

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

TAISTELIJA 2020 – TULEVAISUUDEN KÄRKITAISTELIJA

Pro Gradu - tutkielma

Kapteeni  
Tapio Saarelainen

Tutkinnon täydentäminen  
Maasotakoulu

Kesäkuu 2006

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Tutkinnon täydentäminen	Linja Maavoimalinja	
Tekijä kapteeni Tapio Saarelainen		
Tutkielman nimi Taistelija 2020 – tulevaisuuden kärkitaistelija		
Oppiaine, johon työ liittyy Tekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (Mpkk:n kirjasto)	
Aika: kesäkuu 2006	Tekstisivuja 143	Liitesivuja 5
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Tulevaisuuden taistelijaa varustettaessa on huomioitava taistelukentän uhkakentän muutos ja uhkakuvien määrä. Taistelujen tempo kiihtyy ja uhkakuvien kirjo lisääntyy taistelijoiden lukumäärän pienentyessä. Koneiden lukumäärä ja tyyppi kasvavat, yhteistoiminta vähenevien taistelijoiden ja koneiden kanssa lisääntyy. Erilaisilla taistelijaan asennettavilla päätelaitteilla pyritään saamaan taistelijalle lisää suorituskyykyä. Taistelijan tilannetietoisuuden parantaminen on keskeinen tavoite.</p> <p>Työn tavoitteena on luoda käsitys lisääntyvien päätelaitteiden vaikutus taistelijaan ja hänen kykyynsä suoriutua taistelutehtävistä tulevaisuudessa. Tutkimuksen pääongelmaksi muodostuu taistelijan toimintakyvyn lisääminen parantuvan tilannetietoisuuden ja teknologian avulla. Taistelijasta on saatava lisää suorituskyykyä yhä lyhyemmässä ajassa, kaikissa olosuhteissa. Tulevaisuuden teknologioiden ja materiaalien asema on keskeinen varusteiden kehitystyössä.</p> <p>Tutkimuksen tärkeimmät lähteet ovat Sotatekninen arvio ja ennuste (STAE 2020) I ja II osa sekä aiemmat Sotatekniset arviot ja ennusteet. Keskeisiä lähteitä ovat Maanpuolustuksen Tieteellisen Neuvottelukunnan (MATINE) kokouspöytäkirjat, