvanvaraisuus, joka voi toimialueesta riippuen olla hankalakin ongelma. Lähiverkkojen lisäksi langattomat reitittävät verkot laajentavat runkoverkkoja toimialueella, jossa ei ole omaa kiinteää verkkoa. Michitetetyt ja miehittämättömät lentävät alustat voivat lisäksi auttaa nopeaa verkkojen tuomista toimialueelle muodostamalla itsestään organisoituvia, ns. ad-hoc -verkkoja.

Langattomia liityntäverkkoja edustavat myös matkaviestinpohjaiset liittymät. Niissä etuna ovat automaattisesti mukana tuleva perinteinen puhelinominaisuus sekä laajat kaupalliset verkot. Sotilaskäytössä voidaan käyttää viranomaiskäyttöön tarkoitettuja erillisiä matkaviestinverkkoja tai rakentaa omia. 3/3,5G -sukupolven matkaviestinverkon kaupalliset toimitukset ovat alkaneet, mikä tarkoittaa sitä, että parhaimmillaan matkaviestinpohjaisissa verkoissa tullaan pääsemään jopa 2 Mbit/s siirtonopeuksiin. Käyttöönotto on ollut vielä melko hidasta, eikä tällä hetkellä niiden läpimurtoa ole vielä näkyvissä. Mikäli markkinat innostuvat video- ym. laajakaistapalveluista, voi tilanne muuttua nopeastikin. Ns. neljännen sukupolven matkaviestinverkko ei luultavasti ole enää yksittäinen teknologia, vaan useat eri verkkotekniikat yhdistyvät käytössä yhdeksi palveluita tarjoavaksi kokonaisuudeksi. Päätelaitteiden kirjo ja määrä kasvaa huomattavasti, kun niitä integroidaan ajoneuvojen ym. laitteiden osaksi.

### 8.2.4.3 Kehitysennuste

Verkkotekniikat kehittyvät tasaisesti ja huimimmatkin nykyvisiot toteutunevat ennen pitkää. Tällä hetkellä operaattorien tiedonsiirtokapasiteetit jopa kaksinkertaistuvat vuosisatasolla ja esimerkiksi kuitutekniikoissa edetään dekadien kapasiteettihyppyäksin.

Radioresurssien rajallisuuden takia rajattoman kaistan tarjoavat optiset tiedonsiirtojärjestelmät säilyvät käytössä. Optisten verkkojen kasvava tiedonsiirtokyky, optinen reititys ja prosessointi sekä dynaamiset siirtoprotokollat lisäävät verkkojen siirtokapasiteettia sekä vähentävät tiedonsiirtoviiveitä samalla kun järjestelmien kustannukset alene-

vat. Optiset verkot leviävät yhä laajemmalle, jopa kotitalouksiin asti. Optisia kuituja ei kuitenkaan ole järkevää rakentaa kaikkialle, joten sähköiset ja satelliittiyhteydet tulevat säilymään.

Massiivinen siirtokapasiteetti runkoverkoissa mahdollistaa esimerkiksi korkealaatuisen liikkuvan, jopa kolmiulotteisen, kuvan siirtämisen verkosta, päätelaitteesta ja päätelaitteen liikenopeudesta riippumatta.

Tietomassojen säilytyksen ja prosessoinnin sijainnin merkitys vähenee, ja laskentatehoa voidaan käyttää verkon vapaana olevilta resursseilta pyytämällä. (Vertaisverkko ja hila-teknologiat). Monimutkaistenkin järjestelmien etäkäyttö sekä laitteiden ja järjestelmien ohjelmistopäivitykset sekä huollot ja valvonta verkon yli lisääntyvät.

Ad-hoc -tyyppiset verkot ovat 15 vuoden perspektiivillä jo arkipäivää. Henkilön laitteet muodostavat automaattisesti ns. PAN/pico-verkon, jonka sisällä laitteiden resurssit on vapaasti jaettavissa. Tietosisällöstä tulee laiteriippumatonta, ja se seuraa käyttäjää, eikä laitetta. Esimerkiksi radiolähetys, jota kuunnellaan kodin audiolaitteistosta seuraa käyttäjän mukana mobiililaitteessa, kun hän siirtyy ajoneuvoonsa, jossa se kytkeytyy ajoneuvon audiojärjestelmään.

Sotilaalliset järjestelmät seuraavat kaupallisten järjestelmien kehitystä yhä pienenevällä viiveellä. Niissä korostuvat edelleen turvallisuus sekä hyvä liikkumiskyky. Sensorijärjestelmät, miehittämättömät ja etäkäytetyt ajoneuvot hyötyvät kasvaneista tiedonsiirto-ominaisuuksista eniten.

Solukoko langattomissa järjestelmissä pienenee myös muutamien metrien kantamaan asti, ja langattomista verkko-ominaisuuksista tulee kaikkien järjestelmien ominaisuus. Älykkäät laitteet muodostavat verkottuessaan älykkäitä järjestelmiä. Esimerkkinä voidaan mainita amerikkalainen itsensä paikkaava panssariminoite (Self Healing Minefield), jossa yhdistyvät tilatiedon, verkottumisen ja keinoälyn hyödyt.

## 8.2.5 Ilmapuolustuksen taistelunjohton radiojärjestelmä

### 8.2.5.1 Johdanto

Ilmavoimien taistelunjohtotoiminta perustuu yhä enemmän digitaalisessa muodossa olevan taktisen informaation hyväksikäyttöön. Radiotiellä tätä informaatiota siirretään lentoalusten ja johtopaikkojen kesken datalinkillä. Lisäksi taistelunjohtossa käytetään edelleen perinteistä puheviestintää VHF/UHF ilmailuradiotaajuuksilla häiriösuojatussa tai suojaamattomassa muodossa.

Varsin harvalla maalla Suomen lisäksi on operatiivisessa käytössä toimivaa datalinkkijärjestelmää. Yhdysvallat ja sen ohella NATO-maat ovat käyttäneen datalinkkejä jo 1960-luvulta lähtien. Muista maista on hyvin vähän tietoa käytettävissä. Tulevaisuudessa verkokeskeisen sodankäynnin keskeisenä vaatimuksena on reaaliaikaisen taktisen tiedon siirtäminen läpinäkyvästi ja saumattomasti eri tason verkkojen kesken. Tämän johdosta

erillisiä datalinkkijärjestelmiä ei enään kehitetä vaan taktisten radioverkkojen on oltava yhteensopivia yhteistyön kannalta.

### 8.2.5.2 Nykyinen tilanne

Suomella on käytössä kaksisuuntainen datalinkki (VIIRI). Vaikka järjestelmää voidaankin tällä hetkellä pitää erittäin kehittyneenä kokonaisuutena, se ei kuitenkaan vastaa tulevaisuuden asettamiin vaatimuksiin. Suurimmat tiedonsiirtoa koskevat kehitystarpeet liittyvät tiedonsiirtokapasiteetin ja häiriönsuojauksen parantamiseen, puolustushaarojen yhteisoperaatioiden reaaliaikaiseen johtamiskykyyn, monikansallisten operaatioiden yhteistoimintaan, seuraavan sukupolven aseiden käytön tukemiseen, sensoreiden tuottaman tiedon hyväksikäyttöön sekä taistelukestävyuden säilyttämiseen 2010-luvun taistelukentällä.

Yhdysvalloilla ja NATO-mailla on ollut jo pitkään käytössä Link-4A datalinkkijärjestelmä, jonka kehitys alkoi jo 1950-luvulta. Suurin puute Link-4A:ssa on lähetyksen häiriönsuojaus ja salaust. Nykyinen Link-16 järjestelmä on suhteellisen uusi taktinen datalinkki, jota käyttävät Yhdysvaltain laivasto, yhdistyneet joukot, eräät NATO-maat sekä Japani. Tämän ohjelman ensimmäinen vaihe aloitettiin 1975 ja toinen vaihe alkoi 1991<sup>2</sup>. Laajamittainen käyttöönotto on parhaillaan käynnissä ja saatetaan loppuun vuosikymmenen loppuun mennessä MIDS -päätetaitteiden käyttöönoton myötä. Link-16 tuo useita parannuksia Link-4A:an verrattuna kuten monikäyttö, solmuttomuus, häiriönsieto, suurempi datanopeus ja parannettu tiedonsiirron turvallisuus, verkon navigointimahdollisuudet sekä digitoitun puheen siirtämisen järjestelmässä<sup>4</sup>.

Link-16 on UHF alueella toimiva NATO:n ensimmäinen eri puolustushaarojen yhteinen datalinkki. Yhdysvalloissa toteutuksesta käytetään nimitystä Joint Tactical Information Distribution System (JTIDS). Link-16 järjestelmä on suunniteltu lähinnä AAW käyttöön (ilmatorjuntaa varten niin maasta, mereltä kuin ilmastakin) ja se perustuu TDMA tekniikkaan. Sen yhtenä perusosana on nopeasti taajuutta hypittävä radio. Verkot tehdään radion salaamisavaimen määräämällä aika/taajuusväleillä. Verkon hallinta on kehittynyt, sen avulla pystytään luomaan käyttäjäryhmiä, joiden saamaa dataa voidaan räätälöidä tarpeen mukaan<sup>1</sup>. Verkon radiopeittoa voidaan lisätä käyttämällä releointia, jolloin yksi verkon lentoaluksista tai jäsenistä välittää verkon lähetyksiä eteenpäin<sup>4</sup>.

Link-16 häiritseminen seurantahäirinnällä on käytännössä nykyisellä tekniikalla mahdollonta johtuen radion erittäin suuresta hyppynopeudesta. Myös perinteisimmillä menetelmillä esim. osakaistahäirinnällä se on erittäin vaikeaa ja onnistunee vain kaikkein suotuisimmissa tilanteissa.<sup>3</sup>

Link-16 järjestelmän terminaali on modulaarinen, joten siitä on helppo tehdä eri käyttöön sopivia laitteita. Link-16 terminaaleista käytetään myös nimityksiä MIDS Low Volume Terminal (MIDS LVT)<sup>2</sup>. Valmistajia on kolme kappaletta, joista kaksi on yhdysvaltalaisia (DLS ja VIASAT) ja yksi on eurooppalaisten yritysten muodostama konsortio. Tämän valmistama terminaali tunnetaan nimellä EUROMIDS.

Yhdysvaltojen ja Naton ilmaoperaatioiden taktinen johtaminen perustuu pääasiassa AWACS käyttöön, jolloin varsinainen johtaminen tapahtuu ilmasta käsin. Pienemmillä mailla johtaminen tapahtuu maaperusteisesti, jolloin sanomia välitetään maassa sijaitsevasta johtokeskuksesta tukiasemaverkon kautta johdettaville aluksille. Viime vuosina on alettu kehittää maaperustaiseen johtamiseen tarvittavaa tukiasemaverkkokonseptia. Tämä on usealle järjestelmän käyttöönottavalle maalle pakollinen investointi. Yhtenä suurena ongelmana maassa sijaitsevalla tukiasemalla on maan pinnan ja muodon aiheuttama rajoite radiohorisonttiin. Kattavan radiopeiton luomiseksi jollekin tietylle lento- korkeudella tarvitaan mahdollisesti useita kymmeniä tukiasemia.

### 8.2.5.3 Kehitysennuste

#### **Asejärjestelmien kehitys datalinkin kannalta**

Datalinkilla on jatkossa kyettävä siirtämään kaikkien sensorityyppien tuottamaa tietoa sekä maalitilannekuvaa että aseiden maaliinohjausinformaatiota. Asejärjestelmien kehitys suuntautuu kohti järjestelmiä, joille maalitieto voidaan tuottaa myös lavetin ulkopuolelta. Samalla älykkäämpien aseiden maalinetsimiltä edellytetään kykyä luokitella ja tunnistaa kohde sekä tuottaa osuma-analyysi, mikä käytännössä edellyttää kuvan välittämistä aseelta johtamisjärjestelmään. Tiedonsiirtojärjestelmän on kyettävä tuottamaan maalitieto sensorilta aseelle maaliinohjauksen edellyttämän tarkkuusvaatimuksen mukaisesti <sup>4</sup>.

Käytännössä maalitieto siirretään aselustalle johtamiseen käytettävällä datalinkillä ja varsinaisen aseiden ohjaamiseen tarvittava ohjaustiedonsiirto toteutetaan erillisellä nopealla datalinkillä.

#### **Verkkojen yhteistoiminta**

Tulevaisuuden verkkokeskeisen sodankäynnin keskeisenä vaatimuksena on reaaliaikaisen taktisen tiedon siirtäminen läpinäkyvästi ja saumattomasti eri tason verkkojen kesken. Myös kansainvälinen yhteensopivuus edellyttää yhteensopivuutta tai gateway-toiminnan toteuttamista kaikilla OSI-tasoilla: fyysinen ilmarajapinta, tiedonsiirtoprotokolla, sanomarakenne, esitystapa ja C4ISR-sovellusohjelmistot. Link-16 määrittely kattaa kaikki edellä mainitut tasot lukuun ottamatta viimeksi mainittua. Link-16 järjestelmää käytettäessä täytyy C4ISR-ohjelmistot (laitteet) integroida käyttämään Link-16 sanomarakenteita ja esitystapaformaatteja. Gateway-laite voi periaatteessa sovittaa yhteen kaikilla OSI-kerroksen tasoilla kaksi aivan erityyppistä C4ISR-järjestelmää. Yleensä gateway-laite sovittaa yhteen vain OSI-kerrokset 1...3(4). Esimerkiksi ohjelmistoradiolla voidaan toteuttaa eri radioverkkojen saumaton ja läpinäkyvä yhdistäminen. <sup>1</sup>

#### **Ohjelmistoradio**

Sotilasradiot ovat kokemassa tällä vuosikymmenellä teknologisen murroksen ohjelmistoradiotekniikan myötä. On hyvin todennäköistä, että vuoden 2010 jälkeen myydyt sotilasradiot ovat ohjelmistoradioita. Ohjelmistoradion ideana on, että radion toiminta

nallisuus toteutetaan radioon ohjelmallisesti. Tällöin samassa radioalustassa voi toimia rinnakkain useita eri aaltomuotoja tai sama aaltomuoto voidaan ottaa helposti käyttöön useilla erilaisilla radioalustoilla. Osa radion aaltomuodoista voi olla yhteistoimintaan käytettäviä kansainvälisiä aaltomuotoja ja osa kansallisia.<sup>5</sup>

Yhdysvalloilla on muutaman vuoden ajan ollut voimassa määräys, että kaikkien uusien hankittavien radioiden tulee olla niin sanotusti JTRS -yhteensopivia. JTRS (Joint Tactical Radio System) on suuri Yhdysvaltain ohjelmistoradiohanke, joka tavoitteena on kehittää ohjelmistoradioita eri puolustushaarojen käyttöön. JTRS hankkeen ensimmäisen sukupolven ohjelmistoradiot sisältävät suuren joukon vanhoja aaltomuotoja yhteistoiminnan mahdollistamiseksi. Aaltomuodon kehittäminen perustuu SCA (Software Communication Architecture) ohjelmistoarkkitehtuuriin, jolloin aaltomuodot ovat ladattavissa kaikkiin SCA -yhteensopiviin radioalustoihin.<sup>5</sup>

### **Tiedonsiirron adaptiivisuus datalinkissä**

Muuttuvat olosuhteet radiokanavassa asettavat tarpeen adaptiiviselle tiedonsiirrolle. Aaltomuodon toimintaparametreja tai -moodia säädetään reaaliaikaisesti sen mukaan, halutaanko esimerkiksi suurta datansiirtokapasiteettia, hyvää suojaa häirintää vastaan vai vaikeaa havaittavuutta. Ohjelmistoradiotekniikka mahdollistaa adaptiivisten aaltomuotojen toteuttamisen, jolloin tehtävän ja toimintaympäristön mukaan voidaan lähes reaaliaikaisesti muuttaa ilmarajapinnan ja verkon toimintaa. Vaikeissa häiriöllisissä olosuhteissa siirrettävän datan määrä minimoidaan ja prosessointivahvistus häirintää vastaan maksimoidaan. Hyvissä olosuhteissa toimitaan päinvastoin ja siirrettävän datan määrä voidaan maksimoida. Verkkotasolla toiminta adaptoidaan muuttuvien tarpeiden mukaan eli tiedonsiirtokapasiteettia jaetaan dynaamisesti käyttäjien tarpeiden mukaan.<sup>4</sup>

Adaptiivisen aaltomuodon suorituskykyä voidaan vielä parantaa käyttämällä adaptiivista antennitekniikkaa, joka tekniikkana soveltuu hyvin käytettäväksi ohjelmistoradiossa. Adaptiivisissa antennissa antennin suuntakuviota säädetään kohteiden mukaan eli vahvistusta voidaan lisätä oman kohteen suuntaan ja vähentää häiriön suuntaan.<sup>1</sup>

Link-16:ssa on useita kiinteitä datasiirtonopeuksia, mutta aaltomuotona se ei ole aidosti adaptiivinen. Edellä esitetty huomioiden Link-16 saattaa olla aaltomuotona vanhanlainen 2010 luvulla.

### **Laajakaistaiset aaltomuodot**

WNW (Wideband Networking Waveform) saattaa tulevaisuudessa olla kansainvälisen yhteistoiminnan aaltomuoto Link-16 sijasta. Tämä on JTRS- radioperheen vastaava kehitystyön alla oleva uusi joint-aaltomuoto, jonka pitää tukea tai siihen pitää sisällyttää mm. seuraavat ominaisuudet:

- mahdollistaa eri puolustushaarojen välisen yhteistoiminnan
- saumaton videon, puheen ja datan siirto
- maksimi tiedonsiirtokapasiteetti 2..5 Mbit/s
- adaptoituminen käyttäjän tiedonsiirtotarpeisiin ja verkkomuutoksiin
- muodostaa skaalautuvan ad hoc-verkon

- ilmarajapinta ja reititys adaptoituvat automaattisesti tai käyttäjän ohjaamana
- käyttää standardi internet-protokollia ja liitántärajapintoja jos mahdollista
- tukee toiminteiden vaiheittaista lisäämistä
- käytössä olevien taajuusalueiden adaptiivinen ja dynaaminen käyttö.

Hankkeessa ovat mukana USA, Englanti, Kanada, Saksa, Ranska, Italia, Belgia, Norja, Hollanti ja Turkki. Saattaa käydä myös niin, että eurooppalaisella forumilla kehitetään eurooppalaisen yhteistyön aaltomuodoksi oma WNW -tyyppinen laajakaistainen aaltomuoto. Ainakin Ranska on kehittämässä tämän tyyppistä aaltomuotoa ja olisi tarjoamassa sitä myös eurooppalaisen yhteistoiminnan aaltomuodoksi.<sup>1</sup>

## LÄHTEET

- <sup>1</sup> Selvitys Link-16 ja Link-22 ominaisuuksista versio 0.95, Rantanen Heikki, PVTTEI -os:n selvitys, 2003
- <sup>2</sup> Datalinkit, Hanna Parviainen, Oulun Yliopisto Tietoliikennelaboratorion tutkimusraportti, 2001
- <sup>3</sup> Link-16 tiedusteltavuus, Matti Kunttu ja Kalle Passoja, Harjoitustyö kurssilla Digitaalinen taistelukenttä, Oulun yliopisto, kevät 2002
- <sup>4</sup> Link-16 Presentation to the Finnish Air Force by Roy Eisenberg, January 2004
- <sup>5</sup> IDLS 2003 presentation, Joint Tactical Radio System (JTRS), September 2003

## 8.3 Ilma-alusten asejärjestelmät

Ilma-alusten asejärjestelmä koostuu erilaisista sensoreista, tiedonsiirto- ja analysointijärjestelmästä, omasuojajärjestelmistä sekä varsinaisesta aseesta. Tyypillisiä sensoreita ovat tutkat ja tutkavaroitimet sekä erilaiset infrapuna- ja näkyvän valon alueen kamerajärjestelmät. Aseena voidaan käyttää hyvin laajaa valikoimaa ammusaseita, ohjuksia, torpedoita ja pommeja tehtävän vaatimusten mukaisesti.

Ilma-alusten asejärjestelmien kehitysvauhti säilyy tarkastelujaksolla edelleen suurena. Laskentatehon ja muistin lisääntyminen johtaa entistä vahvempaan järjestelmäintegraatioon sekä alajärjestelmien toteuttamiseen kehikkoon sijoitettavilla vakiomoduuleilla, erillisten laitteiden sijasta. Ohjelmistolla toteutettavuus lisääntyy 90 % tasolle ja kokonaisen ilma-alusten kehitysjaksot pidentyvät ja toisaalta elektroniikkajärjestelmien elinjakso lyhenee. Luotettavuus kasvaa ja laitteiden korjaaminen käy vähitellen kannattamattomaksi. Merkittävin uusi kyky on koneiden ja konemuodostelmien (lento-osastojen) välinen integroitu tiedonjako. Tärkeimmät suunnittelutavoitteet ovat maali-tiedon käsittelyn ketteryys ja tiedonvälityksen kaistanleveys.

Ilma-alusten asejärjestelmissä ei odoteta tarkastelujakson aikana tapahtuvan merkittävää uusien aseiden tai menetelmien esiintuloa. Käyttöön tulevat järjestelmät ovat vähintäänkin laboratorioasteella ja kokeilukäytössä. Käytön ja kehityksen painopisteet kohdistuvat sen sijaan olemassa olevien teknologioiden, kuten häive- ja lasertekniikan, jatkokehittämiseen sekä perinteisen puolustushaarajaon rikkovien yhteisoperaatioiden edellyttämiin järjestelmiin. Lisänä tulevat vielä miehittämättömien ilma-alusten ja satelliittien muodostamat järjestelmät. Eri järjestelmien käytössä on lisäksi enenevässä määrin huomioitava toiminta hyvin erityyppisissä ja vaihtuvissa uhkaympäristöissä, mikä asettaa omat vaatimuksensa käytettävälle kalustolle.

### 8.3.1 Sensorit

#### 8.3.1.1 Tutkat

##### **Yleistä**

Tutka tulee tarkastelujaksolla säilymään taistelukoneen pääsensorina ja sillä mahdollistetaan joka sään torjuntakyky. Nopeuden mittaustarkkuus on erinomainen ja mittausestäisyys hyvä myös huonoissa sääolosuhteissa. Suurimmat haasteet ovat häivetekniikan ja älykkään häirinnän kehittyminen, joita vastaan tutkatekniikkaa tulee kehittää.

Mekaanisesti keilaava antenni eli sähkömoottoreilla liikuteltava antenni on väistyvää teknologiaa. Mekaanisesti keilaavan antennin hitaus vaikeuttaa aktiivisten tutkaohjusten maalitietojen saamista monimaalitulanteessa, varsinkin maalien ollessa hajallaan. Tämä puute voidaan korjata elektronisesti keilaavilla antennilla, jotka parantava tutkan suorituskykyä etenkin monimaalitulanteissa. Elektronisesti keilaavassa antennissa ei ole liikkuvia osia ja keila suunnataan sähköisesti. Elektronisella keilauksella voidaan myös muodostaa ilmatilannekuva ja kuva maanpinnasta samanaikaisesti.

Aktiivielementtejä käyttävät, elektronisesti keilaavat tutkat tulevat palveluskäyttöön uusissa koneissa. Tutkan ja tutkavaroitin yhteistyö johtaa toteutusten yhdistämiseen. Rakenteen etuja ovat:

- keilausnopeuden moninkertaistuminen
- havaintoetäisyyksien merkittävä kasvaminen
- hyvin suuri luotettavuus ja vikasetokyky, jopa 10 prosenttia elementeistä voi olla vikaantuneita, ennen kuin tutkan toiminta oleellisesti heikkenee
- ei suurtaajuushäviöitä
- tutkapoikkipinta-alan hallinta
- keilan muodon hallinta ja täten parantuneet häirinnänsieto-ominaisuudet
- lähetystehon muuntelumahdollisuus.

Haittoja ovat:

- hinta
- heikohko hyötysuhde ja suuri jäähdytyksen tarve
- melko kapeakaistaisia ainakin toistaiseksi
- vaatii runsaasti älykästä ohjauslaskentaa.

## Tutkan häirinnänsieto

Alati kehittyvät lentokoneiden kiinteät aktiiviset häirintälaitteet, aktiiviset heitteet, hinnatit ja maalien havaittavuuden pienentäminen tutkapoikkipinta-alaa minimoimalla tulevat osaltaan ohjaamaan tutkien teknistä kehitystä.

Tyypillisesti tutkat omaavat seuraavia häirinnän torjuntaominaisuuksia:

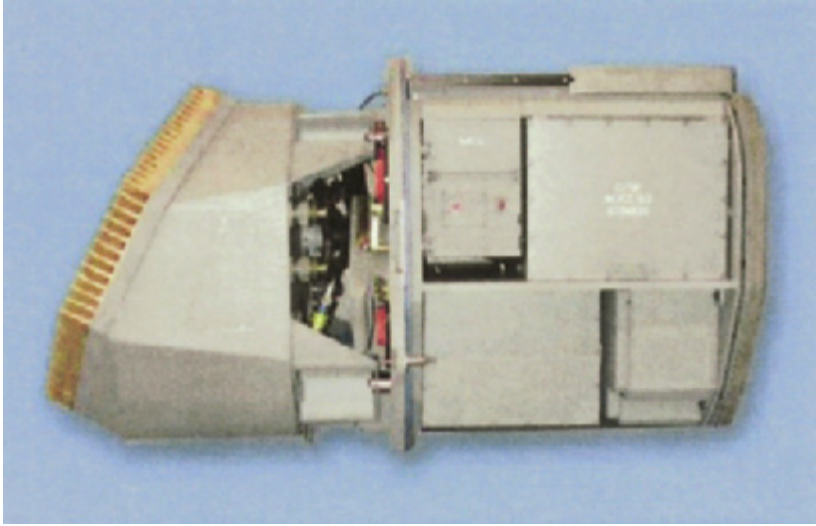
- mahdollisuus kuunnella omaa taajuusaluetta ja vaihtaa toimintataajuutta häirinnän havaitessaan
- korkea ensimmäinen välitaajuus ja hyvä peilitaajuuksien vaimennus
- laaja toimintakaista ja mahdollisuus nopeaan toimintataajuuden vaihtoon
- matala pulssiteho, pulssintoistotaajuuden jitterointi (epätasainen jako) ja taajuushyppely pienentävät tutkan havaittavuutta
- monimutkaisten pulssikompressiolähetteiden käyttö vähentää mahdollisuutta tulla häirityksi toistintyyppisillä häirintälähettimillä tai heitteillä
- matala sivukeilataso ja vartiokanavatoiminto vähentävät mahdollisuutta häiritä sivukeiloista
- etäisyys- ja nopeusporttien varastuksen tunnistus ja mahdollinen väistö sekä heitetyn silpun ilmaisu
- monikanavavastaanotinrakenteella toteutettu monopulssiseuranta, joka on suhteellisen immuuni kulmaharhautukselle.

Parantuneet häirintämenetelmät pakottavat edelleen kehittämään tutkien häirinnänsietokykyä. Tutkien aktiivinen häirintä voidaan tunnistaa ja mahdollisesti väistää tehokkaalla vastaanotetun signaalispektrin tarkkailulla ja kehittyneillä seuranta-algoritmeilla. Oman toiminnan havaitsemista pyritään pienentämään käyttämällä pieniä pulssitehoja, monimutkaisia ja nopeasti laajalla kaistalla vaihtelevia tutkalähteitä sekä adaptiivista antennikeilan muodostusta aktiivisten antennien tullessa käyttöön. Lisääntynyt signaaliprosessointikapasiteetti antaa mahdollisuuden ohjelmistoa muuttamalla vastata uusiin häirintätapoihin.

Useat tutkavalmistajat tekevät runsaasti työtä ilmamaalien tunnistamiseksi vastaanotetun tutkasignaalin perusteella. Helikoptereita ja suihkumoottorilla varustettuja lentokoneita pystytään tunnistamaan roottorilapojen ja ahtimien siipien aiheuttaman spektrimodulaation perusteella. Kiinteäsiipisten ilma-alusten tunnistaminen hahmon perusteella on kuitenkin lähinnä laboratorioasteella ja käytännön operatiiviset sovellutukset ovat useiden vuosien päässä.

Lentokonesijoitteinen bi-/multistaattinen (useammalla alustalla sijaitseva) tutka on etenkin signaalinkäsittelyllisesti ja synkronoinnin kannalta haastava, mutta tulee olemaan tulevaisuudessa tärkeä sensorityyppi, koska alustan selviytymiskyky kasvaa sensorin ollessa passiivinen. Samalla se tarjoaa paremman stealth-maalien havaintokyvyn ja häirinnän siedon.





**Kuva 1:** Sähköisesti keilaava hävittäjäjutka, APG-79, joka tulee käyttöön F-18E/F-koneissa. Tutkan antenni on käännetty viistosti ylöspäin, jotta se ei toimisi tutkaheijastimena muille tutkille. Kuvan lähde: Jane's Avionics 2007 (internet).

### 8.3.1.2 Elektro-optiset sensorit

Valovahvistimien käyttö yleistyy ja liikehtimiskykyisiin koneisiin kehitetään ratkaisuja, joissa useamman valovahvistinkameran kuva yhdistetään kypäränäyttöön. Ratkaisulla kevennetään ohjaajan niskakuormitusta ja laajennetaan näkökentää. Valovahvistimien teknologiakehitys parantaa optista suorituskykyä. Kiinteästi koneeseen sijoitettavien valovahvistimien tapauksessa digitaalinen kuvankäsittely ja hahmontunnistus mahdollistaa valovahvistimen käytön myös maalinosoituksessa. Pidemmällä kehitysjaksolla valovahvistin integroituu kypäränäytön osaksi, jolloin videokuvaan yhdistetään lentämiseen (ml. törmäysvaroitus) ja sodankäyntiin liittyvä symboliikka.

Infrapunaetsin ja -seuraaaja (IR) on tavallisesti koneen etuosaan kiinteästi tai koneen ripustimiin irrotettavasti sijoitettu stabiloitu keilain, jota voidaan käyttää pitkän matkan maalitietojen hankinnan ja tunnistuksen lisäksi myös suunnistukseen. Elektro-optisen/infrapunasensorin (EO/IR-sensorin) etu tutkaan nähden on se, että se ei emittoi säteilyä ulospäin, vaan on passiivinen sensori. Se soveltuu niin päivä- kuin yökäyttöön myös huonoissa sääolosuhteissa.

IR-sensoreiden havaintoetäisyys tulee olemaan tutkan havaintoetäisyyttä pienempi. Rungas ilmakehän kosteus ja pilvet kuitenkin huonontavat havaintoetäisyyttä, eikä siihen ole IR-puolella nähtävissä parannusta teknologisen kehityksen avulla.

Lasereita käytetään jatkossakin myös laseretäisyysmittaukseen. Etsimet kykenevät seuraamaan maaleja hyvin suurella sivukääntökulmalla (yli 140 astetta), mistä on merkittävää taktista etua aktiivisen tutkaohjauksen päivityksen ja väistön aikana sekä ohjattaessa infrapunaohjusten etsinpäitä kaartotaistelutilanteissa. Hyvä kulmaerottelukyky mahdollistaa lähekkäin olevien maalien erottelemisen erillisinä paremmin kuin tutkalla.

Etsimet tulevat jatkossakin toimimaan lähinnä 3–5 tai 8–12 mikrometrin aallonpituusalueella, jolloin digitaalinen signaalinkäsittely voi perustua pintalämpötiloihin. Suuntauksena on siirtyminen pisteilmaisimista kuvantaviin matriisi-ilmaisimiin ja ilmaisimen lämpötilaerottelukyvyn parantaminen.

Elektro-optiset (EO) etsimet toimivat näkyvällä aallonpituusalueella ja soveltuvat siten vain päiväkäyttöön hyvissä sääolosuhteissa. Käyttötarkoitukset ovat samat kuin infrapuna-toimimisillakin. Ilmaisimien on ja tulee olemaan CCD-/CMOS-sensoreita. Optiikoita voi olla kaksi, joista pitempipolttovaloinen on tarkoitettu tunnistamiseen. Maalien havaintoetäisyydet etsimellä ovat lyhyempiä kuin infrapuna-alueella toimittaessa. Näkyvän valon alueen kameroita käytetään yleisesti maalinosoitus- ja etsintäjärjestelmissä täydentämään lämpökameralta ja muilta sensoreilta saatavaa kuvaa.

### 8.3.1.3 Sensori-integraatio

Yhä useammat sensorit tullaan integroimaan toisiinsa entistä paremmin, jolloin maali-tietoja voidaan vaihtaa, yhdistää ja vertailla niiden välillä. Tarkoituksena on saada asejärjestelmän käytettäväksi tarkoin mahdollinen maali-tieto. Tällöin voidaan esim. etäisyys- ja kulmatieto ottaa eri sensoreilta tai saavuttaa datafuusion ansiosta parempi tarkkuus kuin mihin yhdellä sensorilla päästäisiin. Myös kypärätähtäin integroidaan olennaiseksi osaksi asejärjestelmää suuntaamaan ohjaajan päännäkkeillä infrapunaohjuksia kaartotaistelu-tilanteessa kohti vastustajaa. Lisäksi eri lavettien sensoreiden informaatiointegroitua tullaan käyttämään laajalti.

Kasvavaa käytössä olevaa tietojenkäsittelytehoa sekä sensoreiden määrää ja ominaisuuksien kasvua käytetään hyväksi esim. lentoyksikön sisäisen integraation lisäämisessä. Tämä mahdollistaa mm. monipaikkasensoriratkaisujen kehittämisen maalien havaittavuuden lisäämiseksi (tämä edellyttää laskentatehon lisäksi tiedonsiirtokyvyn kehittymistä).

Sensorien automaatio kasvaa ja koneen ohjaaja pyritään entistä enemmän vapauttamaan sensoreiden käsittelyyn liittyvistä toiminnoista.

Häivetekniikan parantuminen vaatii sensorien korvaamista uudella teknologialla herkkyyden ja maalinosoituksen parantamiseksi. Sensorit kykenevät entistä paremmin luokittelemaan maalin tämän ominaisuuksien avulla. Avaruuden ja automaation hyödyntäminen lisääntyy.

## 8.3.2 Omasuojajärjestelmät

Nykyisin käytössä olevien lentokoneiden omasuojajärjestelmiin kuuluvat erilaiset heitteet/hinatteet sekä häirintälähettimet. Heitteisiin kuuluvat tutkia ja tutkaohjuksia varten tarkoitettu silppu sekä infrapunaohjuksien harhauttamiseksi erityyppiset soihdut. Vastaavasti elektroniikan yleisen kehityksen mukana koneet pystytään varustamaan entistä tehokkaammilla ja älykkäämmillä tutkavaroitimilla ja häirintälähettimillä.

Kehittämiskohteita:

- pyroforiset ja kinemaattiset soihdut
- aktiivinen infrapunahäirintä/sokaisu (lamppu, laser)
- ennakoivan/pitkäkestoisen silputuksen edellyttämät kasetit
- ohjuslaukaisuvaroittimet
- uhkatunnistus ja järjestelmäkohtainen häirintämenetelmien automaattinen valinta ja modifiointi sekä kyky reagoida erityyppisiin uhkiin yhtäaikaaisesti.

### 8.3.3 Maalinosoitus ja tulenjohtojärjestelmät

Kokonaismaalitilannekuva voidaan muodostaa kaikkien alueella toimivien lavettien sensoritietoja yhdistämällä. Passiivinen maalinosoitus lisääntyy tutka- ja muiden sensorijärjestelmien integroitua yhdeksi kokonaisuudeksi. Myös ohjuksen laukaisu voidaan tulevaisuudessa laajalti hoitaa jonkun toisen määrittämään maaliin, jonka tiedot välitetään tietovuolla (third party targeting).

Ilma-alukset voivat tulevaisuudessa hyödyntää tutkavaroitinta maalin paikantamiseen ja ampuma-arvojen laskentaan. Laukaisu tehdään vastustajan tuottaman sähkömagneettisen säteilyn perusteella. Ampuma-arvojen tarkkuutta parannetaan suunnittelemalla liikehtimisgeometria ja optimoimalla liikehtiminen ennen laukaisua. Tutkavaroitin voi lukittua vastustajan koherentin tutkan vaiheeseen ja myös tällä tavalla parantaa maalinosoituksen tarkkuutta.

### 8.3.4 Tiedonsiirto

Laaja-alainen verkostoituminen lisääntyy (Network Enabled Capabilities, NEC). Verkottuneen sensorijärjestelmän suorituskyvyn maksimointi vaatii laajakaistaista tiedonsiirtoa joko hyvin korkeilla taajuuksilla tai esim. laserilla.

### 8.3.5 Aseet

#### 8.3.5.1 Ilmasta-maahan aseet

Ilmasta-maahan -aseiden kehityksessä merkittävintä on valikoiman kaventuminen ja tarkkuuden lisääntyminen. Täsmäaseissa saavutetaan todellinen joka sään toimintakyky. Ilmasta-maahan -aseissa tulee olemaan kyky säätää asevaikutusta, jotta voidaan välttää sivullisille aiheutettavia vahinkoja.

Vaikuttaminen pyritään tekemään mahdollisimman kaukaa risteilyohjuksilla ja liitopommeilla. Toinen ja alati yleistävä vaihtoehto on käyttää miehittämättömiä ilma-aluksia ilmasta-maahan -ohjusten laukaisualustoina. Esim. USA:n puolustusvoimat on pyytänyt rahoitusta hankkiakseen lisää UAV-kalustoa Afganistaniin ns. Hunter-Killer -koneiksi maamaaleja vastaan.

Maalinosoitus ja tulenjohto tehdään yhä selvemmin eri laveteilta. Maassa oleva tulenjohtaja voi pyytää tukea yksiköltä, joka käyttää maalin valaisuun miehittämätöntä ilma-alusta. Varsinainen ase voidaan laukaista perinteisestä lentokoneesta tai muusta ilma-aluksesta. Myös eri laveteille asennettujen sensoreiden tietojen yhdistely tulee yhä vahvemmin käyttöön.

Perinteisen, miehityyllä alustalla tehtävän ilmarynnäköinnin käyttö vähenee edelleen. Erityisesti tärkeimpiä maamaaleja vastaan käytetään tehokasta laskentakapasiteettia hyödyntäviä, sekä näkyvän valon alueella, että lämpökameralla varustettuja hakupäitä. Näiden hakupäiden käyttö edellyttää tehokasta tiedustelua ja maalin etukäteispaikannusta. Maalin lopullinen, tarkka paikantaminen tapahtuu tarvittaessa vasta aseiden laukaisun jälkeen, jolloin maalin liikkuminen laukaisun jälkeen voidaan kompensoida. Alkuvaiheen suunnistus perustuu nykyisin satelliitti- ja hyrränavigointiin. Maalin tultua hakupään näkemäalueelle suunnistus tapahtuu hakupäähän muodostetun kuvan perusteella. Huonoissa sääoloissa voidaan käyttää korkean taajuusalueen tutkaa loppuhakeutumiseen. Nykyisin käytössä olevien laserohjattujen pommien ja ohjuksien käyttö yleistyy edelleen ja ne säilyvät ilma-alusten ilmasta maahan -vakioaseina tehonsa ja halpuutensa ansiosta.

Ohjusten suunnistaminen voidaan hoitaa myös satelliitti-, lennokki-, tai muun vastavaan ilmakuvan perusteella. Tällöin aseessa on kuvantava sensori (IR tai optinen), joka kuvaa maastoa ilmasta ja vertaa sitä referenssikuvaan. Ase pystyy näin hakeutumaan ilman GPS:ää maaliin. GPS:n tarkkuus ei aina riitä loppuhakeutumiseen, vaan tiedustelukuvalla päästään parempaan tarkkuuteen. Erona varsinaiseen kuvantavaan hakupäähän tässä menetelmässä on se, että kuvaa käytetään suunnistamiseen myös aseiden lennon aikana eikä ainoastaan loppuhakeutumisen, ts. seurataan maantieteellistä sijaintia eikä maalia.

Kaukaa tapahtuvan vaikuttamisen lisäksi kehitetään pieniä vapaasti putoavia pommeja, jotka ohjataan maaliin. Pommien käytön motiivina on ennen kaikkea halpa hinta. Pommien kokoa voidaan pienentää, koska pommiin integroitu ohjaus parantaa osumistodennäköisyyttä. Lisäksi pienemmät pommit ovat logistisesti helpompia ja halvempia, samoin kuljettaminen hyötykuormaltaan pienemmissä häivetekniikkaan perustuvissa pommittajissa vaatii kehittämään pienikokoisia aseita.

### 8.3.5.2 Meritorjunta-aseet

Meritorjunta-aseille on tyypillistä, että samaa asetta voidaan laukaista usealta eri lavetilta. Lavettina voi toimia miehitetty tai miehittämätön ilma-alus, laiva tai ase voidaan laukaista maalta. Aseet ovat tyypillisesti suurikokoisia, koska niiltä vaaditaan suurta kantamaa ja isoa taistelulatausta.

Aseena voidaan käyttää miinoja, vedenpinnan yläpuolella lentävää ohjusta tai pinnan alla etenevää torpedoa. Torpedoita käytetään sukellusveneiden torjuntaan ja niiden laukaisulavettina ovat ilma-aluksista yleensä merivalvontalentokone tai helikopteri. Ohjus-

aseita käytetään pinta-aluksia vastaan ja laukaisualustana toimii lentokone tai helikopteri. Miehitämättömältä ilma-alukselta meritorjuntaohjuksen käyttö vaatii ohjuksen suuren painon vuoksi suurta kuormankantokykyä, eikä näin suuria miehitämättömiä lavetteja ole toistaiseksi tiedossa.

Aseita käsitellään tarkemmin ”Meripuolustuksen asejärjestelmät” -osiossa.

### 8.3.5.3 Ilmasta ilmaan -aseet

Ilmataisteluohjukset ovat lentokoneesta ammuttavia lentokonemaalien tuhoamiseen tarkoitettuja ohjuksia. Yleinen luokitteluperuste on tutka- tai infrapunahakuisuus. Toinen jakoperuste on kantaman mukaan; lyhyen, keskipitkän ja pitkän matkan ohjukset. Kantama tai käyttöetäisyys ei ole samalla tavalla yksikäsitteinen kuin useimmilla maasta laukaistavilla aseilla, vaan riippuu voimakkaasti ampujan ja maalin lentokorkeudesta ja nopeudesta sekä maalin liikehtimisestä. Lyhyen matkan ohjusten pisin laukaisuetäisyys on luokkaa 10...15 km, keskipitkän matkan 50...80 km ja pitkän matkan yli 80 km. Keskipitkän ja pitkän matkan ohjukset ovat yleensä tutkahakuisia ja lyhyen matkan ohjukset infrapunahakuisia.

Yleisesti käytössä olevia ominaisuuksia ovat:

- ristisiipisyys
- aerodynaaminen ohjaus kääntyvien peräsimpien avulla, mahdollisesti yhdistettynä moottorin kääntyvään suihkusuuttimeen (Thrust Vector Control)
- pääasiassa ylisooninen lentonopeus
- konventionaalinen taisteluosa
- kiinteäruutinen rakettimoottori.

Merkittävää tulee olemaan miehitämättömien ilma-alusten sekä risteilyohjusten torjunta. Tiedusteluun ja harhauttamiseen käytettävät pienet ja keskikokoiset miehitämättömät ilma-alukset ovat varsinaisiin lentokoneisiin verrattuna halpoja, joten niiden torjumiseen käytettävien välineiden tulee myös olla halvempia kuin koko ajan kehittyvien ja kallistuvien varsinaisten ilmataisteluohjusten. Miehitämättömien ilma-alusten pieni koko on myös merkittävä havaitsemiseen, maalinosoitukseen ja tulenjohtoon vaikuttava tekijä. Nämä ominaisuudet asettavat erityisvaatimuksia niin tutkalle kuin hakupäällekin. Pieniä ja halpoja miehitämättömiä ilma-aluksia voidaan myös käyttää runsaslukuisesti valemaaleina, joko pelkästään tai oikeiden maalien seassa.

Lähes tai täysin miehitettyjen ilma-alusten kokoiset miehitämättömät taistelukoneet (UCAV) tulevat myös olemaan haaste ilmasta-ilmaan -torjunnalle, sillä ne on mahdollista muotoilla tutkapinta-alaltaan todella pieniksi. Lisäksi ne tulevat lentämään vähintään lähellä äänennopeutta. Teknisesti ne ovat lähes hävittäjäkoneen tasolla, joten niitä ei tule olemaan niin paljon kuin halpoja ja hitaita tiedustelu-/valemaali-UAV:ta.

UAV:en kanssa samaan kategoriaan luetaan yleensä myös risteilyohjukset, joiden lentokonetorjuntaan kiinnitetään kasvavassa määrin huomiota. Ohjukset ovat niin ikään hankalasti havaittavia pienen kokonsa vuoksi.

Ilma-alukseen asennettavien laseraseiden kehitys myös jatkuu. Aluksi näitä aseita suunnitellaan käytettäväksi hakupäihin vaikuttamiseen sekä ballististen ohjusten ja muiden vaikeasti torjuttavien maalien tuhoamiseen. Kehitys johtaa kuitenkin siihen, että näitä aseita aletaan käyttää myös lentokoneita ja miehittämättömiä ilma-aluksia vastaan. Laser-aseen käyttö hävittäjäkokoluokan lavetissa vaatii vielä suurehkoa kehitystä, mikäli tavoite on esim. tuhota ohjus tai ilma-alus. Sen sijaan optroniikan häirintä ja tuhoaminen onnistuu pienilläkin laitteilla. Näiden aseiden operatiivinen käyttö on alkuvaiheessa tarkastelujakson loppupuolella vuonna 2020.

### Infrapunaohjukset

Pääosa käytössä olevista infrapunaohjuksista on lyhyen matkan ohjuksia. Venäjällä ja Ranskassa on valmistettu tutkaohjusten rinnakkaismalleina myös keskipitkän matkan ohjuksia. Näissä on alkulentoa varten komento-ohjaus, koska infrapunalukitus ei onnistu keskipitkiltä laukaisuetäisyyksiltä.

Signaalinkäsittely on näissä ohjuksissa ollut pääasiassa analogista, mutta uudemmissa malleissa myös digitaalitekniikkaa. Häirinnänväistö on perustunut aallonpituuden valintaan ja häirintäsoihtu havaittaessa etsinpään sulkemiseen. Uudemmissa malleissa on myös kahta aallonpituutta käyttäviä ilmaisimia ja maalin paikkaan ja liikkeeseen perustuvia häirinnänväistötoimintoja.

Uudet sensoriteknologiat ovat tulossa:

- kuvan muodostava monipikselinen ilmaisin lisää havainto- ja seurantaetäisyyttä, tavoitteena on 40 km kantama
- maalin luokittelu kuvan avulla
- digitaalinen maalisignaalin käsittely sallii monen maalin käsittelyn ja häirinnän hylkimisen
- myös näkyvän valon ja ultravioletin valon aluetta käytetään infrapunon rinnalla tai vaihtoehtona
- uudet ilmaisinmateriaalit, kuten PtSi (platina-silisidi)
- infrapunaspektrin analysointi auttaa maalin ja soihtujen erottelussa.

### Tutkaohjukset

Tutkahakuiset ohjukset ovat vakiinnuttaneet asemansa hävittäjien pääaseistuksena. Näiden merkitys tulee edelleen kasvamaan, sillä kuvantavalla hakupäällä varustettuja lämpöhakuisia ohjuksia on vaikea harhauttaa. Tämä taas edellyttää vaikuttamisen aloittamista mahdollisimman kaukaa. Ensimmäisenä ampumaan pääsevällä on ilmataistelussa puolellaan merkittävä etu ja ensimmäinen laukaus tullaan ampumaan yhä kauempaa näkemäalueen ulkopuolelta.

Nykyisin jo valtaosa keskikantaman ilmataisteluoohjustyypeistä on aktiivisia eli hakupäässä on myös tutkan lähetinosa. Johtuen pitkistä laukaisuetäisyyksistä ne toimivat yleensä alkumatkan komento-ohjattuina ja hakupää käynnistetään vasta ohjuksen läheisyydessä maalia. Alkuvaiheessa maalitieto välitetään datalinkillä yleensä ampuneelta lavetilta; jatkossa muutkin vaihtoehdot tulevat lisääntyvässä määrin mukaan.

Aktiivisille ohjuksille on ominaista:

- tiedonsiirto digitaalivälillä ennen laukaisua
- maalitietojen päivitys laukaisun jälkeen radioteitse (tutkan kautta tai erillinen lähetin) eli tietovuo
- aktiivinen tutka ohjaa ohjuksen loppuhakeutumisen maaliin, lukitusetäisyys 5...20 km
- ohjuksen tutka toimii pulssidopplermenetelmällä, pulssintoistotaajuus korkea (HPRF) mahdollisesti etäisyysportitettuna (range gated HPRF) tai keskikorkea (MPRF)
- pulssidopplertutka kykenee erottamaan maalit myös maata vasten eli look down -tilanteissa
- kehittynyt digitaalinen signaalinkäsittely
- häirinnänväistö- eli ECCM -menetelmät ovat monipuolisia
- passiivinen hakeutuminen häirintälähteeseen (home-on-jam)

### Ohjusten kehityssuunnat ja -tilanne

Yleisesti ohjuksissa käytettävät tekniset ratkaisut noudattavat seuraavia linjoja: Elektroniset järjestelmät ovat sekä analogisia että digitaalisia ja ohjelmoitavat prosessorit yleistyvät osajärjestelmien sisällä. Nopeat ja erikoistuneet mikropiiriteknologiat (VLSI, VHSIC, MMIC) ovat jo käytössä ja yleistyvät. Ohjauksjärjestelmissä käytetään nopeasti käynnistyviä (< 1s) mekaanisia hyrriä, mutta myös laserhyrrit ovat tulossa. Käyttövoiman osalta pyritään pelkkään sähköön, mutta ohjauksjärjestelmissä tullaan edelleen käyttämään myös hydraulisia ja pneumaattisia ratkaisuja.

Ulkoisesti ja toiminnallisesti on nähtävissä seuraavat kehityskohteet ja suuntauokset:

- Pienet siivet ja peräsimet ilmanvastuksen ja tutkaheijastusten pienentämiseksi. Kaartokyky hankitaan rungon nostovoiman ja suurten kohtauskulmien avulla. Pienet siivet sopivat myös paremmin uusien stealth-koneiden sisäiseen ripustukseen.
- Yhdistetty peräsinohjaus ja työntövoiman suuntaus (esim. AA-12, AIM-9X ja MICA) parantaa merkittävästi ohjuksen suunnanmuutoskykyä lennon alkuvaiheessa.
- Optimoidut ohjautuslait (Kalman-suodatin) osumistarkkuuden parantamiseksi, erityisesti maalin väistäessä.
- Kahden sensorin järjestelmät (esimerkiksi yhdistetty tutka- ja infrapunahakeutuminen), sekä kehittyneet häirinnänväistömenetelmät.
- Yhteensopivuus erityyppisten laukaisulaitteiden ja maalinosoitusjärjestelmien kanssa.
- Vähäinen huoltotarve ja perusteellinen BIT:n (sisäinen eli itsekoestus) käyttö.

Kehitteillä on yhdistetty patopotki-rakettimoottori. Siinä on kiinteäruutinen rakettimoottori, jonka ruuti- ja palotila toimii ruudin loputtua kiihdytysvaiheen jälkeen patopotkimoottorin eli ns. Ramjetin polttokammiona. Patopotkiosan polttoaine on kiinteä, mutta sytytettyinä tuottaa palavaa kaasua ilmasta otetun hapen kanssa poltettavaksi. Tällä tavoitellaan erityisesti pitkää kantamaa, mutta myös matkaan paremmin optimoitua nopeusprofiilia, työntövoiman ollessa säädettävissä. Kehitystyötä tehdään erityisesti Ranskassa ja Venäjällä, mutta myös esim. Ruotsissa ja USA:ssa on asiaa tutkittu.

Myös ylisooninen Ramjet, Scramjet on eräs tulevaisuudessa ohjuksissa käytettävä työntövoimanlähde. Sillä on jo saavutettu lähes 10 Machin nopeus. Toistaiseksi Scramjet-ohjuksia ei ole tehty.

## 8.4 Ilmatorjuntajärjestelmät

### 8.4.1 Ilmatorjunta-asejärjestelmät

#### Haasteiden lisääntyminen

Ilmatorjunta-aseiden kehitys on aina seurannut ilma-aseen kehitystä. Jatkossakin ilmatorjunnan kohteena ovat miehittetyt ilma-alukset, mutta yhä useammin miehittämättömät ilma-alukset, lentolaitteet sekä erilaiset heitteet kuten ohjukset ja ohjautuvat pommit. Painopiste ilma-aseen kehityksessä tulee olemaan pitkän kantaman täsmäasejärjestelmissä. Varsinkin kun aseiden laukaisu voidaan toteuttaa useiden kymmenien kilometrien tai satojen kilometrien etäisyydeltä, jolloin uhkan painopiste siirtyy itse la-  
veteista erilaisten heitteiden torjuntaan.

Ilmatorjunta on yksi täsmävaikuttamisen haasteellisimmista aselajeista ja ainakin viime vuosina sitä ovat hallinneet ohjusjärjestelmät. Kehittyvä hakupääteknologia, erityisesti monispektrihakupäät sekä vaiheistetut millimetriaaltohakupäät parantavat aseiden osu-  
mistarkkuutta sekä pienentävät ohjusten kokoa, parantaen siten niiden liikehtimiskykyä. Prosessointi- ja ohjausalgoritmien kehittyminen auttaa ohjusta erottamaan todelliset maalit vastatoimenpiteistä<sup>1</sup>. Seuraavassa esitellään muutamia vaatimuksia tulevaisuuden ohjatuilta ohjuksilta:

- Tulevaisuuden ohjatuilla ohjuksilla pitää olla erittäin korkea operatiivinen joustavuus (sensorit, asevaikutus ja datayhteydet) jopa 10 metristä aina 100–150 kilometriin (esimerkiksi Network Centric Warfare -kyky). Ohjattavilla ohjuksilla on vastattava laajaan uhkakirjoon kaikissa olosuhteissa, sisältäen maalin vaihdon ja ohjuksen tehtävän keskeyttämisen lennon aikana.
- Ohjuksen on oltava täsmäohjattava ja sillä on oltava tarkasti kontrolloitu vaikutus maalissa maksimaalisella tuhoamisprosentilla. Tämä pitäisi edellä mainitun lisäksi saavuttaa erittäin pienin sivullisin haitoin (esimerkiksi kehittämällä ohjuksen korkea itsetuhoprosentti).
- Koko ohjusjärjestelmällä on oltava lyhyt reaktioaika maalin tunnistukseen ja tuhoamiseen.
- Ohjuksen on oltava kevyt ja pieni, jotta logistiikka helpottuu (erityisesti ilmakuljetukset).
- Ohjuksen elinkaarikustannukset on oltava matalat (samat ohjukset sekä Air-to-Air että Surface-to-Air toimintaan).
- Järjestelmän on oltava sopiva erityisesti kaupunkitaisteluun.
- Järjestelmän on kyettävä suoraan ja epäsuoraan maalinosoittamiseen sekä maalin seurantaan ja tuhoamiseen.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MAASODANKÄYNTI VUONNA 2020. Nato Research And Technology Organisation. Suomentanut 28.04.2000. Insmaj J Kosola s. 37

<sup>2</sup> Future Developments in Guided Missile Technology, Military Tecnology, huhtikuu 2007, Rudolf Meller s. 34 & 36



Lennokkien käyttötarkoitus on muotoutumassa uudelleen lähimpien vuosikymmeni- en aikana. Lennokkeja käytettäneen entistä useammin asejärjestelmällä varustettuina taistelutehtäviin. Tällaiset taistelulennokit kykenevät erottamaan maalit jopa yli 25 km etäisyydeltä ja käyttävät jotain asejärjestelmää tai toimivat itse aseena yli 10 000 m korkeudesta.

## Tarkkuuden ja ammunnanhallinnan merkitys

Tarve pystyä tuhoamaan yhä pienempiä maaleja johtaa osaltaan tarpeeseen nostaa ohjuksen ja ammusasejärjestelmän tarkkuutta sekä niiden tuhoamistodennäköisyyttä. Tulevaisuuden ilmauhan kokonaistuhovoima on merkittävästi suurempi kuin nykyisillä asejärjestelmillä. Ampumaetäisyyden kasvaessa ongelmia tuottaa varsinkin maalien tunnistaminen. Viimeaikaiset kriisit ovat osoittaneet, että omien ja neutraalien kohteiden tulittamisongelmaa ei ole vielä ratkaistu.

Ainakin länsimaissa kannettavia ilmatorjuntaohjusjärjestelmiä ollaan vähentämässä, koska maalin tunnistaminen edellyttää sensorijärjestelmien liittämistä asejärjestelmiin. Tällöin asejärjestelmien koko kasvaa siten, että ne eivät ole enää yhden miehen kannettavissa. Lyhyen kantaman ilmatorjunnan tulevaisuuden haasteita ovat seuraavat asiat:

- Ilmasta laukaistavien ohjuksien torjuntakyky on ehdoton välttämättömyys, vaikutusetaisyys ketteriin ja nopeisiin, läheneviin maaleihin on oltava suurempi kuin 7–8 kilometriä. Ilmatorjuntajärjestelmän vaatimukset on määritettävä vaikeimman mahdollisen maalin mukaan. Tämä voisi olla esimerkiksi matalalla lentävä ohjus, joka lähestymisvaiheessa syöksyy kohti maalia korkealla tulokulmalla, tai erittäin matalalla lentävä ohjus.
- Yksittäisellä järjestelmällä pitää olla kyky ampua monta ohjusta uhkaa vastaan samanaikaisesti. Tämä mahdollistaa selviytymisen torjunnan ulkopuolelta tehtävistä hyökkäyksistä (ilmasta-maahan ohjukset).
- NLOS (None Line of Sight) kyky on välttämättömyys taistelussa taisteluhelikoptereita vastaan.

Sensori- ja asejärjestelmiä on voitava käyttää myös kauko-ohjatusti. Tämä parantaa järjestelmän käytettävyyttä erityisesti pieniin maaleihin, jotka lähestyvät kohdetta matalalla. Kauko-ohjattavuus tarjoaa myös paremman operatiivisen joustavuuden ja mahdollistaa paremman taistelunkestävyyden.<sup>3</sup>

Komento-ohjattujen ilmatorjuntajärjestelmien maalin seurantaan ja ohjauskomentojen lähettämiseen käytetty tulenjohtotutka on ollut tyyppillisesti pulssidopplertutka. Koska tutkan ohjauskanavan häirinnäsieto on koko järjestelmän suorituskyvyn kannalta merkittävä tekijä, lähitulevaisuudessa tullaan siirtymään näissä tutkissa taajuushyppelyyn. Ohjukselle lähetettävien ohjauskomentojen ja ohjuksen lähettämien vastaussignaalien rakennetta kehitetään edelleen.

Maalia seurataan multisensoritekniikalla ja ohjauskomentojen lähettämistä jatketaan, vaikka ohjuksen vastaajan signaali peittyisikin häirintäsignaalien alle. Tulevaisuudessa pyritään siirtymään ohjusten ohjauskomentojen lähettämässä suorasekvenssitek-

<sup>3</sup> Future Ground-Based Short-Range Air Defence, System Drivers, Characteristics and Architectures, Military Technology, huhtikuu 2007 P.J. Hutchings and N.J. Street

niikkaan, jolloin tiedusteluvastaanottimet ja omasuojajärjestelmien tutkavaroitimet eivät havaitse komento-ohjauksen signaaleja.

Erityyppisten ilmamaalien torjunnan tehostamiseksi on viime vuosina kehitetty ns. hybridijärjestelmiä, joissa on samalla lavetilla sekä ohjus- että ammusasejärjestelmä. Jatkossa parhaaseen tulokseen pyritään joko muodostamalla ohjus- ja ammusasejärjestelmistä yksikkökokonaisuuksia tai hybridijärjestelmiä.<sup>4</sup>

## Taistelunkestävyys

Ilmatorjuntajärjestelmien taistelunkestävyyttä pyritään edelleen parantamaan erilaisilla *teknisillä, taktisilla ja toiminnallisilla keinoilla*. Uhka-analyysin perusteella tehtävän kannalta tärkeimmiksi katsotut kohteet suojataan omasuojajärjestelmillä. Omasuojajärjestelmien käytön päämääränä on estää hyökkääjää toimimasta jo valitsemaansa kohdetta vastaan.

Vuoteen 2030 mennessä vaelaitteilla on kyky harhauttaa sekä lämpöalueella, näkyvän valon aallonpituuksilla sekä tutkataajuusalueella.<sup>5</sup>

Omasuojajärjestelmästä muodostetaan kokonaisuus, joka kykenee havaitsemaan ja analysimaan uhkan sekä käynnistämään tämän perusteella puoliautomaattisesti tai automaattisesti vastatoimenpiteet. Erilaisina uhkailmaisimina käytetään laser- ja tutkavaroitimia, millimetrialueen tutkia ja passiivisia sensoreita, esimerkiksi infrapunakeilaimia. Varoitinjärjestelmät muodostuvat näiden sensoreiden yhdistelmästä. Torjunnassa voidaan käyttää passiivisia tai aktiivisia keinoja. Passiivisina keinoina voidaan käyttää erilaisia savuja, aerosoleja, silppuja ja valemaaleja. Vuoteen 2030 mennessä vaelaitteilla on kyky harhauttaa sekä lämpöalueella, näkyvän valon aallonpituuksilla sekä tutkataajuusalueella<sup>6</sup>. Aktiivisina keinoina voidaan käyttää erilaisia häirintälähtettäviä, laseraseita, mikroaaltotekniikkaa; HPM -aseiden käyttöä omasuojaksi kehitetään. Omasuojakäytössä laser-aseilla pyritään sokaisemaan tai vaurioittamaan lähestyvän heitteen optiikka tai hakupää. HPM -aseella pyritään tuhoamaan tai vaurioittamaan heitteen elektroniikkaa siten, että kohteeseen ei osuta.

Laser- ja tutkavaroitimet ovat kiinteä osa omasuojajärjestelmiä. Havaitusta säteilystä kyetään paljastamaan parametrit hakupään harhauttamista varten. Tutkavaroitimet kykenevät ilmaisemaan ja luokittelemaan erilaisten tutkien käytön kuten laservaroitimet.

Joukkojen ja järjestelmien suojan parantamisessa havaitsemisen vaikeuttamisella on keskeinen merkitys. Vuonna 2030 *on mahdollista*, että viritettävät multispektraaliset pinnotteet ovat käytössä. Ne mahdollistavat kohteen herätteen optimoimisen kameleonttimaisesti niiden taustaympäristön mukaisesti.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> New conflicts, old threats:GBADs endanger modern-day operations, JANE'S DEFENCE REVIEW, marraskuu 2007, s.36

<sup>5</sup> Future Ground-Based Short-Range Air Defence, System Drivers, Characteristics and Architectures, Military Technology, huhtikuu 2007 P.J. Hutchings and N.J. Street s. 21

<sup>6</sup> Future Ground-Based Short-Range Air Defence, System Drivers, Characteristics and Architectures, Military Technology, huhtikuu 2007 P.J. Hutchings and N.J. Street s. 21

<sup>7</sup> MAASODANKÄYNTI VUONNA 2020. Nato Research And Technology Organisation. Suomentanut 28.04.2000. Insmaj J Kosola s. 37

Vuoteen 2030 mennessä vaelaitteilla on kyky harhauttaa sekä lämpöalueella, näkyvän valon aallonpituuksilla sekä tutkataajuusalueella.<sup>8</sup>

Häirintäjärjestelmillä suojataan kohteet estämällä tutkatekniikan hyödyntäminen tiedustelussa, tähtämisessä ja maaliin hakeutumisessa sekä vaikeuttamalla satelliittipaikannusjärjestelmien käyttöä. Häirintäjärjestelmien vaikutusala on riippuvainen häirintäjärjestelmän tehosta ja ominaisuuksista sekä häiritävän järjestelmän ominaisuuksista. Häirintäjärjestelmä koostuu kahdesta tai useammasta halutun taajuuden häirintälähetimestä. Eri taajuusalueen häirintään käytettäviä lähettimiä voi olla käytössä useampia, jotta hyökkäjän toiminta kyetään estämään suojattavaa kohdetta vastaan. Häirintäjärjestelmiä käytetään satelliittipaikannusjärjestelmien (GPS/GLONASS/GALILEO), SAR -tutkien, pommitustutkien sekä ohjusten ja pommien hakeutumisessa käytettävien tutkien häirintään.

Satelliittipaikannusjärjestelmien häirinnällä pyritään estämään tarkan paikkatiedon hyödyntäminen aselavettien sekä ohjuksien ja pommien ohjaamiseen. Häirintälähetin on edullista sijoittaa ilmaan, esimerkiksi lennokkiin. Satelliittipaikannusjärjestelmien häirintää ollaan väistämässä lisäämällä hyötylähetteen voimakkuutta ja lukitsemalla asejärjestelmä koodattuun läheteeseen.

SAR -tutkien häirinnällä estetään hyökkäjän taistelun alueen valvontaa, tiedustelua sekä maalien havaitsemista asejärjestelmien sensoreilla. Pommitustutkien häirinnällä estetään hyökkäjän asejärjestelmien käyttö tutkatekniikkaa käyttäen.

Komposiittimateriaalien kehittyminen tuottaa keveitä ja liikkumiskykyisiä ajoneuvoja, joiden ballistinen suoja on kohtuullisella tasolla ilman metallirunkoa. Myös keraamiset materiaalit voivat yltyä vaikuttaviin tuloksiin ammusten torjunnassa. Keraamisten materiaalien etu on se, että niiden suojakyky kasvaa projektiilin nopeuden kasvamisen myötä. Vuoteen 2030 mennessä halvemmat valmistustekniikat tekevät keraamisista ja titaanipohjaisista materiaaleista nykyistä halvempia ja siten hankittavissa olevia taistelukentän järjestelmiin.<sup>9</sup>

## Kustannustehokkuus

Uusissa asejärjestelmissä käytettävä teknologia on yhä kalliimpaa. Kansainväliset yhteensopivuusvaatimukset ohjaavat yhä enemmän asejärjestelmien ja ammunnanhallintajärjestelmien kehitystä. Jatkossa yhä useammin asejärjestelmällä tulee olla kyky liittyä kansainväliseen johtamis- ja huoltojärjestelmään. Perinteinen keino alentaa ilmatorjuntajärjestelmien kokonaiskustannuksia on modernisoida vanha järjestelmä vastaamaan muuttuneita suorituskykyvaatimuksia sen sijaan, että hankittaisiin kokonaan uusi järjestelmä. Modernisointi voi olla esimerkiksi uuden ohjuksen hankinta vanhaan lavettiin.

Edelleen pyritään käyttämään eri asejärjestelmissä samoja osakokonaisuuksia. Tästä esimerkkinä on ilmataisteluoajuksen käyttö ilmatorjuntaohjuksena. Toinen mahdollisuus

<sup>8</sup> Future Ground-Based Short-Range Air Defence, System Drivers, Characteristics and Architectures, Military Technology, huhtikuu 2007 P.J. Hutchings and N.J. Street s. 21

<sup>9</sup> MAASODANKÄYNTI VUONNA 2020. Nato Research And Technology Organisation. Suomentanut 28.04.2000. Insmaj J Kosola s. 38

on käyttää samalla ohjusjärjestelmällä eri kantamalle tarkoitettuja ilmatorjuntaohjuksia. Synergiaetuja voidaan hakea myös käyttämällä samaa asejärjestelmää eri käyttötarkoituksiin. Ohjusjärjestelmiä suunnitellaan käytettäväksi sekä maa- että ilmamaaleihin käyttäen samaa ohjusta. Tämä kehityssuunta ei ole vielä tullut laajamittaiseen käyttöön. Vaihtoehtoisesti on esitetty ajatuksia, että samalla lavetilla ammuttaisiin sekä ilmatorjunta- että panssarintorjuntaohjuksia.

## Uusien teknologioiden käyttö ilmatorjunta-aseissa

Ilmatorjunnan suorituskykyvaatimukset kasvavat entisestään joukkojen ja suojattavien kohteiden tappionsietokykyyn vähentyessä. Ilmatorjunnan on kyettävä torjumaan maaleja pienistä raketinheittimien raketeista aina mannertenvälisiin ohjuksiin.

Lasersäteen käyttöä ilmatorjunta-aseena on tutkittu ja kehitetty ainakin Yhdysvalloissa. Yhdysvaltalainen TRW -yhtiö kehittää Yhdysvaltojen ja Israelin puolustusministeriöille taktista laserasetta (THEL, Tactical High Energy Laser). Laseraseella pyritään saavuttamaan valon nopeudesta saatava hyöty ohjusten, helikoptereiden, risteilyohjusten ja raketien torjunnassa. Tämän teknologian käyttöönoton oletetaan olevan myös edullista.

Ongelman laserteknologian hyväksikäytössä ohjusten tai raketien torjunnassa muodostaa vielä laservalaisuun tarvittava aika. Yhden tykistöraketin tuhoamiseksi rakettia on valaistava lasersäteellä 2–3 sekuntia. Käyttämällä raketteja massamaisesti laserase on täten helposti kyllästettävissä.

Ammusaseiden kehittämisessä pääpaino on lähtönopeuden kasvattamisessa ja sitä kautta lentoajan lyhentämisessä. Ammuksen kiihdyttäminen magneettisen paineen avulla mahdollistaa lähtönopeuden kasvattamisen jopa 2500 m/s:iin. Toinen kehityksen läpimurto olisi sähkölämpökemiallisen tykin kehittäminen, jossa lähtönopeus olisi myös yli 2000m/s.<sup>10</sup> Molemmat tykit lisäisivät kantamaa ja tulen tarkkuutta kohti pistemaaaleja sekä vähentäisivät oheisvahinkoja. Nämä tulevaisuuden aseet sopisivat erityisesti C-RAM (Counter-Rocket Artillery Mortar) uhkiin, joihin länsimaat ovat viime vuosina kehittäneet ammusaseitaan enenevässä määrin.<sup>11</sup> Yli 50 mm ammus- ja ohjusilmatorjunta-aseiden taistelulatauksissa pystytään vuonna 2030 käyttämään HPM -kranaatteja (High Power Microwave). Ongelmana on vielä toistaiseksi räjähdysenergian muuttaminen sopivaksi HPM -aseelle ja mikrotaajuisen signaalin suuntaaminen kohteeseensa.

### 8.4.2 Ilmatorjunnan johtamisjärjestelmä

#### Ilmatorjunnan sensorien kehitys sekä maalinpaikannus

Prosessointitehon dramaattiset lisäykset ja laitteiden sekä komponenttien koon pieneneminen johtavat vuoteen 2030 mennessä siihen, että tiedonkeruu ja prosessointi keskittyvät samaan pisteeseen. Tällöin vain jalostettu maali-informaatio on siirrettävä tietoliikennejärjestelmässä. Sinänsä taistelukentän sensorijärjestelmät, kuten pitkän

<sup>10</sup> Off the rails, Janes Defence Weekly, 23 toukokuuta 2007, Richard Scott

<sup>11</sup> The Renaissance of Gun-Based Air Defence Military Technology, huhtikuu 2007, Fabian Ochser

kantaman tutkajärjestelmät (ASTOR, JSTARS), satelliitit sekä infrapunasensorit, keräävät suunnattoman määrän tietoa. Tämä tietomäärä korostaa datafuusion merkitystä jo tiedonkeruuvaiheessa. Vuoteen 2030 mennessä taistelutilan digitalisointi tuottaa informaatioteknologisen infrastruktuurin, jolla ilmamaaleja kyetään havaitsemaan ja seuraamaan multisensoriseurantana ja maalitilannekuva kyetään välittämään kaikille operaatioalueella oleville joukoille.

Kaikki nämä järjestelmät kehittyvät vuoteen 2030 mennessä, mutta vallankumouksellinen muutos kulminoituu tiedon automaattiseen käsittelyyn, analysointiin ja jakeluun. Digitalisoinnin yksi päätavoite onkin ”tieto aseelle” (sensor to shooter). ”Sensor to shooter” -periaatteeseen on kyettävä liittämään myös ilmatorjunnan johtamisjärjestelmä. Tämä tarve korostuu varsinkin taisteluiden alkuvaiheessa, jolloin voimankäytönsäädökset saattavat aiheuttaa vaikeita tulkintatilanteita.

## Tiedonsiirto ja vaikuttaminen

Tiedustelu-, valvonta- ja maalinosoitusjärjestelmien tietojen nopea fuusiointi edellyttää ilmatorjunnan johtamisjärjestelmältä itse fuusioinnin lisäksi myös varmoja, nopeita sekä riittävän suurikapasiteettisia tiedonsiirtoyhteyksiä. Ajantasainen tieto on kyettävä välittämään kaikille johtamistasoille kaikissa sovituisissa muodoissa.

Hyödyllisen ja ajantasaisen informaation muodostaminen sensoreilta kerättävästä erittäin suuresta datamäärästä muodostaa vakavan haasteen tulevaisuuden tiedonkäsittelyteknologialle. Uudet prosessointitekniikat, kuten parannettu datafuusio, multispektraalinen maalintunnistus, paralingvistiikka, automaattiset kääntäjät ja kuvankäsittelyohjelmistot tuottavat tiedusteluanalytikoille korkealaatuista prosessoitua tietoa.

Datafuusio ja tietokoneistetut päätöksenteon tukijärjestelmät esittävät informaation sotilasjohtajalle tavalla, joka parhaiten sopii hänen tarpeisiinsa taistelun eri vaiheissa. Johtajat kykenevät paitsi seuraamaan järjestelmiensä sijaintia, lisäksi hakemaan tietoja näiden järjestelmien tilasta. Tämä parantaa sekä ylläpitoa että logistiikkaa. Järjestelmiä kyetään käyttämään paremmin myös koulutukseen ja tehtäväkohtaiseen harjoitteluun. Riskinä ovat johtamistasojen ja oleellisen tiedon hämärtyminen tietotulvassa.

Tulevaisuuden ilmatorjunnan johtamisjärjestelmän toteuttamiseksi vaaditaan lukuisia teknologioita ja niiden sovelluksia, kuten millimetriaaltolinkkejä, optisia satelliittilinkkejä, hajaspektrilinkkejä, LPI-aaltomuotoja (Low Probability of Interception), salausjärjestelmiä ja monikerroksisia tietoturvaprotokollia. Tämän seurauksena kyetään toteuttamaan laajakaistainen turvallinen taistelukentän tietoliikennealusta, joka liittää sensorit saumattomasti asejärjestelmiin. Lisäksi kaikki yksiköt ja tarvittaessa jopa yksittäiset taistelijat kykenevät saamaan käyttöönsä taktisen tilannekuvan ja tiedustelutiedot. Standardoidut protokollat ovat välttämättömiä myös monikansallisten operaatioiden suorittamisessa ja ovat myös tärkeä tekijä sähkömagneettisen spektrin hallinnassa.

Taistelutilan digitalisointi mahdollistaa johtajille kaikilla tasoilla tarkan ja oikean tilannekuvan, joka esittää sekä vihollisen että omat joukot. Ajantasaisen digitaalisen kartan ja sen tehokkaan visualisoinnin merkitys kasvaa erityisesti asutuskeskuksissa. Digitaalinen

kartta tukee myös graafista ja kirjallista käskytystä, tilannetietoisuutta, tulitukipyynnöjä ja suunnittelua sekä logistiikkatoimintoja. Päätöksenteon tukijärjestelmät kypsyvät tekoälyn, virtuaalitodellisuuden ja sulautettujen sotapelien avulla.

Havaittuja ilmakohteita vastaan voidaan käyttää joko pehmeitä (siis elektronista vaikuttamista tai ohjelmistohyökkäystä) tai kovia (eli fyysistä asevaikutusta) keinoja. Päätöksenteon tukijärjestelmät ehdottavat optimaalista vaikuttamiskeinoa ja taistelulentä digitointi varmistaa koordinoitua vaikutuksen. Tulevaisuuden operaatiot vaativat mahdollisesti uusia tekniikoita vihollisen johtamisprosessien, kulttuurin ja maalien päättämiseksi (psykologinen sodankäynti). Defensiivinen johtamisodankäynti vaatii omien johtamisprosessien ja järjestelmien haavoittuvuuksien tuntemusta ja vastatoimenpiteiden käynnistämistä hyökkäystä vastaan.

## **Ilmatorjuntajärjestelmien integrointi eri tasoilla**

Ilmatorjunnan johtamisjärjestelmän kehityksessä vuoteen 2030 mennessä on havaittavissa integrointia eri tasoilla ml. siviili- ja sotilasteknologia. Kehitykseen kuuluu myös kaikkien maa-, meri- ja ilmasijoitteisten (avaruus ml) ilmapuolustusjärjestelmien integrointi yhteisen taistelutilan ilmatilannekuvan ja vaikuttamisjärjestelmän luomiseksi.

Kasvava kansainvälisen terrorismin uhka edellyttää ilmatorjunnan johtamisjärjestelmiltä kykyä tukea poliittista päätöksentekoa jo rauhan aikana. Tästä esimerkkinä voi olla tilanne, jossa kaapatun lentokoneen muodostaman uhkan torjunnan vaatima voimankäyttö on normaaliolosuhteissa pidätetty valtiojohdolle.

Lisääntyvät monikansalliset yhteisoperaatiot eivät onnistu ilman kansallisten ilmatorjunnan johtamisjärjestelmien integrointia. Tällainen integroituminen on mahdollista vain kattavan järjestelmäsuunnittelun avulla. Integroinnissa on muistettava myös ihmisen merkitys. Pelkän teknisen ympärivuorokautisen toimintakyvyn lisäksi johtamisjärjestelmässä on oltava myös riittävä miehitys jatkuvaan toimintaan. Erinomaisista laitteista ei ole hyötyä ilman toimivaa ihmisen ja järjestelmän välistä rajapintaa. Ihmisen ja järjestelmän rajapinnan integroiminen tehostaa tilannetietoisuutta, vähentää ylimääräistä koulutusta ja työtaakkaa sekä tehostaa tiimityötä.

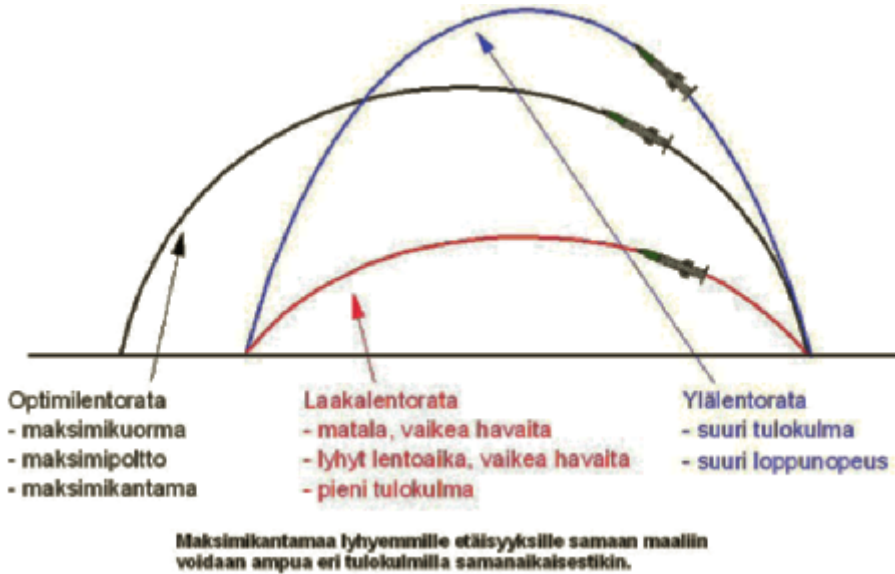
## **8.5 Taktiset ballistiset ohjukset ja niiden torjuntajärjestelmät**

### **8.5.1 Ballistiset ohjukset**

Taktisten ballististen ohjusten tekniikka on parantunut erityisesti 1990-luvulla. Osumatarkkuus on kohonnut tasolle, jossa tavanomaisilla taistelukärjillä pystytään tuottamaan haluttu tuhovaikutus. Tämä on lisännyt ohjusten merkitystä osana sotänäyttämön tulivoimaa.

Ohjuksen lentorata jaetaan kiihdytys-, reitti- ja loppuvaiheeseen. Lähtövaihe on ohjuksille tärkeä, sillä siinä ohjukselle annetaan oikea suunta ja nopeus niin, että se lentää

ballistista rataansa haluttuun maaliin. Ampumaetäisyyden määrää se, kuinka pitkään ohjuksen moottoria poltetaan. Lyhyenkantaman ohjuksilla tämä aika on varsin lyhyt, esimerkiksi 120 km etäisyydellä ammuttaessa noin 16 s.<sup>12</sup> Taktisilla ballistisilla ohjuksilla ohjaukseen käytetään lähtövaiheessa rakettimoottorin suihkun suuntaamista ja nopeuden kohottua aerodynaamisia ohjainpintoja.



**Kuva 2.** Ballistisia lentoratoja  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

Jos ohjuksen kantama on yli 150–200 km, lento tapahtuu reittivaiheessa ilmakehän ulkopuolella elliptisellä radalla. Ellei ohjuksella ole sysäysmoottoreita käyttävää asentohalintajärjestelmää, se voi käytännössä lentää täysin mielivaltaisessa asennossa, jopa pyöriä, koska korjaavia voimia ei ole. Jos ohjus lentää koko reitin tiheässä ilmakehässä – alle 30 km korkeudella – sen asento säilyy lähellä lentoradan suuntaa ja ohjuksen käyttäytymisen on vakaata. Nämä seikat ovat tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä.<sup>13</sup>

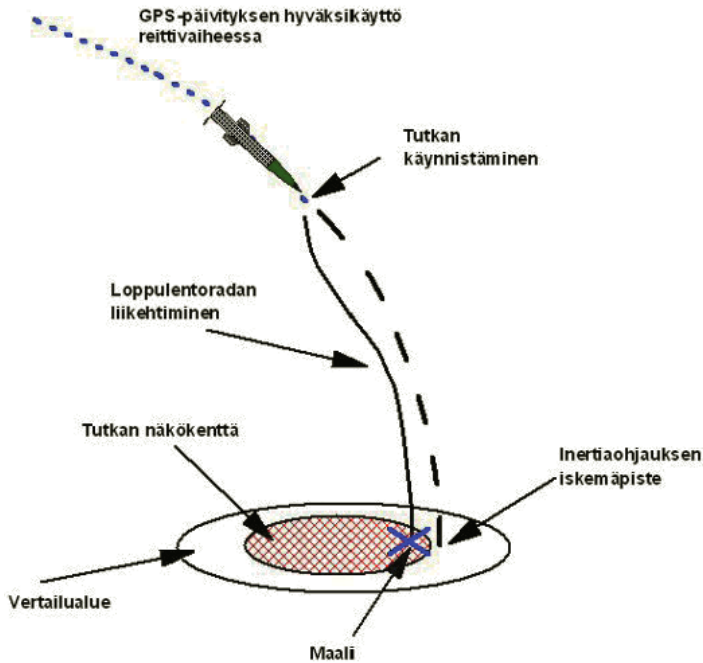
Ohjusten osumistarkkuus riippuu käytettävästä ohjaustavasta. Tulevaisuudessa tullaan siirtymään integroidun navigoinnin käyttöön. Asetetun algoritmin perusteella valitaan kulloinkin todennäköisesti paras paikannustieto joko satelliitti- tai inertiaipaikannuksen tiedoista. Radiosignaaliin perustuva päivitys on yksinkertainen mutta häirintäaltis.<sup>14</sup> Loppuvaiheessa tarkkuutta lisäävän hakeutumisen perustana käytetään infrapuna- tai tutkaherätettä, passiivista hakeutumista tutkaan, aktiivista maaston tutkausta tai optista maalin etsintää. Taistelukärjen kokoon vaikuttavat itse ohjuksen mahdollistama kokonaispaino ja haluttu kantama, joka vaikuttaa polttoainemäärään. Koska ohjusten tulonopeudet ovat suuria, jo pelkkä kinematiikan aiheuttama massavoima vaikuttaa maaliin.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Ulf Ekblad och Leif Mylen: System för upptäckt av ballistiska robotar. Försvarets Forskningsanstalt. Augusti 1995

<sup>13</sup> Theodore A Postol: Lessons of the Gulf War. Experience with Patriot. International Security, winter 1991

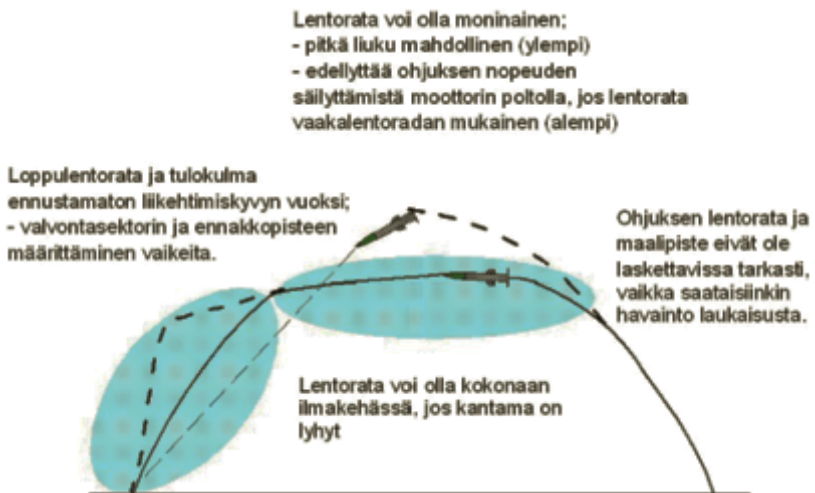
<sup>14</sup> Michal Fiszer and Jerzy Gruszczynski: Bolt from the Blue 2003. The Journal of Electronic Defence. March 2003

<sup>15</sup> Aaron Karp: Ballistic Missile Proliferation. The Politics and Technics. SIPRI Oxford University Press 1996



**Kuva 3.** Aktiivinen tutkahaku  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

Ohjuksen tunkeutumiskykyä parantavat pieni tutkapinta-ala ja suuri nopeus lennon loppuvaiheissa. Torjunnan vaikeuttamiseksi edelleen ohjuksien kärjet voidaan rakentaa häivetekniikkaa hyväksikäyttäen (muoto, absorboiva pintamateriaali) ja lisätä häirintälähtettä ja valemaaleja. Uusimpien järjestelmien lentoradat tekevät ohjuksien maalien ennustamisen vaikeaksi – ne ovat muuttumassa puoliballistisiksi/ei-ballistisiksi – ja loppuvaiheessa eri menetelmillä aikaansaatu ballistisesta radasta poikkeava liikehdintä hankaloittaa edelleen torjuntaa<sup>16</sup>.



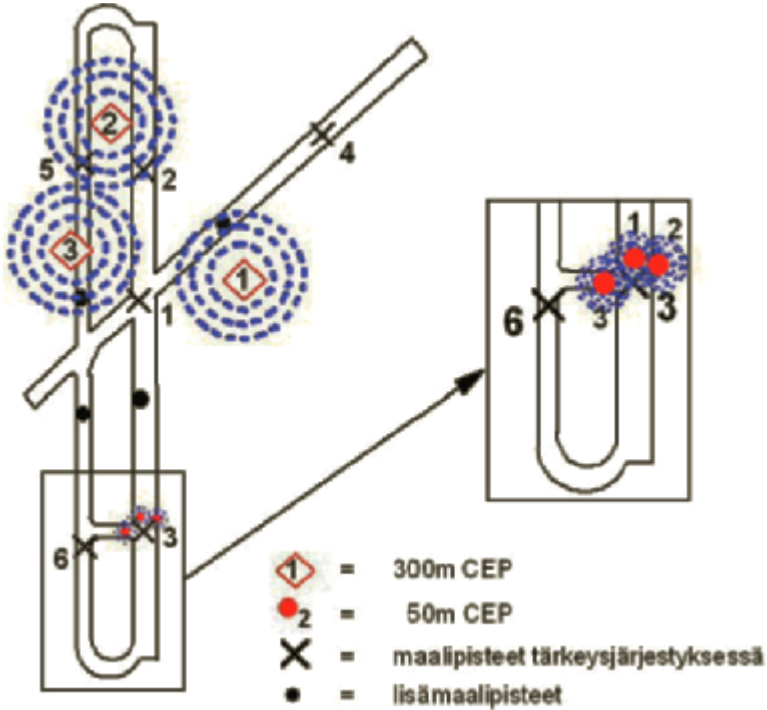
**Kuva 4.** Ei-ballistinen lentorata  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

<sup>16</sup> Michal Fiszer and Jerzy Gruszczynski: Bolt from the Blue 2003. The Journal of Electronic Defence. March 2003



Ohjusten vaikutus maalissa riippuu tarkkuudesta ja taistelulatauksen tehosta. Teho kasvaa olennaisesti käyttämällä tytärammuksia, jolloin myös maalin paikannuksen tarkkuustarve pienenee.

2000-luvulla ballististen ohjusten katsotaan kuuluvan osaksi miehittämätöntä uhkaa yhdessä risteilyohjusten, miehittämättömien ilma-alusten ja rakettien kanssa. Hinnaltaan ohjukset ovat edullisia; 1–2 hävittäjäkoneen hinnalla saa kolme nykyaikaista lavetta ja 15 tarkkaa ohjusta<sup>17</sup> ja lisäksi niiden käyttö ilma-aseeseen verrattuna on edullista. USA:ssa on esitetty näkemyksiä, että ohjukset tulevat olemaan selvin uhka 21. vuosisadalla<sup>18</sup>.



**Kuva 5.** Esimerkki lentotukikohdan maali pisteistä ja osumatarkkuuden merkityksestä  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

<sup>17</sup> [www.fas.org/spp/starwars/docops/amd/figures](http://www.fas.org/spp/starwars/docops/amd/figures)

<sup>18</sup> Curt Weldon (R-PA), U.S Congress: US view on TMD. TMD conference in Philadelphia June 2000.

Oheisessa taulukossa on eräitä vertailutekijöitä lento- ja ohjusaseiden välillä.<sup>19</sup>:

OHJUKSET	LENTOKONEET
<ul style="list-style-type: none"> <li>- eivät vielä torjuttavissa varmuudella</li> <li>- käyttö mahdollista kaikissa olosuhteissa</li> <li>- hyökkäykset jopa vain minuuttien/sekuntien varoitusajoilla</li> <li>- henkilöstön valinta ja koulutus helppoa</li> <li>- rajallinen tulinopeus</li> <li>- ei sovellu liikkuviin maaleihin</li> <li>- tiedustelutiedon oltava tarkka ja ajan tasalla</li> <li>- vain tiedossa oleviin maaleihin</li> <li>- voidaan käyttää maaleihin, jotka eivät ole rajanaapurimaassa</li> <li>- riskit käyttöhenkilöstölle pienet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ilmapuolustus aiheuttaa käyttörajoituksia</li> <li>- sää ja valoisuusolosuhteet vaikuttavat</li> <li>- varoitusajat kymmeniä minuutteja</li> <li>- korkea vaatimustaso, pitkä koulutus</li> <li>- hyökkäys uusittavissa tarpeen ilmetessä</li> <li>- soveltuu kaikkiin maalityyppeihin</li> <li>- maalit tarvittaessa itse tiedusteltavissa suorituksen aikana</li> <li>- tilanteen ja tarpeen mukaan havaittaviin maaleihin</li> <li>- ilmatilan käyttöprobleemi kriiseissä</li> <li>- suuret riskit, mutta vain osalle henkilöstöä</li> </ul>

Taulukon tarkastelu selvittää, miksi etenkin niin sanotut kolmannet maat ovat hyvin kiinnostuneita hankkimaan sekä itse ohjuksia että niiden rakentamiseen tarvittavaa tekniikkaa.

## 8.5.2 Ballistiset asejärjestelmät

Oheissa käsitellyistä asejärjestelmistä on löydettävissä lisätietoa mm. Jane's ”STRATEGIC WEAPON SYSTEMS” -teoksen kulloinkin uusimmasta painoksesta.

On esitetty oletuksia, että eräissä ohjussalleissa aktiiviseen tutkahakuun perustuva on maastonvertailuohjaus (SMAC = Scene Matching Area Correlator) maaliin hakeutumisessa. Kaikki tiedot eivät tue tätä, mutta vuonna 1993 järjestelmällä on saavutettu testeissä CEP = 50 metriä.<sup>20</sup> Lyhyestä 120 km kantamasta johtuen lentorata on matala ja lentoaika lyhyt – alle 3 minuuttia. Lentorata sisältää myös suunnan muutoksia, joka lisää torjuntatoimenpiteiden vaikeutta.<sup>21</sup> Täistelukärkivalikoima on monipuolinen, mikä tekee ohjuksesta lähes mihin tehtävään tahansa soveltuvan asejärjestelmän. Erityisen vaarallisia ovat tutkaan hakeutuvat ja EMP-kärjet, joilla voidaan tuhota sekä valvontaa johtamislaitteita.

<sup>19</sup> Taulukon tiedot ovat koannelma käytettyjen lähteiden teksteistä

<sup>20</sup> Duncan Lennox: Evolving Ballistic and Cruise Missile Capabilities. 13<sup>th</sup> TMD Conference in Philadelphia June 2000

<sup>21</sup> Sama

### 8.5.3 Yhdistelmä taktisten ballististen ohjusten kehityksestä

Ballististen ohjusten kehitys, joka kiihtyi 1990-luvulla, tulee jatkumaan 2000-luvulla. Aseiden monipuolisuus ja vaikea torjuttavuus tekevät niistä lentoaseen täydentäjän ja joissain tapauksissa jopa sen korvaajan. Keskeisimpiä kehittämisen kohteita ovat<sup>22</sup>:

kantaman lisäys <ul style="list-style-type: none"> <li>tulen keskittämismahdollisuus useasta suunnasta</li> <li>vaikutusetäisyyden lisäys</li> </ul>	hakeutumistekniikoiden monipuolisuus <ul style="list-style-type: none"> <li>maalien suojaamisen vaikeuttaminen</li> <li>myös liikkuviin maaleihin</li> </ul>
tarkkuuden paraneminen <ul style="list-style-type: none"> <li>satelliittiohjaus</li> <li>taistelukärjen kokoa voidaan pienentää polttoaineen lisäämiseksi</li> <li>taistelukärjen tehon saaminen juuri haluttuun pisteeseen</li> <li>vaikutus vain haluttuun kohteeseen</li> <li>tarvittavien ohjusten määrä vähenee</li> </ul>	ohjusten ohjattavuus koko lennon aikana <ul style="list-style-type: none"> <li>tarkkuuden lisäys</li> <li>torjunnan väistäminen</li> <li>lentoratojen ei-ballistisuus</li> </ul>
taistelukärkien monipuolisuus <ul style="list-style-type: none"> <li>tehoa myös tavanomaisilla taistelukärjillä, käyttökynnys pysyy alhaisena</li> <li>kaikkiin maalityyppeihin soveltuvia</li> <li>tytärammuksia vaikutusalan lisäämiseksi</li> <li>tunkeutuvia linnoitettuihin kohteisiin</li> </ul>	järjestelmien liikkuvuus <ul style="list-style-type: none"> <li>nopea toimintavalmius ja operatiivinen käyttö</li> <li>vaikeasti havaittavissa ja tuhottavissa</li> <li>keskittämismahdollisuus</li> </ul>
tunkeutumiskyvyn lisääminen <ul style="list-style-type: none"> <li>häiveominaisuudet</li> <li>häirintäjärjestelmät</li> <li>passiiviset hakeutumistekniikat</li> <li>valelaitteet ja harhauttimet</li> <li>valinnaiset lentoradat</li> <li>lentoratamuutokset loppuvaiheessa</li> </ul>	tulinopeuden lisääminen <ul style="list-style-type: none"> <li>ohjusten määrä lavetilla lisätään</li> <li>nopea ammunnan valmistelu</li> <li>kykyä iskeä useaan maaliin</li> </ul>
taistelunjohtojärjestelmän kehittyminen <ul style="list-style-type: none"> <li>automatisointi</li> <li>reagointikyky paranee</li> <li>maalitietojen tarkkuus paranee</li> </ul>	

Maaleina tulevat olemaan taistelualueella:

ilmapuolustuksen kohteet; valvontajärjestelmät, tukikohdat  
ballististen ohjusten  
laukaisualustat  
helikopterien tukeutumisaalueet

ilmatorjunnan kohteet  
komentopaikat ja viestikeskukset  
huoltotukikohdat

### 8.5.4 Ballististen ohjusten torjunta – todellinen haaste ilmapuolustukselle

Torjuntatekniikasta on löydettävissä perustietoa ainakin seuraavissa lähteissä:<sup>23</sup>

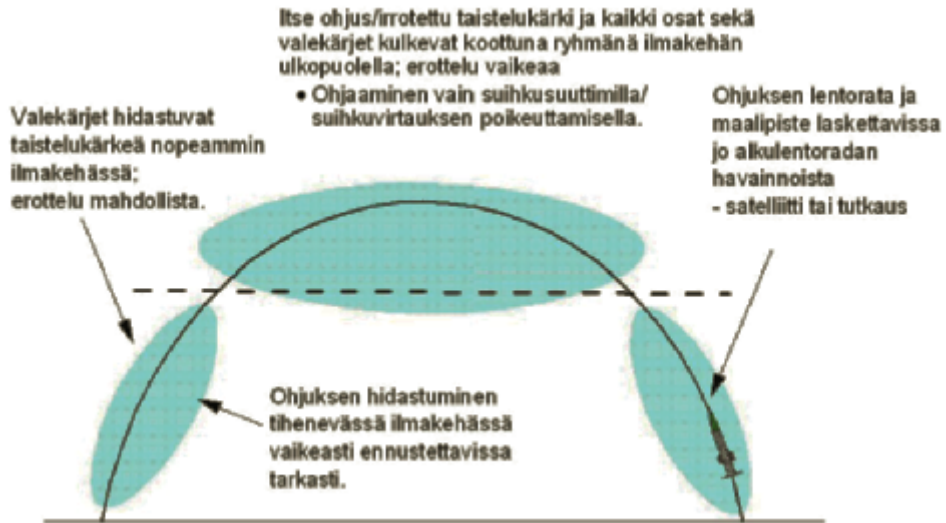
Ballististen ohjusten torjunta jaetaan nykyään länsimaisessa terminologiassa kolmeen osaan radan eri vaiheiden mukaisesti seuraavasti:

<sup>22</sup> Yhdistelmä eri lähteistä

<sup>23</sup> Theodore A Postol: Lessons of the Gulf War. Experience with Patriot. International Security, winter 1991  
Hannu Antikainen: Kaupunkien sotaa ja vähän tähtienkin. Tiede ja Ase. Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu 1995

Ulf Ekblad och Leif Mylen: System för upptäckt av ballistiska robotar. Försvarets Forskningsanstalt. Augusti 1995

- kiihdytys- ja nousuvaihe (boost phase segment, ascent..)
- reittivaihe (midcourse segment)
- loppuvaihe (terminal segment)



**Kuva 6.** Ballistisen lentoradan eri vaiheet torjunnan kannalta (Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

Viimeisin näistä jakautuu edelleen ilmakehän ulkopuoliseen (exoatmosphärisen) ja ilmakehävaiheeseen (endo-). Näillä on huomattavaa merkitystä torjunnan suorituksen kannalta, vaikka tekniikka onkin kehittymässä siten, että samat ratkaisut suoriutuvat useista haasteista.

Lähtövaihe on ohjusten torjunnassa edullinen. Saavutettava suoja-ala on suuri, torjuttava ohjus on vielä pienen nopeutensa vuoksi helppo maali ja se onnistuttaessa putoaa lähettäjämaahan. Tällä hetkellä erityisesti länsimaissa työskennellään lähtövaiheen torjuntaproblematiikan ratkaisemiseksi. Yhtään torjuntajärjestelmää ei ole vielä valmiina, vaan useita toimintamalleja on suunnittelu- ja testausvaiheissa.<sup>24</sup> Useissa uhkamalleissa on käytetty Libyaa ja Pohjois-Koreaa, joissa molemmissa etenkin merellinen ratkaisu on ollut tutkittavana.

Jos torjunta halutaan suorittaa maasta/mereltä laukaistavalla ohjuksella, tulee tällä olla pitkä kantama ja suuri nopeus, jotta se saavuttaa torjuttavan ballistisen ohjuksen. Näin siksi, että on epätodennäköistä, että torjuntajärjestelmiä voidaan sijoittaa kovin lähelle laukaisualuetta.

Selvityksen alla on ollut myös useita ilmasta laukaistavia ohjuksia. Alustana olisi joko lennokki tai hävittäjä. Yhtään näitä ei ole tällä hetkellä edes koevaiheessa, mutta tämän ratkaisun edut ovat ilmeiset; esimerkiksi pitkälle kehittynyt, palveluskäytössä oleva Global Hawk -UAV täyttäneen lavetille asetetut vaatimukset ja hävittäjien käyttö ilmaherruu-

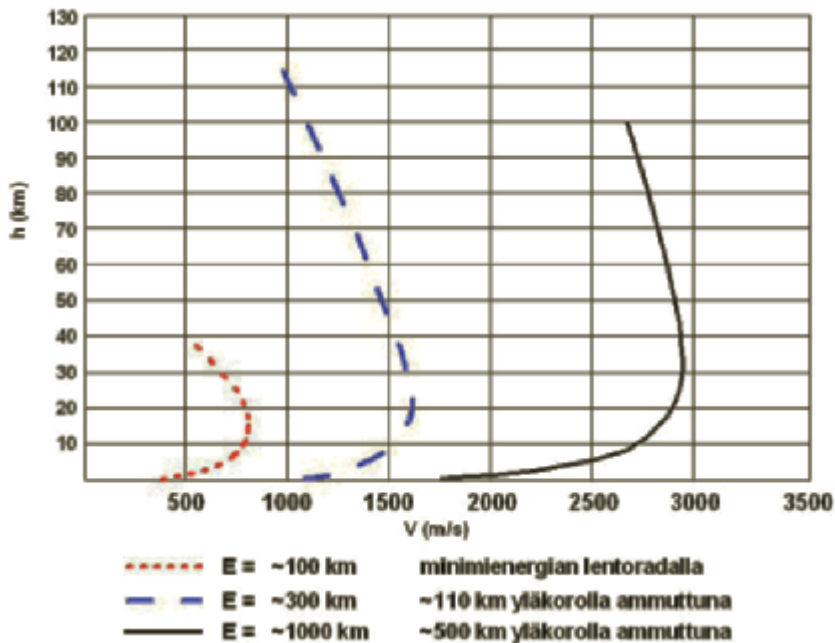
<sup>24</sup> Mark Hewis: Back in the melting pot. Jane's International Defense Review March 2002

den saavuttamisen jälkeen on mahdollista. Torjuntaohjuksen kehittämistä tähän tarkoitukseen ei voida sulkea pois tämän teoksen tarkastelujaksolla, sillä esimerkiksi venäläistä S-400-ilmatorjuntaohjusta on esitetty käytettäväksi myös ilmataisteluohjuksena; sillä on pitkä kantama ja se on varsin pienikokoinen.

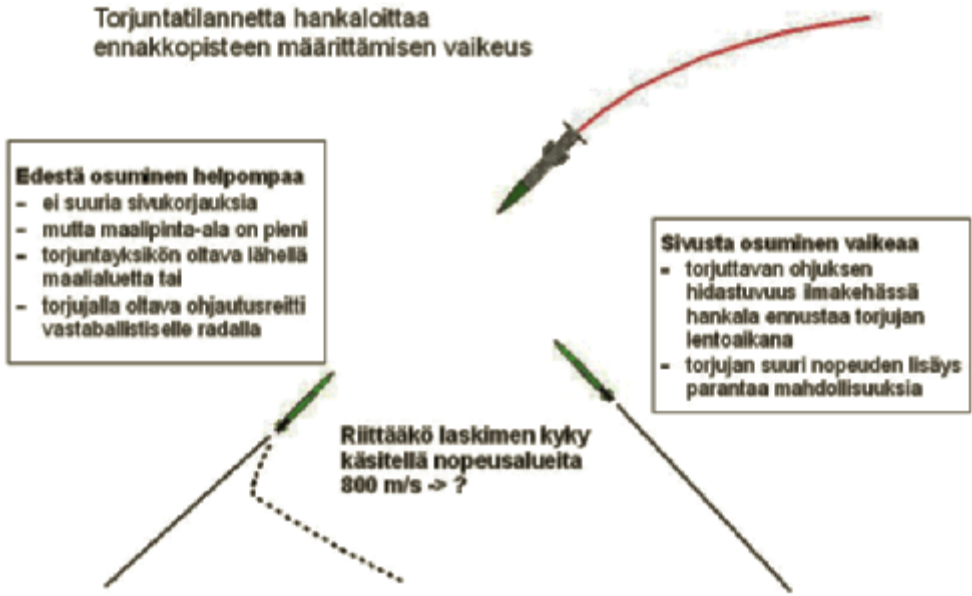
Merkittävää teknistä kehittymistä osoittaa USA:ssa työn alla oleva projekti ABL (Airborne Laser), jossa Boeing 747-koneesta ”ammuttavalla” lasersäteellä pyritään tuhoamaan ballistisia ohjuksia jopa 300–400 kilometrin etäisyydelle. Ensimmäinen todellinen ballistisen ohjuksen tuhoamiskoe on suunniteltu tehtäväksi vuonna 2009.

Yhdysvalloissa rakennetaan parasta aikaa Ballistic Missile Defense Systemiä (BMDS). Tällä hetkellä järjestelmä kykenee torjumaan lyhyen ja keskipitkän matkan ballistisia ohjuksia, mutta tavoitteena on kehittää maailmanlaajuinen, USA:n ja sen liittolaisten puolustamiseen tarkoitettu kerrostunut kaikenlaisten ballististen ohjusten torjuntajärjestelmä.

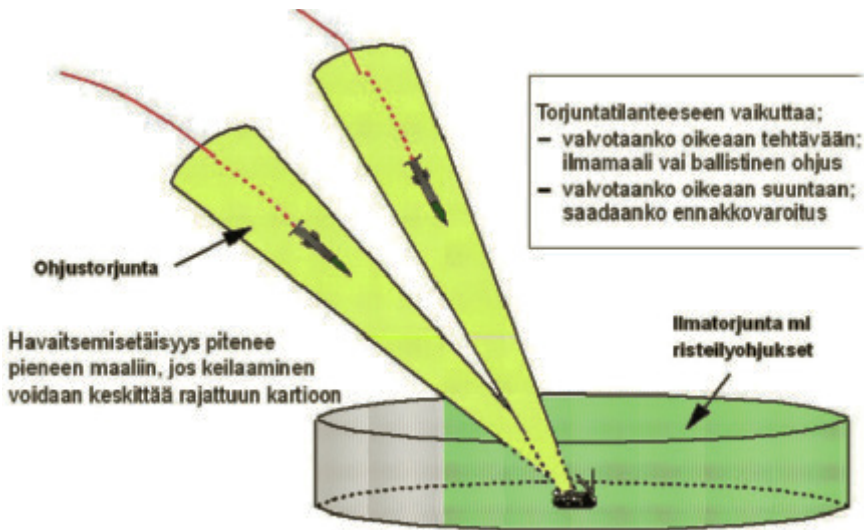
Torjuntaan pyritään sekä ilmakehässä että sen ulkopuolella. Näiden jaksojen torjunnallinen ero on ilmakehän vaikutuksessa. Ilmakehän yläpuolella niin sanotussa yläkerrostorjunnassa torjuttavan taistelukärjen erottelulle muista sen mukana kulkevista esineistä on korkeat vaatimukset. Tutkalla ja ja IP-etsimellä tulee olla myös kohteiden muotojen hahmottamiskykyä.



**Kuva 7.** Ballistisen lentoradan eri vaiheet torjunnan kannalta  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)



**Kuva 8.** Torjuntatilanne  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)



**Kuva 9.** Torjuntatilanteeseen vaikuttavia tekijöitä  
(Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)

Torjuntaohjusten yhtenä kehitystrendinä on parantaa osumistarkkuutta. Tähän pyritään kaksoisohjauksella ja uudella tekniikalla; tutkakomento-ohjaus torjujan lennon alkuvaiheessa ja ip-hakeutuminen tai aktiivinen tutkahaku. Tutkalla päästään 9 – 4 m, optisella hakeutumisella 40 – 20 cm ja näiden yhdistelmällä 1 cm tarkkuuteen. IP-etsin on lähteen mukaan viisi kertaa tarkempi kuin monopolssitutka. Toinen suuri ero näiden kahden välillä on, että IP-etsin on pienempi ja kevyempi. Toisaalta tutkalla voidaan mitata etäisyyttä, eikä pilvisyys vaikuta sen toimintaan. Molemmat voivat antaa 100 – 300

milliradiaanin kulmatarkkuuden.<sup>25</sup> Ohjusta tai sen taistelukärkeä ohjataan alkulennon aikana sekä aerodynaamisilla siivekkeillä että sysäysmoottoreilla. Jälkimmäiset ovat tärkeitä loppulähestymisen aikana, jotta saadaan aikaan tarvittavat nopeat ja tehokkaat suunnanmuutokset, jotka ovat välttämättömiä torjuntakorkeuden kasvaessa ja ilmakehän harvetessa.

Toisena tavoitteena on myös suoran osuman torjunta. Kokemukset ovat osoittaneet, että pelkkään räjähdewaikutukseen perustuva vaikutus ballistisen ohjuksen taistelukärkeen ei tuota haluttua torjuntatulosta<sup>26</sup>. Erään tutkimuksen mukaan suoralla osumalla tuhottiin 91 % ballistisen ohjuksen taistelukärjessä olleista kemiallisista tytärammuksista, mutta sirpaleräjähteellä vain 26 %. Tulokset testeissä osoittivat, että suoran osuman teho on parempi sekä ilmakehässä että sen yläpuolella.<sup>27</sup>

Ohjukset ovat edellisen sukupolven ilmatorjuntaohjuksia pienempikokoisia, nopeampia ja ketterämpiä. Suora osuma ei vaadi yhtä suuria räjähdysainemassoja kuin sirpaleräjähte, eikä kantaman lisäämiseksi tarvita enää edellisenkaltaisia polttoainemääriä tekniikan parantuessa.

Torjuntajärjestelmien kokonaistehoa parannetaan myös kaksikerrostorjunnalla yhdistämällä eri asejärjestelmiä saman tehtävän suorittamiseen. Yläkerrostorjulla annetaan sotänäyttämön laajuinen suoja-ala, jota tehostetaan olevilla alakerrostorjujilla. Kohteiden suojaustodennäköisyys lisääntyy huomattavasti. Paras panos-tuotos saavutetaan, jos torjuntajärjestelmillä on mahdollisuus itse tutkaamalla todeta torjunnan tulos ja suorittaa uusintalaukaisu vain tarvittaessa – ”shoot-look-shoot”. Edellytyksenä tälle on sekä hyvät tutkat että nopeat torjuntaohjukset. Tekniikka vähentää tarvetta automaattisiin kaksois-laukaisuihin ja käytettävien torjuntaohjusten määrää.

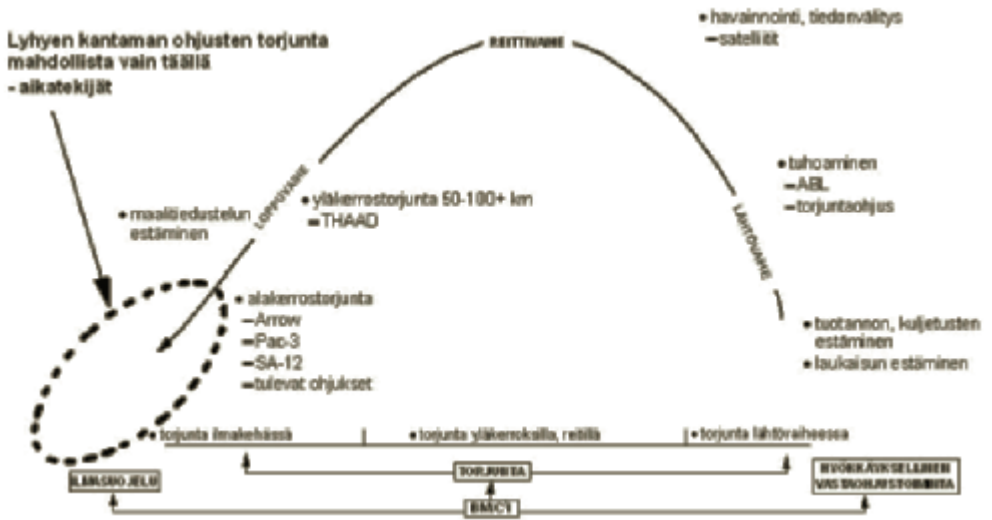
<sup>25</sup> Dr Walter R Dyer: Interceptor Homing Navigation for BMD. TMD Conference in Philadelphia June 2000  
Anthony W Cosby: Why “Hit to Kill?”. Army RD&A March-April 1999

<sup>26</sup> Theodore A Postol: Lessons of the Gulf War. Experience with Patriot. International Security, winter 1991

<sup>27</sup> Anthony W Cosby: Why “Hit to Kill?”. Army RD&A March-April 1999

## 8.5.5 Ohjustentorjunta-asejärjestelmiä

Lisätietoja asejärjestelmistä on löydettävissä Jane's ”LAND-BASED AIR DEFENCE” -teoksen kulloinkin uusimmasta versiosta.



**Kuva 10.** Ballististen ohjusten torjuntakokonaisuus (Lähde: evl evp Hannu Antikainen, maj Reijo Alanne)



## 8.5.6 Yhdistelmä ohjustorjuntajärjestelmien kehityksestä<sup>28</sup>

Keskeisimpiä kehittämisen kohteita ovat:

<p>Sensorien parantaminen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DSP -satelliittien uusinta</li> <li>• miehittämättömien ilma-aluksien käyttö valvontaan</li> <li>• tutkatekniikka kehittyä</li> <li>• valvonta ja seuranta paranevat</li> <li>• ammu – tarkista – ammu- toiminta mahdollista</li> </ul>	<p>Kantaman lisäys</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rakettimoottoritekniikka paranee</li> <li>• taistelukärjet pienenevät suoran osuman vuoksi</li> <li>• taistelutila lisääntyy</li> <li>• torjuntajen uusiminen mahdollistuu</li> </ul>
<p>Taistelunhallinta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• viestisatelliitit, johtokoneet, UAV:t</li> <li>• laskinjärjestelmiä kehitetään</li> <li>• järjestelmien komponentteja integroidaan yhteensopiviksi</li> <li>• ilmatilannekuvan yhdistetään viestintätekniikalla</li> <li>• monitoimitukset paranevat</li> <li>• taistelutila laajenee koko torjuttavan maalin reitille</li> <li>• taistelun-, tulenjohdon tehostuminen</li> </ul>	<p>Ilma- ja ohjustorjunnan yhdistäminen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• laskintekniikka kehittyä</li> <li>• monimaalitalanteiden hallintakyky paranee</li> <li>• useanlaisten maalitalanteiden hallintakyky paranee</li> </ul>
<p>Osumistarkkuus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ip -hakeutumisen, aktiivisen tutkahaun käyttö lisääntyy</li> <li>• ohjusten ohjattavuus paranee</li> <li>• laskintekniikka</li> </ul>	<p>Kerrostettu torjunta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• asejärjestelmät mahdollistavat torjunnan maalien eri lentoradan vaiheissa</li> </ul>
<p>Ohjusten liikehtimiskyky</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ohjuksen ja taistelukärjen suihkuvirtaus- ja säsäysmoottoriohjauksen käyttö lisääntyy</li> <li>• ohjusten koot pienenevät</li> </ul>	<p>Torjuntajen, torjuntataistelujen simulointi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• laskintekniikka paranee</li> <li>• torjuntaharjoitukset kehitetyillä tietokonejärjestelmillä mahdollisia</li> </ul>
<p>Ohjusten nopeudet lisääntyvät</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rakettimoottoritekniikka paranee</li> <li>• lentoajat ja ennakot lyhenevät</li> </ul>	<p>Lasertekniikan käyttöönotto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• torjunnat valon nopeudella</li> <li>• suora osuma</li> </ul>
<p>Suora osuma</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• osumistarkkuus paranee</li> <li>• torjunnan teho kasvaa</li> </ul>	<p>Torjuttavien ohjusten nopeusalue/kantama voi kasvaa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• satelliittiseuranta</li> <li>• tutkien mittaustäisyydet kasvavat</li> <li>• laskinten kapasiteetti kasvaa</li> <li>• torjuntaohjusten nopeudet lisääntyvät</li> </ul>
<p>Simulaatiotekniikka</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• torjuntajärjestelmät voidaan testata</li> <li>• taistelutilanteet voidaan harjoitella</li> <li>• torjuntajärjestelmien ryhmitys ja operatiivinen käyttö voidaan testata hallitusti</li> <li>• taistelunhallintakokonaisuus voidaan testata</li> </ul>	

Ballistiset ohjukset ovat potentiaalinen uhka myös maamme taisteluolosuhteissa. Torjuntajärjestelmän kehittämisessä tarvitsemme taistelunhallinnassa ulkopuolisten sensoreiden tietoja. Yläkerrostorjuntaan ei maallamme ole itsenäisesti mahdollisuuksia. Alakerrostorjunta on mahdollista ratkaista kansallisella tasolla oikeilla laitehankinnoilla.

<sup>28</sup> Yhdistelmä eri lähteistä

## 8.6 Lentotukikohtien pioneeri- ja suojeletoiminta

Seuraavassa rajoitutaan tarkastelemaan lentotukikohtien asevaikutuksen ja raivaamisen tiedustelua, raivaamista, lentokaluston liikennealueiden vauriokorjausta sekä suojeletoimintaa.

### 8.6.1 Lentotukikohdan asevaikutuksen ja raivaamisen tiedustelu

Lentotukikohdan asevaikutuksen ja raivaamisen tiedusteluun liittyy seuraavat asiakokonaisuudet:

- alueen valvonta
- tukikohdan alueiden tiedustelu
- raivaamisen tiedustelu
- räjähteistä ja vaurioista ilmoittaminen, vaarallisten alueiden ja kohteiden merkitseminen.

Asevaikutuksen ja raivaamisen tiedustelun tärkein tehtävä on hankkia tietoa tukikohtaan kohdistuneen ilmahyökkäyksen jälkeisen taistelukyvyyn palauttamisen (recuperation) johtamista varten. Ensimmäiset päätökset on usein tehtävä minuuteissa, mikä asettaa suuret nopeusvaatimukset tiedustelulle. Päätösten perustaksi tulee selvittää tukikohtaan tulleet kemialliset taisteluaineet, räjähteet sekä lentokaluston liikennealueiden ja muiden toiminnan kannalta välttämättömien alueiden vauriot. Tiedustelua voidaan toteuttaa valvontasensoreilla sekä tähytys- ja partiotiedustelulla. Karkea tilannekuva voidaan saada nopeasti helikopterista toteutettavalla näkö tiedustelulla tai tiedustelulenonkin avulla.

Raivaamispäätös on tarpeen tehdä kymmenien minuuttien – tunnin kuluessa hyökkäyksen päättymisestä. Raivaamispäätöksessä käsketään ensiksi raivattavan ja kunnostettavan miniminousutien (MOS=minimum operating strip) paikka sekä siihen liittyvä minimiliikennealue (MAOS, minimum aircraft operating surface). Tiedustelun nopeusvaatimus korostuu, jos käytettäviä kiito- ja nousuteitä sekä tukikohtia on vähän.

Räjähneiden ja vaurioiden tiedustelu voidaan toteuttaa tähytys- ja partiotiedusteluna sekä alue-etsintänä. Myös seismisiä sensoreita (geofoneja) voidaan käyttää. Sensorien antamasta tiedosta voidaan päätellä alueelle tulneiden pommien määrä sekä mahdolliset räjähtämättä jääneet pommit. Kyseinen tekniikka on olemassa, mutta sen ei tiedetä olevan palveluskäytössä.

Alue-etsinnällä paikannetaan maan pinnalla olevat räjähteet sekä tunkeumapommien sisäänmenoukot. Tähytettäessä käytetään optisia tähytysvälineitä: kiikareilta ja pimeällä pimeänäkölaseja (NVG, Night Vision Goggles) sekä valonvahvistinkiikareita. Pimeällä voidaan salaamisen salliessa käyttää kannettavia valaisimia.

## 8.6.2 Raivaaminen

Raivaaminen (EOD, Explosive Ordnance Disposal, Mine Clearance) sisältää miinoitteen tai räjähtämättömien ampumatarvikkeiden paikantamisen, merkitsemisen, tunnistamisen, vaara-alueen eristämisen, vahinkojen ehkäisyä, raivaamisenmenettelyn sekä jälkitoimet.

Lentotukikohdassa tyypilliset raivaamisen kohteet ovat sirotteet (sirotemiinat ja tytäripommit), maan pinnalla olevat räjähtämättömät lentopommit, tunkeumapommit, erikoisjoukkoräjähteet sekä hyökkäyksessä vaurioituneet omat räjähteet. Lentotukikohdan raivaamisessa keskeistä on nopeus, jotta vauriokorjausosastot pääsevät aloittamaan työnsä mahdollisimman nopeasti.

Sirotemiinat voidaan raivata nopeimmin raivaamisajoneuvoilla. Raivaamisajoneuvossa on yleensä varstaraivain tai aura sekä elektromagneettinen raivain. Varstalla rikotaan tai lauotaan maan pinnalla tai ohueen maa- tai lumikerrokseen peittyneet sirotemiinat. Auralla työnnetään räjähteet pois raivattavalta alueelta myöhemmin muilla menetelmillä raivattavaksi. Auraa voidaan käyttää myös laukomiseen. Magneettisella herätesytyttimellä varustetut sirotemiinat raivataan elektromagneettisella raivaimella.

Sirotteita voidaan raivata myös räjäyttämällä, ampumalla ja laukomalla. Räjäyttämiseen käytetään räjähdyspanoksia tai ontelopanoksia ja lankasirotemiinojen laukomiseen raivaamishakaa tai heitonaa. Ampumalla raivaamisessa käytetään kohteesta ja paikasta riippuen rynnäkkökivääriä, tarkkuuskivääriä tai raskasta tarkkuuskivääriä. EOD-henkilöstö voi lisäksi tehdä joitakin sirotetyyppejä vaarattomaksi ennen siirtämistä turvalliseen paikkaan hävitettäväksi. Vaarattomaksi tekemisessä voidaan käyttää tarkoitukseen valmistettuja poltto-, rikkomis-, humautus- tai listapanoksia tai iskumassalaitetta.

Maan pinnalla olevia tai paljastettuja lentopommeja raivataan paikallaan räjäyttämällä tai vaarattomaksi tekemällä. Paikallaan räjäyttämiseen käytetään räjähdyspanoksia tai ontelopanoksia. Pommi voidaan tehdä vaarattomaksi poistamalla, rikkomalla tai juututtamalla sytyttimet, poistamalla tai polttamalla räjähdysaine tai humauttamalla pommi.

Sytytin poistetaan työkaluja tai rakettiavainta (Rocket wrench) käyttäen tai rikotaan iskumassalaitteella (dearmer) tai rikkomispanoksella. Magneettiseen herätteesen perustuvien sytyttimien käsittelyyn on magnetoitumattomia työkaluja, jotka on valmistettu esimerkiksi kupari-beryllium-seoksesta. Sytyttimiä voidaan juututtaa esimerkiksi pikaliimalla tai jäädyttämällä nestemäisen typen avulla. Joidenkin kellokoneistojen pysäyttämiseen voidaan käyttää elektromagneettista laitetta. Räjähdysaineen polttamiseen käytetään polttopanosta.



**Kuva 11.** Sytyttimen rikkominen rikkomispanoksella (SA-kuva)

Tunkeumapommi paikannetaan karkeasti sisäänmenoaukon perusteella. Pommi paikannetaan tarkasti syväetsimen ja/ tai maatutkan avulla. Syväetsin on magnetometri, johon voi olla kytketty datalogger. Dataloggeriin voidaan edelleen kytkeä paikantamislaitte, joka voi perustua satelliittipaikantamiseen tai takymetrin käyttöön. Dataloggerin taltioima mittausdata ja siihen yhdistetty paikkatieto tulkitaan mikrotietokoneen ohjelman avulla. Myös maatutkan mittausdata tulkitaan tietokoneohjelman avulla. Tavoitteena on selvittää pommin sijainti, koko ja syvyys. Lähellä pintaa olevia räjähteitä voidaan paikantaa miinaharavan avulla. Miinaharava on metallinilmaisin.



**Kuva 12.** GPS-paikantimella, dataloggerilla ja kolmella magnetometrianturilla varustettu syväetsin Joroisten EOC-työmaalla (Explosive Ordnance Clearance). (SA-kuva)

Tunkeutunut tai peittynyt pommi voidaan kaivaa esiin, jonka jälkeen voidaan käyttää samoja menetelmiä kuin maan pinnalla raivattaessa. Pommin esiin ottamisessa voidaan käyttää suojattuja ja/tai kauko-ohjattuja kaivukoneita. Kaivanto tuetaan tarvittaessa levyillä, sahatavaralla ja hiekka- /suursäkeillä. Syvälle tunkeutuneet pommit etsitään seuraamalla niiden tekemää onkaloa.

Syväetsimellä paikannettu lentopommi voidaan räjäyttää sen yläpuolelle maan pinnalle asennetulla tunkeumapommipanoksella. Tunkeumapommipanos on läpimitaltaan yleensä 10–20 cm ontelopanos, jonka suihku läpäisee pommin päällä olevan maan, pommin kuoren ja jonka toivotaan saavan aikaan detonaation tai deflagraation.

Ohjuksia ja raketteja raivataan edellä kuvattuja menetelmiä tyyppikohtaisesti soveltaen.

Vaurioiden ehkäisyyn käytetään mm. hiekka- ja suursäkkejä, massakoreja, suojaseinäsarjoja, suojapeitteitä sekä räjähteen päälle laitettavia suojasylintereitä. Raivaajajhenkilöstö käyttää ballistisia suojapukuja, kypäriä ja visiireitä.

### 8.6.3 Lentokaluston liikennealueiden vauriokorjaus

Lentokaluston liikennealueiden vauriokorjauksen (RAOS) avulla saatetaan halutut vaurioituneet liikennealueet toimintakelpoisiksi. Vauriokorjaus on räjähdyskuoppien ja päällystevaurioiden korjaamista, jonka vaatimuksissa usein korostuu nopeus korjauksen pitkän ajan kestävyuden kustannuksella.

Räjähdyskuoppien korjaaminen voidaan jakaa karkeasti perustuksen korjaamiseen ja päällystämiseen.

Perustuksen korjaamisessa on kolme päämenetelmää: täyttäminen heittyneellä aineksella, murskautumisalueella olevan aineksen vaihtaminen ja kantavan päällyskerroksen käyttö. Myös menetelmien yhdistelmiä käytetään.



**Kuva 13.** Päällystäminen teräsbetonielementeillä (concrete slab)

Nopea tapa korjata on työntää heittyneet maat takaisin kuoppaan ja täydentää murskeella tai päällystysmenetelmän vaatimalla aineksella. Työn aikana kerroksia tiivistetään tarvittaessa. Edellistä kestävämpi ja kantavampi tulos saadaan vaihtamalla pommin painevaikutuksesta löyhtynyt maa-aines. Joissakin tapauksissa käytetään kantavaa päällysrakennetta, jolloin kuoppa voidaan jättää täyttämättä. Kantava päällysrakenne voi olla tarkoitusta varten tehty kalustosilta, jolla voi päästä ainakin 14 m jänteisiin tai levyrakennetta, jota voidaan käyttää halkaisijaltaan n. 1,5 m kuopissa.

Perustuksen korjaamisessa käytetään työkoneita ja maansiirtoautoja. Välittömän tai nopean toiminnan joukoilla on käytössään erityisesti sotilaskäyttöön tarkoitettuja työkoneita, jotka ovat usein ilmakuljetuskelpoisia ja joista joissakin voi olla ballistista suojausta.

Päällystämässä ja päällystevaurioiden korjaamisessa voidaan käyttää asfalttibetonia, betonointia, teräsbetonielementtejä, metalli-, kuitu- tai muovimattosarjoja, levyjä, kylmäasfalttia, bitumia sekä muita tarkoitukseen tehtyjä paikkausmassoja. Betonointi toteutetaan usein tarkoitukseen kehitetyllä kalustolla ja menetelmällä, jossa voidaan käyttää imua ja kiihdyttimiä, jotka nopeuttavat betonin kuivumista. Elementit ja matot ovat usein kalustomaisia ja jotkut niistä vaativat erikoistyövälineitä kuten nostoapulaiteita, tasauslevyjä ja ankkurointitarvikkeita. Pienten päällystevaurioiden korjaukseen käytetään kylmäasfalttia, bitumimassaa tai muita tarkoitukseen kehitettyjä nopeasti kuivuvia massoja.



**Kuva 14.** Korjatun pommikuopan päällysteenä käytettävä alumiinimatto on nopea asentaa.

Päällystämässä ja päällysteiden korjaamisessa käytetään siviilissä vastaavaan tarkoituksen käytettäviä asfalttiasemia, levittämiä, jyrsimiä, jyriä, leikkureita jne.

## 8.6.4 Raivaamisen ja vauriokorjaamisen kehitysnäkymiä

Kylmän sodan päättyminen on muuttanut lentotukikohtien pioneeri-toiminnan kehittämisen painoituksia. Oman alueen puolustamisessa tarvittavien tukikohtien pioneeri-toiminnan kehittäminen on vähentynyt ainakin niissä maissa, missä perusasiat on saatu kuntoon. Painopiste on siirtynyt oman alueen ulkopuolella toteutettavien operaatioiden vaatiman tukeutumisen kehittämiseen. Yleisesti voidaan katsoa ilmakuljetteisuusvaatimuksen yleistyneen myös pioneerikalustoissa.

### 8.6.4.1 Tiedustelu

Lentotukikohdan vauriotiedustelun kehittymismahdollisuudet liittyvät sensoreiden, tiedonsiirron, datafuusion ja johtamislaitteiden kehittämiseen. Seuraavassa on kuvattu tulevaisuuden lentotukikohdan tiedustelujärjestelmän mahdollisuuksia.

Lentotoiminnan kannalta merkittävimmillä alueilla on seismisiä ja akustisia sensoreita, jotka tuottavat tosiaikaisen tiedon pommien osumista kattamalleen alueelle.

Tiedustelulennokki lennätetään tukikohdan yläpuolelle välittömästi hyökkäyksen jälkeen. Lennokki lähettää kuvaa datalinkillä ohjainlaitteelle.

Tiedustelua täydennetään ja tarkennetaan tiedustelupartioiden tuottamalla tiedolla. Partioilla on käytettävissään käsitietokone ja siihen kytketyt paikantamisjärjestelmä ja laserosoitin. Partiot tallentavat havaitsemansa räjähteet, pommikuopat, päällyste- sekä muut merkittävät vauriot käsitietokoneelle. Tallentaminen tapahtuu kohteeseen menemällä tai laserosoitimella merkitsemällä. Käsitietokoneelle kerätyt tiedot lähetetään tukikohdan johtamislaitteelle suoraan datalinkillä tai dataliityntäpisteestä.

Lentotukikohdan johtamislaitteella kiinteän sensoriverkon, lennokkitiedustelun ja partiotiedustelun tuottama tieto yhdistetään ja esitetään esitysjärjestelmällä. Laite sisältää tiedot raivaamiseen ja vauriokorjaukseen osallistuvien joukkojen sijainnista, kalustosta ja toimintakyvystä sekä käytettävissä olevasta materiaalista ja sen sijainnista. Laitteelle annetaan vaatimukset halutusta lopputuloksesta ja se antaa suosituksia, toteuttamisvaihtoehtoja sekä laskee menekkejä ja työaikoja. Laitteen avulla voidaan vertailla erilaisia raivaamisen ja vauriokorjaamisen vaihtoehtoisia toteuttamistapoja, joiden perusteella tehdään raivaamispäätös.

EOD-tiedustelijoilla on digitaalikamera ja taskukokoinen raivaamistietokantatyöasema, johon voidaan syöttää kohteen ominaisuuksia ja laite ehdottaa vaihtoehtoisia tunnistuksia. Tunnistuksen tapahduttua laite antaa välinekohtaiset raivaamisohjeet. Laitteelle tallennetaan tiedot raivaamistapahtumasta ja se laatii raportin. Tieto siirretään tukikohdan johtamislaitteelle.

### 8.6.4.2 Raivaaminen

Raivaamisessa todennäköisiä kehityssuuntia ovat

- miesmäärän korvaaminen tekniikalla
- tietotekniikan hyväksikäyttö, ohjelmistojen kehittyminen
- robotti- ja automaatiotekniikan hyödyntäminen
- välineiden kehittäminen kevyemmiksi, kestävämmiksi ja käyttäjäystävällisemmiksi

Räjähdeiden paikantamista varten kehitetään monisensoripaikantimia. Näillä pyritään paikantamaan peittyneet räjähteet varmemmin, etenkin miinaharavan ja syväetsimen käytölle epäedullisissa olosuhteissa. Kokeiltuja yhdistelmiä ovat mm. maatutkan ja erilaisten metallinilmaisimien, magnetometrien sekä lämpökameran yhdistelmät ja näihin liitetyt paikkatietolaitteet. Päämääränä on yhdistää eri sensorien antama tieto ohjelmallisesti hyödyntämiskelpoiseen muotoon, siten että sensorien väärät havainnot vähenisivät ja oikeat tarkentuisivat. Nähdyt demonstraattorit ovat ajoneuvoasenteisia. Yhdysvalloissa kehitetään useaa laitetta. Saksassa ei olla onnistuttu vähentämään maatutkan ja magnetometrin vääriä havaintoja monisensoritekniikan avulla.

Syväetsin- ja maatutkalaitteet tulevat säilymään tukikohtakäytössä ainakin kannettavien monisensoripaikantimien palveluskäyttöön saamiseen saakka. Laitteisiin liitettäviä dataloggereita ja mittausdatan tulkintaohjelmia kehitetään edelleen. Paikkatietolaitteiden kehitystä ei tässä käsitellä.

Raivaamisajoneuvoja voidaan kehittää robotti- ja automaatiotekniikkaa hyödyntämällä. Raivaamisajoneuvo voi olla automotiivinen sekä kauko-ohjattava laite, joka hyökkäyksen jälkeen raivaa siihen etukäteen ohjelmoidun tai uudelleen ohjelmoitavan alueen. Vaihtoehtoisesti laitetta voidaan käyttää kauko-ohjaimen avulla. Ajoneuvossa voi olla useita erilaisia raivaimia joko yhtä aikaa tai vaihdettavina työkaluina. Näitä voivat olla esim. elektromagneettinen raivain, varsta, aura, energialaukaisin ja/tai muu raivaamisase ja manipulaattori (käsi). Miehitetyille raivaamisajoneuvoille tulee edelleen olemaan tarvetta. Raivaamisajoneuvot pyritään kehittämään mahdollisimman ilmakuljetuskelpoiksi. Yhdysvalloissa kehitetään automotiivisia ja kauko-ohjattuja raivaamisajoneuvoja.

Tunkeumapommien esille kaivamista varten jatkettaneen kauko-ohjattavien kaivukoneiden kehittämistä. Valmiit tuotteet ovat muunnossarjoja tavanomaisiin kaivukoneisiin. Ne voivat sisältää myös ballistista suojausta.

### 8.6.4.3 Vauriokorjaus

Vauriokorjaukseen käytettävää materiaali päivitetään ja osa korvataan kokonaan uudella materiaalilla. Kehittämisessä otetaan huomioon edeltäjistä saadut kokemukset. Viimeksi kehitetyissä ja kehitteillä olevassa kalustossa on nähtävissä ilmakuljetuskyvyn parantuminen sekä miestyövoiman vähentyminen. Vanhoihin sotilasmaansiirtokoneisiin tarjotaan kauko-ohjauslaitesarjoja. Siviilityövälineistä kehitettäneen ilmakuljetteisia versioita sotilaskäyttöön. Vauriokorjauksen pinnoitusmateriaalit kehittyvät nopeimmin



käyttöön otettaviksi ja uusia pinniotusmateriaaleja tullaan kehittämään, esimerkiksi erilaisten kennolevyjen pohjalta.

### 8.6.5 Lentotukikohtien suojelutoiminta

Lentotukikohtien suojelutoiminta (CBRN-toiminta, Chemical, Biological, Radiological, Nuclear) käsittää vaaran hallinnan (Hazard Management), suojelutiedustelun ja -valvonnan (Detection, Identification and Monitoring) sekä ilmoittamisen ja varoittamisen (Warning and Reporting).

Vaaran hallinta muodostuu ennakoivista toimenpiteistä ja vastatoimenpiteistä. Ennakoivilla toimenpiteillä, koulutuksella ja ohjeistuksella sekä henkilöstön ja materiaalin suojaamisella varmistetaan toimintakyvyn säilyminen. Lentotukikohtien suojatilojen ja johtopaikkojen rakenteellisia suojauksia parannetaan ja uusien rakentamisessa otetaan huomioon CBRN:ltä suojautuminen.

Vastatoimenpiteisiin, kuten vaaran välttämiseen pyritään kaikin mahdollisin keinoin. Vaaralliset alueet merkitään ja liikkumista rajoitetaan. Lentotukikohdan rakenteet eivät kuitenkaan salli kaikissa tilanteissa alueelta poistumista, vaan joukot voivat joutua työskentelemään saastuneella alueella. Työskentely saastuneella alueella minimoidaan ja alueelta poistuvat henkilöt puhdistetaan. Saastunut henkilöstö ja lentotukikohdan kannalta tärkeät alueet puhdistetaan suojelujoukkojen toimesta siten, että henkilökohtaisista suojavälineistä voidaan luopua osittain tai kokonaan, ja toimintaa voidaan jatkaa minimirajoituksin.

Lentotukikohdan kattavalla suojelutiedustelulla ja -valvonnalla taataan riittävän aikaisessa vaiheessa havainto CBRN-aseiden ja -aineiden käytöstä joukkojen varoittamiseksi. Suojelutiedustelu- ja valvonta on pääosin tukikohdan suojelujoukkojen vastuulla, mutta siihen osallistuvat kaikki tukikohdan joukot.

CBRN- aseiden käytöstä saadaan tieto automaattisilla kaasunilmaisimilla (Automatic CWA Detectors), jotka voidaan kytkeä paikallisverkoiksi. Paikallisverkko välittää tiedon suojelun johtamislaitteelle, jonka avulla suojelutilanne syötetään tukikohdan tilannejärjestelmään. Suojelun johtamislaitteen avulla laaditaan leviämisen nusteita sekä tarkastellaan vaihtoehtoisia toimintatapoja. Vastaavalla tavalla käytetään säteilyvalvontamittareita laskeuman havaitsemiseksi. Taisteluaineen laatu ja saastealueen laajuus varmistetaan suojelutiedustelupartioiden toimenpitein. Partioiden varustukseen voi kuulua kannettavia kaasunilmaisimia, näytteenottovarusteet, säteilyannosmittareita ja annosnopeusmittareita sekä tarvittava suojavarustus ja paineilmahengityslaitteet.

Varoitukset ja hälytykset välitetään nopeimmalla mahdollisella tavalla käyttäen johtamis- ja komentoyhteyksiä. Suojeluvälvontapaikoilta tai partioilta varoitukset ja hälytykset välitetään suoraan tukikohdan esikuntaan tai johtopaikkaan, josta hälytetään koko tukikohta.

## 8.7 Johtopäätöksiä ilmapuolustusjärjestelmien kehityksestä

Miehitettyjen järjestelmien, kuten lentokoneiden ja helikoptereiden uhka tulee säilymään nykyisen kaltaisena seuraavat 15–20 vuotta. Trendinä on, että koneiden lukumäärät pienenevät, mutta niiden iskukyky ja monipuolisuus kasvaa.

Miehittämättömien ilma-alusten, ballististen ohjusten ja risteilyohjusten muodostama uhka tulee tarkastelujaksolla kasvamaan voimakkaasti niiden navigointi- ja maalinpaikkansensoreiden suorituskyvyn parantuessa sekä ajoaineiden kehityksen lisätessä niiden kantamaa. Sotilaallinen vaikuttaminen on mahdollista nykyistä kauempaa ja samalla ennakkovaroitusaika lyhenee. Näiden havainnointiin kykenevät sensorijärjestelmät ovat ilmapuolustuksen kehityksen painopisteitä USA:ssa ja Euroopassa.

### 8.7.1 Ilmapuolustus- ja johtamisjärjestelmä

Ilmapuolustusjärjestelmän perussensorina tulee vielä kauan olemaan valvontatutka. Passiivisten sensorien merkitys tulee korostumaan ennakkovaroituksia antavina, lisätietoa tuottavina ja valvontaa täydentävinä järjestelminä. Tietoa jatkojalostamalla ja käyttöä optimoimalla saadaan enemmän hyötyä myös perinteisillä sensoreilla.

Suuret liittoutumat käyttävät ja tulevat käyttämään lentäviä valvonta- ja johtamisjärjestelmiä, jotka suojataan vahvoilla osastoilla tai niillä toimitaan riittävän etäällä vihollisen asevaikutuksen ulottumattomissa. Pienten, itsenäisesti omaa maataan puolustavien valtioiden on jatkossakin turvauduttava esim. pienitehoisiin suunnattaviin tutkiin, passiivisiin sensoreihin ja tiedon tehokkaaseen prosessointiin.

Johtamisjärjestelmien kehittämisen keskeinen trendi on verkottuminen. Vaikka tiedon käsittely- ja siirtokapasiteetti eivät aseta kehittymiselle teknisiä esteitä on kaikkien sensorien, päätöksentekijöiden ja asejärjestelmien saaminen saman tietoverkon ja tietojärjestelmälustojen ja -palvelujen piiriin suuri haaste. Ongelmina korostuvat päätöksentekoon vaikuttavan informaation määrän valtava kasvaminen, oleellisen tiedon oikea-aikainen, oikeassa muodossa esittäminen, epävarman tiedon käsittely ja tahallisen harhautuksen ja muiden tietojärjestelmiin kohdistuvien hyökkäysten estäminen. Ongelmien ratkaisu sitoo runsaasti voimavaroja ja taloudellisia resursseja.

### 8.7.2 Ilmapuolustuksen asejärjestelmät

Tarkastelujaksolla käyttöön tulevat uudet miehitetyt järjestelmät ovat tällä hetkellä vähintään laboratorioasteella tai koekäytössä.

Aktiivisten ilmataisteluojusten kantama ja liikehtimiskyky paranevat. Maamaaleja vastaan käytettyjen ohjusten ja älypommiin tarkkuus ja maalinerotuskyky paranevat. Ensimmäiset miehittämättömät taistelukoneet otetaan tarkastelujaksolla operatiiviseen

käyttöön, ainakin maamaaleja vastaan. Samoin UAV-kaluston käyttö tiedustelu- ja tiedonsiirtoalustoina kasvaa merkittävästi.

Satelliittien ja avaruuteen sijoitettavien järjestelmäkomponenttien käyttö tulee edelleen lisääntymään ilmaoperaatioiden toteuttamisessa sekä kohteiden ilmaisussa, paikantamisessa ja seurannassa.

### 8.7.3 Ilmatorjunta

Ensisijaisesti kehitetään pienten maalien torjuntakykyä ja elektronista suojautumista osana taistelunkestävyyttä. Laserase pyritään saamaan operatiiviseen käyttöön tarkastelujaksolla.

Ilmatorjunnan johtamisjärjestelmäkehityksessä pyritään mm. integroitumaan muihin johtamisjärjestelmiin (datafuusion avulla), omatunnistusjärjestelmien ja paikantamisvälineiden laajaan hyödyntämiseen, fuusioitujen infrapuna- ja tutkasensorien käyttöön, aseiden ohjaukseen tulenkäytön johtamisjärjestelmällä ja taistelunkestävyyteen.

### 8.7.4 Lentotukikohtien pioneeritoiminta

Lentotukikohdan vauriotiedustelun kehittymismahdollisuudet liittyvät sensoreiden, tiedonsiirron, datafuusion ja johtamislaitteiden kehittymiseen. Seuraavassa on kuvattu tulevaisuuden lentotukikohdan tiedustelujärjestelmän mahdollisuuksia.

Raivaamisessa todennäköisiä kehityssuuntia ovat

- miesmäärän korvaaminen tekniikalla
- tietotekniikan hyväksikäyttö, ohjelmistojen kehittyminen
- robotti- ja automaatiotekniikan hyödyntäminen
- välineiden kehittäminen kevyemmiksi, kestävämmiksi ja käyttäjäystävällisemmiksi.

## 9. LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN KEHITTYMINEN

Evl Unto Usvasalo, Pääesikunnan logistiikkaosasto  
 TkT Mika Helsingius, Hämeen Rykmentin Huoltokoulu  
 Maj Janne Myller, Pohjois-Karjalan Prikaati

### 9.1 Johdanto

Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmä on puolustusvoimien, kotimaisen ja kansainvälisen elinkeinoelämän ja muun yhteiskunnan logististen osien muodostama kokonaisuus. Järjestelmä sisältää logistiikan palvelukeskukset, puolustushaarojen huoltojärjestelmät ja kumppanuudet. Toiminnallisesti järjestelmä jaetaan täydennyksiin, kunnossapitoon, kuljetuksiin, lääkintähuoltoon ja huoltopalveluihin. Edellä mainittujen lisäksi käsitellään omina kokonaisuuksinaan logistiikan johtamista, materiaaliturvallisuutta, kiinteistö- ja ympäristöhallintoa sekä teollisuuden valmiutta.

Logistiikkajärjestelmä yhdistää puolustusvoimien tarvitsemat yhteiskunnan maanpuolustustarkoituksiin kohdentamat suorituskykytekijät tehokkaasti henkilöstön ja joukkojen taistelukelpoisuuden sekä toimintakyvyn ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi kaikissa turvallisuustilanteissa ja valmiuden säätelyn vaiheissa.

Logistiikkajärjestelmä rakennetaan ja kehitetään kaikkien puolustushaarojen sekä yhteiskunnan puolustusvoimilta edellyttämiä tarpeita kattavaksi ja toimintaperiaatteiltaan yhdenmukaiseksi kokonaisuudeksi, jonka perusrakennetta ja toimintaperiaatteita ei tarvitse muuttaa turvallisuustilanteen muuttuessa.

Logistiikalla ei ole yhtä selkeää määritelmää, logistiikkaa tarkastellaan usein eri lähtökohdista ja eri viiteryhmät tarkoittavat sillä hyvinkin erilaisia asioita. Koska puolustusvoimat joutuu toimimaan yhteistyössä monien eri toimijoiden kanssa, on erittäin tärkeää, että eri käsitteiden merkitykset avataan eri osapuolten välillä jo yhteistyön alkuvaiheessa. Seuraavaan on kerätty joitakin yleisessä käytössä olevia logistiikan määritelmiä. On huomattava, että liike-elämän logistiikka eroaa hyvinkin merkittävästi sotilaallisesta logistiikasta, ja niiden painotuksissa on suuria eroavaisuuksia.

**Logistiikka** on materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä. (Karrus Kaj, Logistiikka, WSOY 2001).

**Logistiikka – (kaupallinen määritelmä).** Logistiikka muodostuu niistä liiketoiminnan suunnittelun rakenteista joilla hallinnoidaan materiaalin, palveluiden, informaation ja pääomien virtoja. Se sisältää yhä monimutkaistuvampia informaatio-, tiedonvälitys

ja ohjausjärjestelmiä joita tarvitaan tämän päivän liiketoimintaympäristössä. (Logistix Partners Oy, Helsinki, FI, 1996, <http://www.logisticsworld.com/logistics.htm>).

**Logistiikka – (sotilaallinen määritelmä).** Logistiikka on tiede jossa suunnitellaan ja toteutetaan joukkojen liikuttelua ja ylläpitoa....ne sotilaallisen operaation osat joissa käsitellään suunnittelua ja kehittämistä, materiaalin hankintaa, varastointia, liikkumista, jakelua, ylläpitoa ja evakuoiteja; henkilöstön siirtoa, evakuoiteja ja sairaanhoitoa; eri laitosten rakentamista, ylläpitoa, käyttöä ja luovutusta; ja palveluiden varustamista. (JCS Pub 1–02 excerpt, <http://www.logisticsworld.com/logistics.htm>).

**Yhteiskunnassa logistiikka** on yritysten ja laitosten materiaalivirran fyysistä, tiedollista ja taloudellista hallintaa hankintalähteiltä asiakkaille. Logistisia toimintoja ovat ostot, kuljetukset, varastointi, materiaalin käsittely sekä logistisen ketjun hallintaan liittyvä tietohallinto. (Lähde: Suomen logistiikkayhdistys ry).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että puolustusvoimissa logistiikka ymmärretään laajempaan ja kokonaisvaltaisempaan käsitteeseen tai prosessiin, kuin mitä elinkeinoelämän käsitteää. Tämä tulee ottaa huomioon, kun tarkastellaan tai vertaillaan sotilasjärjestelmiä vastaaviin siviilijärjestelmiin.

## 9.2 Logistiikkajärjestelmien globaalit kehitystrendit

### 9.2.1 Yleiset trendit

Logistiikkaa voidaan pitää usean eri tieteenalan yhdistelmänä, ja logistiikka lähinnä hyödyntää muiden tieteenalojen tuotteita. Suurin osa logistiikan osatekijöistä on luonteeltaan muita kuin teknisiä tieteitä. Tärkeimpiä logistiikan kehitykseen vaikuttavia tekijöitä löytyy taloustieteestä, oikeustieteestä, ympäristöteknologiasta, politiikasta ja yhteiskuntatieteistä. Teknisemmät alat kuten tietotekniikka, kuljetustekniikka, tuotantotalous ja teollisuustalous vaikuttavat käytännön toteutukseen, mutta ne eivät ohjaa logistiikan kehitystä.

Merkittävänä poikkeamana edellä esitetystä voidaan pitää 1950-luvulla kehitettyä merikuljetuskonttia, joka mullisti kuljetukset ja jota voidaan pitää enemmän logistisena kuin pelkästään kuljetusteknisenä keksintönä.

Talouden kehitys, globalisaatio ja ympäristönsuojelu tulevat vaikuttamaan lähivuosikymmeninä erittäin merkittävällä tavalla logistiikan kehitykseen. Ilmastonmuutos ja muut ympäristöön liittyvät ongelmat heijastuvat politiikkaan ja lainsäädäntöön. Kehittyvien talouksien lisääntyvä energiantarve ja fossiilisten polttoainevarantojen pieneminen nostavat polttoaineiden hintoja. Hinnat eivät kohoa lineaarisesti, vaan varantojen supistuessa ne noussevat jyrkästi.

Muutokset vaikuttavat globaaliin logistiikkaan. Tällä hetkellä on vielä edullisempaa siirtää tuotantoa halvan työvoiman maihin ja kuljettaa valmiit tuotteet markkinoille. Kulje-

tusten hinnat saattavat kuitenkin nousta merkittävästi kysynnän ja tarjonnan lakien sekä poliittisten päätösten (päästökauppa, energiaverot yms.) vuoksi. Toisaalta samaan aikaan kehittyvä tuotantoteknologia saattaa vähentää työvoiman hinnan merkitystä. Kallistuvien kuljetuskustannusten minimoimiseksi osa tuotannosta saattaa siirtyä lähemmäs markkinoita tai luonnonvaroja. Kyse on monimutkaisesta optimoinnista, jonka ennustaminen on hyvin vaikeaa ja osin mahdotonta. Tekniikan vaikutukset ovat merkittäviä, mutta logistiikan tapauksessa kyse on jatkuvassa muutostilassa olevasta kompleksisesta verkostosta, joka etsii aina kulloisessakin tilanteessa jonkinlaisen tasapainotilan. Logistiikassa taloudella ja politiikalla on ohjaajan rooli, tekniikka joutuu reagoimaan tapahtuviin muutoksiin.

**Informaatioteknologian** keskeinen asema tulee korostumaan entisestään. Prosessorien laskentateho, tiedon varastointikyky ja tiedonsiirtokyky kasvavat ja massiiviset kymmenien tai jopa useampien ytimien moniprosessorointijärjestelmät arkipäiväistyvät. Tietoteknisten komponenttien koko ja energiankulutus laskevat. Tietotekniikka voidaan sulauttaa moniin tuotteisiin ilman, että se vaikuttaisi merkittävästi niiden kokonaishintoihin. Tietotekniikka tulee vaikuttamaan logistiikkaan välillisesti monin eri tavoin. Suoranaiset vaikutukset liittyvät muun muassa kulkuneuvojen energiatehokkuuteen, kuljetusten ja varastoinnin ohjaukseen sekä tuotteiden kulun seurantaan ja niiden elinkaaren hallintaan.

**Nanoteknologian** avulla voidaan valmistaa materiaaleja, joiden paksuudet mitataan nanometreissä (metrin miljardisosa). Alkuvaiheessa painopiste tulee olemaan uusien materiaalien ja kemikaalien kehittämisessä. Joillakin nanomateriaaleilla on täysin poikkeavia kemiallisia tai fysikaalisia ominaisuuksia, joita ei löydy luonnosta. Nanoteknologialla kehitetään monia uusia innovatiivisia tuotteita, joita voidaan käyttää sotilaallisiin sovellutuksiin. Varsinainen nanomekaniikka on vielä hyvin varhaisessa kehitysvaiheessa, mutta läpimurtoja odotetaan lähivuosina.

Idea mikrotehtaista on elätelty ainakin 1990-luvulta lähtien ja niiden prototyyppejä on esitelty ainakin Japanissa ja Sveitsissä. Pilottiprojekteissa pyritään esimerkiksi miniatyrisoimaan kellotehdas parin neliömetrin alalle. Vertailukohtana voidaan pitää suurten lukuisia ihmisiä työllistäneiden valokuvaboratorioiden muuttumista pieniksi valokuvaamojen takahuoneissa oleviksi kopiokoneiden kokoisiksi kehityskoneiksi. Tässä kyse on vasta mikromekaniikasta, mutta se näyttää myös nanoteknologian kehityksen suunnan.

Nanoteknologia mahdollistaa luonnon jäljittelemisen synteettisesti, samalla tehokkuudella ja taloudellisuudella. Nanoteknologia tulee aiheuttamaan kaikkien aikojen suurimman teknologisen muutoksen. Se sisältää myös riskejä, jotka liittyvät nanomateriaalien ympäristövaikutuksiin, biotekniisiin aseisiin ja itsensä monistuvuuteen. Sen vuoksi esimerkiksi eräät USA:n viranomaistahot ovat esittäneet vapaan nanotekniikan tutkimuksen kieltoa ja tutkimustoiminnan rajoittamisen vain viranomaisten valvomiin suljettuihin tutkimuslaitoksiin, mitä teollisuus ja akateemiset tahot puolestaan vastustavat. Tällaiset rajoitukset vaikeuttavat entisestään nanoteknologian kehityksen arviointia.

**Bioteknologia** käsittää monia hyvinkin erilaisia osa-alueita. Lääketieteelliset sovellukset mahdollistavat entistä tehokkaammin sairauksien ennaltaehkäisevän hoidon. Maataloudessa bioteknologia mahdollistaa entistä kestävämpien ja tuottavampien ravintokasvien kehittämisen. Bioteknologia tarjoaa myös uusia mahdollisuuksia ympäristötekniikalle. Sen avulla voidaan tehostaa saastuneiden maa-alueiden ja vesistöjen puhdistusta.

Lääketieteelliset sovellukset saattavat lisätä ihmisten fyysistä tai henkistä suorituskykyä ja kestävyyttä. Bioteknologia vaikuttaa suoraan tietotekniikkaan ja mahdollistaa nykyisin tiettyjen erikoismateriaalien tuottamisen nopeasti ja taloudellisesti. Esimerkiksi monet optroniikan erikoismateriaalit ja orgaaniset yhdisteet on löydetty luonnosta. Biotekniiikan käyttökohteina voisivat olla jatkossa esimerkiksi suurikapasiteettiset muistipiirit. Geneettisesti muunneltujen organismien ansiosta on mahdollista kasvattaa hyvin säännöllisiä ja rakenteeltaan monimutkaisia pinnoitteita ja rakenteita, joita ei voida tuottaa kemiallisesti tai koneellisesti.

**Kvanttimekaanisten** ilmiöiden merkitys osana muita teknologian aloja kasvaa. Jo tällä hetkellä niillä on vaikutusta tietotekniikkaan sekä nanotekniikkaan. Kvanttilaskennan kehityksellä – esimerkiksi tietyn tyyppisten matemaattisten ongelmien ratkaisut – saatetaan olla merkitystä esimerkiksi tietoliikenteelle ja salaustekniikalle. Kaikki tekniikan alat, joissa rakenteiden koot lähestyvät kvanttimekaanisia mittakaavoja, vaativat kvanttimekaanisten ilmiöiden huomioonottamista. Tietotekniikassa kehittymässä oleva spintroniikka on suoraan yhteydessä kvanttimekaniikkaan.

**Optroniikka** vaikuttaa muun muassa optiseen tietojenkäsittelyyn. Kehittynyt optroniikka on tulossa osaksi integroituja piirejä jo lähitulevaisuudessa, ja se mahdollistaa piirien suuremmat nopeudet ja pienemmän tehonkulutuksen. Tietoliikenteen kannalta sillä on suurta merkitystä. Nykyisin laajakaistaverkot perustuvat optiseen tiedonsiirtoon, mutta tietojenkäsittely päätelaitteissa ja kytkimissä on sähköistä. Tulevaisuudessa ainakin osa tietoliikenteessä käytetyistä laitteista voidaan toteuttaa optisina, edut ovat samoja kuin piiritasolla. Sotilaskäytössä optinen tietojenkäsittely vähentää laitteiden emittoimaa sähkömagneettista säteilyä, eikä kokonaan optisiin piireihin voida vaikuttaa elektronisen sodankäynnin avulla. Julkisten tietoverkkojen muuttuminen ADSL:stä optisiin verkkoihin vähentäisi myös yhteiskunnan tietojärjestelmien herkkyyttä sähkömagneettisille aseille, millä on merkitystä kansallisen huoltovarmuuden turvaamisen kannalta.

**Konvergenssi.** Kaikki viisi edellä mainittua teknologian alaa tulevat sulautumaan ainakin osittain toisiinsa vuoteen 2030 mennessä. Pitkällä tähtäimellä tietotekniikka mukaan lukien digitaali- ja ohjelmistotekniikka tulee lähentymään nanoteknologiaa, bioteknologiaa, kvanttimekaniikkaa ja optroniikkaa. Suuret yritykset kuten esimerkiksi IBM, Intel ja Texas Instruments tutkivat intensiivisesti uusia ratkaisuja, joiden avulla Mooren lain mukaista tietotekniikan kehitystä voidaan pitää yllä.

On todennäköistä että ainakin joihinkin tietotekniisiin laitteisiin tulee itsekorjautuvuutta tai vikasietoisuutta ja niiden suunnitteluparadigmat muuttuvat. Järjestelmien laajetessa virheettömän tuotteen aikaansaaminen tulee käytännössä teknisesti mahdottomaksi. Lisääntyvä kompleksisuus pakottaa järjestelmät sietämään entistä enemmän biologiasta

tuttua epätäydellisyyttä. Tämä tulee muuttamaan algoritmien ja toisaalta laitteistojen välisiä suhteita ja toteutusta. Tämä on jo nyt nähtävissä, kun tavanomainen tietotekniikka siirtyy kellotaajuuksien kasvatuksesta prosessoriytimien määrän lisääntymiseen. Laitteista tulee moniteknologisia ja entistä monimutkaisempia, jolloin niiden korjaaminen vaikeutuu huomattavasti ja riippuvuus suurista globaaleista yrityksistä tulee kasvamaan.

Osaamisen merkitys korostuu entisestään. Logistiikan kannalta kokonaiskehitys johtaa yhä suurempaan keskinäisriippuvuuteen ja huoltovarmuuden heikkenemiseen ainakin lähivuosikymmeninä. Pitkällä aikavälillä - hyvin karkeasti arvioiden kymmenien vuosien kuluttua – huoltovarmuus saattaa parantua, mikäli kehittynyt tekniikka mullistaa tuotannon ja vähentää ainakin osan logistisista ketjuista. Tällöin tarvitaan vain raaka-ainetta ja energiaa, välivaiheet jäävät pois. Joidenkin teknologioiden kehittyminen saattaa olla arvioitua nopeampaa, sillä muun muassa Suomessa tutkitaan jo nyt elektroniikan, optiikan ja muovivalun yhdistämistä.

### 9.2.2 Kehitys maailmalla

Teknologian kehitys vaikuttaa eri tavoin eri puolilla maailmaa. Monien logistiikkaan vaikuttavien teknologisten innovaatioiden merkitys on suurin tärkeimmässä teollisuusmaissa. Suurissa varastoissa robotiikka ja muu automaatio lisääntyvät. Tilaukset voidaan kerätä ja siirtää laivoille tai kontteihin lähes automaattisesti. Suomessa tämä on arkipäivää esimerkiksi virvoitusjuomateollisuudessa. Suuria yrityksiä lukuun ottamatta vastaava kehitys ei tule yleistymään samassa mitassa, koska kotimaiset volyymit ovat kuitenkin pieniä. Sotilaskäytössä ero on vieläkin suurempi. Yhdysvaltojen asevoimat siirtää suuria materiaalimääriä maapallon laajuudesta. Sille sotilaslogistiikka on mittavaa teollista toimintaa, jota voidaan tehostaa merkittävästi teknologian avulla. Suomessa toiminta perustuu eri puolille maata hajautettuihin varastoihin. Suurten armeijoiden käyttöön kehitetty varastotekniikka ei sovellukaan sellaisenaan suoraan Suomen olosuhteisiin.

Yhdysvalloissa tutkitaan tällä hetkellä joko kokonaan tai osittain autonomisia kuljetusjärjestelmiä, joiden käyttöönottoon pyritään jo 2010-luvulla. Tavoitteena on vähentää miehistötappioita. Suomessa kuljetukset tapahtuvat erilaisessa toimintaympäristössä (maasto ja ilmasto) ja kuljetuserät ovat pienempiä ja toiminta pyritään salaamaan, mikä asettaa miehittämättömille ajoneuvoille erityyppisiä suorituskykyvaatimuksia.

Kuljetusten ja varastoinnin teknologian kehittyminen vaikuttaa Suomessa epäsuorasti. Kehitys voi parantaa teollisuuden kykyä tukea maanpuolustusta kriisiolosuhteissa. Suomen erityisolosuhteiden vuoksi sillä ei ole kuitenkaan välttämättä kovinkaan suurta merkitystä puhtaasti sotilaalliselle logistiikalle aiemmin mainituista syistä. Nähtävissä olevassa tulevaisuudessa matala teknologia tulee muodostamaan kuljetusten ja varastoinnin selkärangan.

Logistiikan kehittyneet toimintatavat perustuvat teknologian tukeen automaatiolle ja yhteistoiminnalle. Toiminnan hajauttaminen, ennakoinnin kehittäminen ja eri osapuolien välisen yhteistyön synkronoinnin parantaminen tulevat vähentämään logistisia on-



gelmia. Osatekijöitä ovat järjestelmien ja infrastruktuurin yhteensulautuminen, sodankäynnin konseptien kehittäminen sekä infrastruktuurin ja liiketoiminnan säännöstöjen ja valvontamenettelyjen kehittäminen. Tavoitteena on tarvittavan informaation, prosessien ja teknisten järjestelmien sulauttaminen sekä strategisen, operatiivisen ja taktisen tason yhteistoimintaa tukevien teknologioiden käyttöönotto.

Logistiikan suorituskykyyn vaikuttavia teknologioita ovat muun muassa uudet energian tuottoon liittyvät teknologiat ja niiden kehittyneet sovellukset, langattomien tiedonsiirtojärjestelmien kehittyminen ja yhteensopivat tietojärjestelmät. Logistiikan suorituskyky muuttuu ennakoivaksi, operatiivista suunnittelua kiinteästi tukevaksi yhteiseksi suorituskyvyksi. Logistiikan suorituskyky mahdollistaa operatiivisella tasolla resurssien varmistamisen ja ohjaamisen sekä taktisen tason toiminnan edelleen kehittämisen.

Logistiikkajärjestelmien ongelmana on pitkään ollut huono tilannetietoisuus. Se heikentää muun muassa kykyä ennakoida kulutuslukuja, lisää kuljetusten viiveitä ja katkoksia, lisää kuljetuskustannuksia sekä heikentää hajauttamistehokkuutta. Perinteisiä parannusehdotuksia ovat olleet materiaaliarpeiden ennakointi, nopeammat ja edullisemmat kuljetukset, varastoinnin vähentäminen ja parempi kriittisten materiaalien tilannetietoisuus.

**Logistiikan nopeat toimintatavat (S&RL, Sense and respond logistics)** muuntavat pitkälle optimoidut toimitusketjut dynaamisesti ohjattaviksi logistiikkaverkoiksi. Verkostomainen logistiikka kykenee tukemaan esitettyjä taistelukentän olosuhteita ja samanaikaisesti pidättäytymään komentajan toiminta-ajatuksessa. Tällä varmistetaan operaatioiden sujuva eteneminen. Logistiikan nopeiden toimintatapojen ja niihin liittyvän infrastruktuurin sekä tekniikan tulee pienentää toiminnan riskiä ja vähentää resurssitarpeita. Logistiikkajärjestelmän tulee säilyttää toimintakykynsä myös resurssi- ja tietopuutteiden sekä tiedonvälityksen katkosten aikana.

Tulevaisuudessa haasteena on puolustusvoimien ja muun yhteiskunnan suorituskykyjen yhteiskäytön edelleen kehittäminen. Tämä edellyttää uuden teknologian suunnitelmallista käyttöönottoa yhteiskunnan, elinkeinoelämän ja puolustusvoimien logistiikkajärjestelmissä. Tarvittavat toimenpiteet tulee tuottaa osana kansallisen tason kokonaisuushittämistä.

Nopean toiminnan mahdollistavat järjestelmäratkaisut perustuvat verkosto-operaatioita tukeviin teknologioihin. Käyttöönotettavat ratkaisut ja aikataulu määräytyvät kansainvälisen infrastruktuurin yhteensulautumisen etenemisen mukaisesti. Käyttöönotettavan teknologian tulee tukea puolustusvoimien, yhteiskunnan ja elinkeinoelämän suorituskykyjen edelleen kehittämistä ja kokonaisratkaisun käyttöönottoa.

## 9.3 Huoltojärjestelmien kehittyminen

### 9.3.1 Täydennysjärjestelmät

Teknologian kehitys mahdollistaa siirtymisen perinteisestä ketjuajattelusta verkostojen hallintaan, jolloin voidaan hyödyntää muun muassa neurolaskentaa ja itseohjautuvuutta. Käyttöön saadaan kehittyntä informaatioteknologiaa ja älykkäitä rahdinkäsittelyteknologioita. Ne mahdollistavat tilausten automatisoinnin entisestään ennakkovaroitusten ja ennusteiden avulla. Tilannekuvan parantumisen myötä myös kustannusten kasvua saadaan rajoitettua, koska toimittajat saavat entistä luotettavimmat tiedot ja arviot.

Täydennyksissä esimerkiksi RFID-tekniikan (RFID, Radio frequency identification) käyttöönotto laajenee 2010-luvulla. Niiden avulla voidaan seurata tarkasti ja reaaliajassa työkalujen, ajoneuvojen, perävaunujen, konttien ja materiaalin sijainnin lisäksi kuntoa ja kuormatietoja. Tilaus-toimitusketjut tulevat kehittymään hyvin läpinäkyviksi riippumatta siitä, onko materiaali Suomessa tai ulkomailla.

RFID:tä hyödynnetään erityisesti arvokkaan ja anastusherkan sekä yksilöseurattavien tuotteiden seurannassa. RFID:hen voidaan yhdistää monipuolinen olosuhdeseuranta (lämpötila, kosteus, valo, värinä). Kansainvälisesti RFID:tä pystytään hyödyntämään eri verkostoissa, eikä siihen tarvita pelkästään omia kansallisia järjestelmiä.

Robottiikan kehitys mahdollistaa tulevaisuudessa automaattisen materiaalin lastauksen ja purkamisen. Sensorien avulla puolestaan voidaan seurata varastoitavan materiaalin olosuhteita. Seuranta on sekä tuotteissa että varastoissa ja osittain mukana itse tuotteissa. Materiaalista saadaan lähes reaaliaikaiset paikka- ja olosuhdetiedot, joita voidaan hyödyntää sekä operatiivisella että taktisella tasolla.

### 9.3.2 Kunnossapitojärjestelmät

Nanoteknologian avulla voidaan parantaa erilaisten materiaalien ja pinnoitteiden ominaisuuksia merkittävästi. Esimerkiksi käyttämällä nanorakenteisia keraamikomposiittipinnoitteita voidaan lisätä materiaalien käyttölämpötilojen, kemikaalien ja korroosionkestävyyttä. Lisäksi voidaan saavuttaa hyvä kulumiskestävyys, suuri kovuus sekä hyvä sähkön ja lämmön eristävyys. Käytännön hankaluuksia metallin pinnoittamisessa keraamilla ovat taas hauraus, vähäinen elastisuus ja lämpölaajenemiskertoimien erilaisuus. Tämän vuoksi pinnoitteet kestävät huonosti nopeita lämpötilavaihteluita.

Ominaisuuksia voidaan parantaa ratkaisevasti, kun optimoidaan pinnoitteen mikro-rakennetta. Esimerkiksi nanokiteisyydellä voidaan lisätä keraamimateriaalien sitkeyttä ja niiden kovuutta, jolloin kulumisominaisuudet paranevat. Nanometriluokan metallipartikkelit keraamimateriaalissa parantavat ominaisuuksia vielä enemmän kuin pelkkä keraamin nanokiteisyys.

Kunnossapidon osalta nanoteknologialla tulee tulevaisuudessa olemaan suuri, erilaisten materiaalien, koneiden ja laitteiden korjaustarvetta vähentävä merkitys. Esimerk-

keinä voidaan mainita aseiden piippujen pinnoittaminen uusilla materiaaleilla, jolloin ne kestävät suurempia laukausmääriä ja suurempaa tulinopeutta luodin kitkan ja siitä aiheutuvan kulumisen pienentyessä. Toisena esimerkkinä voi mainita erilaisten uusien pinnoitteiden käyttämisen ajoneuvojen liikkuvissa osissa jolloin myös voidaan vähentää kulumista ja sitä kautta korjaustarvetta.

Sotavarustejärjestelmät monimutkaistuvat edelleen, mutta toisaalta komponentit ovat tulevaisuudessa entistä paremmin varmennettuja ja kestävämpiä. Vaikka kehittyvä teknologia mahdollistaa nopean ja tarkan vikapaikannuksen, niin kunnossapito ja korjaaminenkin monimutkaistuvat kehitettäessä entistä suurempia moniteknologia-kokonaisuuksia.

Järjestelmiin tulee lisää sumeaa logiikkaa mahdollisten vikojen kiertämiseksi. Samoin niihin tulee entistä enemmän elektroniikkaa. Erilaisten järjestelmien virrankulutus pienenee ja toisaalta virtalähteet kehittyvät, jopa aurinkoenergian käyttö tulee lisääntymään. Perinteinen kenttähuolto kehittyy siten, että laitteet ja järjestelmät edellyttävät entistä syvempää ja toisaalta kapea-alaisempaa osaamista, jota pitää hankkia yhä enemmän laitevalmistajilta.

Tiedon määrän ja merkityksen kasvu tulevaisuuden järjestelmissä aiheuttaa uusia riskejä logistiikalle. Tietotekniikkaa kehitty nopeasti ja uudet järjestelmäpäivitykset sekä entistä tehokkaammat komponentit lyhentävät laitteiden kokonaiselinjaksoa, tai ainakin asettavat uudenlaisen haasteen elinjakson hallinnalle. Järjestelmiin ei ole mahdollista hankkia varaosia tuottajilta kuten nykypäivänä. Varaosapoolit keskittyvät edelleen nykyisestä eikä varaosia valmisteta nykyisellä tavalla varastoon vaan ne tuotetaan entistä enemmän tarpeen mukaan.

Koneiden käytettävyyttä optimoidaan kehittämällä ja soveltamalla kitkan ja kulumisen hallintaan, voitelutekniikkaan, kunnonvalvontaan ja diagnostiikkaan liittyviä teknologioita. Lisäksi kehitetään myös koneiden elinkaaren kattavaa tiedonhallintaa, jonka avulla jalostetaan ja yhdistetään antureilta saatava mittaustieto ohjausjärjestelmän ja kunnossapitojärjestelmän tietoihin sekä laitteiston virheilmoitustiedostoihin ja vikamalleihin.

Informaatioteknologian tuki kunnossapidolle tulee tulevaisuudessa lisääntymään. Maailmalla kehitetään jatkuvasti erilaisia kannettavia tai puettavia tietokoneita, jotka mahdollistavat yhtäaikaisen tietojenkäsittelyn ja muun toiminnan. Yhdysvaltain asevoimien käytössä olevalla Nomad-tietokoneohjelmalla tuetaan kaluston kunnossapitoa ja korjauksia. Järjestelmään kuuluu palvelin ja käyttöpääte, jotka ovat verkon kautta yhteydessä toisiinsa. Käyttöpäätteen avulla kunnossapitohenkilöstö voi selata huolto- tai korjausohjeita tai olla yhteydessä tukihenkilöihin. Tarvittavat tiedot ilmestyvät asentajan näyttöpäätteelle, joka on asennettu hänen toisen silmänsä eteen. Näin korjaaja voi samalla selata ohjeita, kysyä neuvoja ja tehdä tarvittavia korjaustoimenpiteitä tarvitsematta jatkuvasti selata kunnossapito-ohjeita. Näyttöpääte mahdollistaa ”läpikatsomisen” ja näyttö on luettavissa kaikissa valaistusolosuhteissa. Näin korjaajan molemmat kädet ovat vapaat työskentelyyn ja silti hän voi seurata samaan aikaan ohjeita tai asennuskaavioita. Lähivuosina vastaavat järjestelmät tulevat yhä laajempaan käyttöön ja kehittyvät edel-

leen. Tulevaisuudessa järjestelmät mahdollistavat myös esimerkiksi erilaisten diagnostiikka- ja korjausohjelmien lähettämisen verkon kautta korjattavaan kohteeseen.

### 9.3.3 Kuljetusjärjestelmät

Maakuljetusvälineiden kapasiteetti tulee kasvamaan ja yksittäisten laitteiden määrä vähenee. Ajoneuvojen omaa massaa pyritään tulevaisuudessa pienentämään, jotta hyötykuormaa saadaan enemmän. Uudet materiaalit ja materiaalitekniikat mahdollistavat kevyempien ajoneuvojen rakentamisen. Samalla kehitetään materiaaleja, jotka suojaavat ajoneuvoa ja sen miehistöä nykyistä tehokkaammin.

Yksittäisen entistä suuremman kapasiteetin omaavien laitteiden tai ajoneuvojen merkitys tulee kasvamaan. Kuljetusvälineet on kyettävä pitämään liikkeessä tai ainakin toimintakykyisinä. Ajoneuvoihin tulee pimeänäkölaitteet tai muut pimeätoiminnan mahdollistavat välineet. Miehitettävien ajoneuvojen määrä lisääntyy taisteluteknisellä tasolla. Niitä voidaan johtaa ihmisen ohjaamalla johtoautolla (seurataan johtoautoa) ja osin ne kykenevät itsenäiseen hahmon- ja reitintunnistukseen.

Moduulijärjestelmiä kehitetään ajoneuvojen käytön tehostamiseksi ja logistiikan toimivuuden parantamiseksi. Konttijärjestelmiä standardoidaan ja kehitetään yhä erilaisempia erikoiskontteja. Kontteihin ja kuljetuspakkauksiin lisätään tai liitetään aktiivisesti viestivää elektroniikkaa tarkkailemaan ja varmistamaan kuljetuksen ja kuljetettavan tuotteen laatua sekä perillemeno.

Superkondensaattoreista kehitetään kuljetusvälineisiin ympäristöystävällisiä energia-varastoja. Monipuoliset hyödyntämismahdollisuudet, kasvava suorituskyky ja laskeva hinta ovat luoneet superkondensaattoreille korkeat kaupalliset odotukset. Energiavarastona toimivat superkondensaattorit sijoittuvat teho- ja energiatiheydeltään perinteisten kondensaattoreiden ja akkujen väliin. Käytännön hyödyntämiskohteita ovat sähkökäyttöiset kulkuneuvot, nostokoneet, UPS-järjestelmät sekä muut varavoimaa tarvitsevat laitteistot.

Bensiinin ja dieselöljyn tilalle kehitetään jatkuvasti vaihtoehtoisia polttoaineita, kuten esimerkiksi kaasuja, alkoholeja ja kasviöljyjä. Näiden polttoaineiden laajamittaisessa tuotannossa ja jakelussa on vielä sekä teknisiä että taloudellisia ongelmia. Maailman öljyvarantojen hupeneminen ohjaa ja pakottaa keksimään tilalle uusia ratkaisuja. Samalla uusia polttoaineita kehitetään entistä ympäristöystävällisemmiksi.

Vetymoottorit ovat uusi tekninen ratkaisu kulkuneuvoihin. Vedyn polttaminen ei tuota hiilidioksidipäästöjä ja muutkin pakokaasupäästöt ovat hyvin alhaiset. Hybridiajoneuvoissa puolestaan käytetään rinnakkain polttomoottoria ja polttokennoa. Ne ovat energiatehokkuudeltaan huonompia kuin sähköautot. Vedyn käsittely ja jakelun ongelmat hidastanevat vetymoottorien ja hybridiautojen laajaa leviämistä.

Ajoneuvojen modulointi vähentää erilaisten alustarakaisujen määrää ja siten helpottaa kunnossapitotoimintaa. Sähköisten voimansiirtojärjestelmien hyödyntäminen ajoneu-

voissa vähentää liikkuvien ja sitä kautta kuluvien osien määrää. Huoltovälit pitenevät ja komponenttien vaihdon tarve vähenee. Polttokennojen ja erilaisten tehokkaiden energianvarastointijärjestelmien kehittyminen mahdollistaa entistä pidemmät toimintaajat.

### 9.3.4 Lääkintähuollon järjestelmät

Lääkintähuoltoon vaikuttavien teknologioiden kehitys mahdollistaa painopisteen siirtämisen nykyistä enemmän hoidosta ehkäisyyn. Kenttälääkinnässä on mahdollista hyödyntää teknologiaa ja sen kehitystä (tietoteknologia ja apuvälineteknologia) nykyistä enemmän. Bioteknologian lääketieteelliset sovellukset yhdistettynä erikoismateriaalien käyttöön parantavat potilaiden hoitotasoa ja lisäävät henkiinjäämisen mahdollisuuksia. Kehityksen avulla voidaan vähentää tai ainakin lyhentää sotilaiden poissaoloa rivistä muun sairauden kuin haavoittumisen takia sekä lyhentää haavoittuneiden hoitoaikoja. Ensihoito kyetään aloittamaan nykyistä aikaisemmin ja monipuolisemmin.

Lääkekehitys suuntautuu entistä voimakkaammin elintapasairauksien ja niiden riskitekijöiden hoitoon, ja esimerkiksi täysin uusia bakteereihin tai viruksiin vaikuttavia antibiootteja on näköpiirissä varsin vähän. Farmaseuttisteknisesti painopiste on siirtymässä perinteisistä lääkemolekyyleistä bioteknologisesti valmistettuihin lääkkeisiin. Solu- ja molekyylibiologian kehitys on tuottanut uusia keinoja ihmiskehon sairauksien ja toimintahäiriöiden hoitoon. Pitkälle kehitetyssä terapiassa (Advanced Therapies) käytettävien lääkkeiden (geeniterapia, somaattinen soluterapia ja kudostuokkaus) terapeuttisia läpimurtoja on odotettavissa lähivuosina. Nämä uudet innovaatiot voivat sisältää lääkinnällisiä laitteita tai aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita.

Kudostuokkateknologian piiriin kuuluvat kantasolut, bioaktiiviset materiaalit, solusiirteet ja keinokudokset. Kantasoluihin kohdistuvat ehkä suurimmat tulevaisuuden kehitysodotukset, mutta erityisesti alkioiden kantasolujen käyttöön liittyy myös monitahoisia ja vaikeitakin eettisiä kysymyksiä. Kantasolututkimus tuo uusia mahdollisuuksia erityisesti kroonisten sairauksien hoitoon. Kantasolujen lisäksi kudossolujen kasvua ja erilaistumista ohjaavat bioaktiiviset materiaalit mahdollistavat elimistön omien, esimerkiksi rustokudossolujen kasvattamisen elimistön ulkopuolella ja siirtämisen takaisin palauttamaan ja tukemaan kohdekudoksen toimintaa. Keinokudoksen käyttö tarjoaa uusia hoitomuotoja, kuten esimerkiksi keinoihon käyttö palovammojen hoidossa. Nanoteknologian kehitys mahdollistaa lisäksi esimerkiksi kehon ja elimistön tarkkailun ja varoittamisen vammojen ja sairauksien varalta.

Bioteknologian sekä kirurgian kehittyminen asettavat vaatimuksia ensihoitohenkilöstön osaamiselle sekä varustukselle. Perinteinen ensiside, lääkintälaukku ja lääkintämies–yhdistelmä on tullaan korvaamaan lääkintähuollon ammattilaisella, jolla on hallussaan entistä kalliimpaa ja kehittyneempää lääkintäteknologiaa ja sen tuotteita. Tarvittavan osaamisen varmistaminen edellyttääkin entistä syvempää verkottumista yleisen terveydenhuollon kanssa henkilöstön saamiseksi ja sen osaamisen varmistamiseksi.

Informaatioteknologia tulee radikaalisti muuttamaan siviilimaailman lääkintähuollon rakenteita ja toimintatapoja, mutta läpimurto tapahtunee vasta seuraavien 5–10 vuoden aikana. Sotilaiden potilaskertomukset, sairaushistoria, lääkitykset, laboratoriotutkimukset, röntgen- ja muut kuvat voidaan sijoittaa esimerkiksi taistelijan tunnistamiseen tai ne voidaan saada hoitohenkilöstön käyttöön langattomilla päätelaitteilla paikasta ja ajasta riippumatta.

Lääketieteellinen mittaus muuttuu tietokoneen ohjaamaksi potilasvalvontajärjestelmäksi, jossa signaalien rekisteröinti, analysointi, tulkinta ja tarvittaessa hälytys on automatisoitu. Diagnostisten laitteiden älykkyys kasvaa ja niitä yhdistetään langattomasti toisiinsa ja edelleen sairaaloiden potilastietojärjestelmiin (esimerkiksi langaton, implantoitava ja puettava teknologia). Terveydenhuolto tulee oleellisesti ajasta ja paikasta riippumattomaksi telelääketieteen ansiosta.

Nanoteknologia avaa uusia mahdollisuuksia myös uudenlaisten lääkkeiden kehittämisessä. Nanokoko voi mahdollistaa lääkeaineen kohdentamisen elimeen, kudokseen tai soluun, lisätä lääkeaineen tehoa muuttamalla farmakokineettisiä ominaisuuksia ja suojata lääkeainetta kemialliselta hajoamiselta säilytyksen aikana ja elimistössä. Nanopartikkelien avulla voidaan antaa paikallisesti, suun kautta tai laskimoon pienimolekyylisiä lääkeaineita, peptidejä, proteiineja, antisensenukleotideja ja geenejä. Tämän ansiosta nanopartikkelit sopivat lukuisien yleisten sairauksien, kuten syövän, infektioiden, aineenvaihduntasairauksien (diabetes, osteoporoosi) ja autoimmuunisairauksien hoitoon. Tiedot nanolääkkeiden farmakokinetiikasta ja niiden pitkäaikaisvaikutuksista ovat kuitenkin vielä puutteellisia.

Poikkeusoloissa informaatioteknologia helpottaa puolustusvoimien lääkintähuollon tilannekuvan reaaliaikaista muodostamista, ja siten parantaa tilannetietoisuutta. Haasteeksi jää informaatiovirtojen perillepääsy elektronisen sodankäynnin aikana ja tarvittavan salauksen suoritus. Puolustusvoimien lääkintähuollon integraatio yleiseen terveydenhuoltoon syvenee ja jatkuu, jolloin haasteeksi tulee tietovarantojen sekä tiedonsiirron yhteentoimivuus ja rajapintojen hallinta sekä normaali- että poikkeusoloissa.

Lääkäritasoinen ensihoito tai ensiapu kyetään ulottamaan joko suoraan tai erilaisten tiedonsiirto- ja välitysjärjestelmien avulla välillisesti aivan taistelutekniselle tasolle sekä etulinjassa että sivustassa tai selustassa.

Lääkintähuollon kehittynyt teknologia tulee lisäämään kenttälääkinnän kustannuksia ja huoltotarvetta sekä osaamisen vaatimuksia melkoisesti nykyisestä. Lääkintähenkilöstön koulutuksessa tapahtuva yhä aikaisempi erikoistuminen tulee lisäämään tarvetta sijoittaa useampia henkilöitä tehtävään, jota nykypäivänä hoitaa vain yksi henkilö. Elektroniikan ja muiden herkkien lääkintälaitteiden huolto ja kunnossapito sekä niiden virran saanti tulee muodostamaan myös kasvavan haasteen.

### 9.3.5 Huoltopalveluiden järjestelmät

Kenttämuonituksen tulevaisuuden haasteena on huolehtia nykyistä pienemmästä määrästä sotilaita entistä laajemmalla alueella. Puolivalmisteet tai ”lämmitykset ja nautit”- tyyppiset ruoat korvaavat perinteiset raaka-aineista kenttämuonituksessa valmistettavat ruoat. Perusyksikön muonittamiseen kehitetään monipolttoainekäyttöisiä keittimiä, joilla ruoka voidaan valmistaa nykyistä helpommin ja nopeammin puolivalmisteista. Taistelumuonat tulevat kehittymään entistä pienemmiksi, helpommin valmistettaviksi ja kauemmin sekä paremmin säilyviksi. Funktionaalisten elintarvikkeiden käyttö tulee lisääntymään ja niitä kehitetään ylläpitämään taistelujoukkojen suorituskykyä ääriolosuhteissa (kylmyys tai kuumuus). Pakkausmenetelmiä kehitetään ja aktiivipakkauksilla voidaan esimerkiksi muuntaa tuotteiden maku- ja säilyvyysominaisuuksia.

Ympäristöarvot tullaan tulevaisuudessa ottamaan huomattavasti nykyistä voimakkaammin huomioon. Tämä saattaa vaikuttaa esimerkiksi siten, että ympäristöä kuormittavia teknologiaratkaisuja ei oteta käyttöön yhtä laajasti kuin mahdollista. Samoin ympäristöteknologian käyttö laajenee.

Vesihuolto kehittyy uudentyyppisten tehokkaiden suodatin- ja puhdistuslaitteistojen ansiosta. Niiden avulla voidaan entistä tehokkaammin tuottaa talous- ja juomavettä esimerkiksi jätevedestä tai merivedestä. Veden ja hygienian testausmenetelmiä kehitetään entistä luotettavammiksi ja nopeammiksi siten, että käyttäjätasolla saa itse pikatesteillä tulokset muutamissa tunneissa.

Yksittäisen taistelijan vaatetusta voidaan kehittää älykkäillä tekstiileillä, jotka reagoivat esimerkiksi kehon- ja ulkolämpötilan muutoksiin. Niiden avulla voidaan seurata henkilön väsymystä, nestetasapainon säilymistä, stressiä ja yleensä suorituskykyä. Teknologia mahdollistaa hälytysrajojen asettamisen unen tai nesteen puutteen takia.

Taisteluasun luodinkestävyyttä voidaan parantaa täysin uudentyyppisillä suojamateriaaleilla. Yhdessä kehitteillä olevassa konseptissa suojaus perustuu silikoniöljyssä oleviin rautahiukkasiin, jotka kovettuvat nestemäisestä muodosta kiinteäksi suojaksi millisekunneissa, kun materiaaliin kohdistuu magneettikenttä tai siihen johdetaan virtaa. Materiaalin kovuus ja siten suojaustehokkuus kasvaa magneettikentän tai virran kasvaessa. Suoja palautuu takaisin nestemäiseen muotoon heti, kun magneettikenttä tai sähkövirta lakkaa vaikuttamasta siihen. Kyseinen suoja-aine voidaan sijoittaa suojaliiviin ommeltaviin taskuihin ja suoja-aineen toimintaa ohjataan itsenäisellä tietojärjestelmällä, joka muodostaa tarvittavan käyttöenergian havaitessaan ballistista uhkaa. Tutkijat kuitenkin uskovat suojamateriaalin saavuttavan täydellisen luodinkestävyuden aikaisintaan 5–10 vuoden kuluttua.

Henkilökohtaisten suojavälineiden määrä kasvaa ja kaikille sotilaille voidaan jakaa nykyistä sirpalesuojaliiviä paremman suojan antava, entistä kevyempi ja elastisempi suojaruutu. Ei-tappavan aseistuksen käyttö laajenee, mikä lisää vastaavan suojan tarvetta. Taistelijan varustuksen ja taisteluasujen monimutkainen ja kallis teknologia vaikeuttaa varustuksen vaihtoa ja kunnossapitoa kenttäolosuhteissa.

### 9.3.6 Logistiikan johtamisen järjestelmät

Elektronisen sodankäynnin uhka logistiikan ohjausjärjestelmille ja tietoliikenteelle tulee kasvamaan teknologian kehittymisen myötä. COTS-teknologian (COTS, commercial off-the-shelf eli kaupallinen hyllyltä ostettava tuote) käytön lisääntyminen puolustusvoimissa strategiset kumppanit ml lisäävät logistiikan ohjaus- ja hallintajärjestelmien haavoittuvuutta elektroniselle sodankäynnille. Kaupalliset järjestelmät eivät ole kovin hyvin suojattuja ja ne ovat haavoittuvia tiedustelulle ja elektroniselle vaikuttamiselle. Vastustajan kannalta verkkosodankäynti yhteiskunnan kriittisiä rakenteita – esimerkiksi logistiikan ja yhteiskunnan huoltovarmuuden ohjaus- ja hallintajärjestelmiä – vastaan on helpompaa ja riskittömämpää kuin suora tai fyysinen vaikuttaminen.

Logistiikkajärjestelmän osien johtamisessa voidaan turvautua vapaasti ja dynaamisesti muodostettaviin verkkoihin, joiden tuhoaminen on vaikeaa, yksittäisten solmujen vaurioituminen ei vahingoita koko järjestelmää ja toisaalta lähetystehot voidaan pitää pieninä. Tämä koskee RFID-teknikkaa ja sen taustajärjestelmiä, erilaisia materiaalihallinnon ja toiminnan ohjausjärjestelmiä (puolustusvoimissa esimerkiksi SAP) sekä muita logistiikan tietojärjestelmiä.

Tiedonsiirtoteknologia ei ole jatkossa enää pullonkaula, vaan kaikki tarvittava tieto voidaan siirtää. Proaktiivinen tietotekniikka lisääntyy, jolloin osa tietojärjestelmistä toimii taustalla eikä käyttäjän tarvitse puuttua niihin aktiivisesti.

## 9.4. Lopuksi

Tekniikka ja tekninen kehittyminen ei saa sokaista suunnittelua niin, että logistisen järjestelmän haavoittuvuudet esimerkiksi asymmetristä sodankäyntiä kohtaan unohdetaan. Kehityksessä voi olla vaarana, että kehitetyn entistä paremman suorituskyvyn kylkiäisenä syntyy uusia haavoittuvuuksia ja kokonaisuuden kannalta muutos on negatiivinen. Kehitystyössä tulisi usein olla mukana osittain ulkopuolinen opposentti, joka yrittää aktiivisesti tunnistaa uusien ratkaisujen heikkouksia – kehitysryhmät itsessään ovat usein jossain määrin sokeita tuotteidensa tai ratkaisujensa heikkouksille. Logistiikassa monet ratkaisut, jotka tuovat suurta hyötyä siviilipuolella rauhan olosuhteissa, saattavat lisätä sotilaslogistiikan haavoittuvuutta kriisiolosuhteissa. Tehokkuuden ja kilpailukyvyn kasvattaminen heikentävät usein häiriönsietokykyä.

Logistiikan kehitys riippuu viime kädessä maailmantaloudesta. Taloudelliset ja poliittiset reunaehdot sanelevat sen, miten uusinta tekniikkaa sovelletaan logistiikan tarpeisiin. Hyvin toimivat logistiikkaverkostot ja niihin kuuluva infrastruktuuri ovat yhteiskuntamme perusedellytyksiä, ja maamme huoltovarmuus perustuu niihin. Logistiikka nojaa tulevaisuudessa yhä enemmän tietoliikenteeseen ja tietoverkkoihin. Modernista yhteiskunnasta ja sen osana logistiikkaverkostoista tai koko alasta on tullut aiempaa haavoittuvampi ja herkempi ulkoisille vaikutuksille.





ISBN 978-951-25-1891-3  
ISSN 1457-3938



**Puolustusvoimien Teknillinen  
Tutkimuslaitos**  
PL 5, 34111 Lakiala  
Suomi ▶ Finland

**Puh.** (03) 181 53211  
**Fax** (03) 181 53486  
[www.mil.fi/laitokset/pvtt](http://www.mil.fi/laitokset/pvtt)

▶ [www.mil.fi](http://www.mil.fi)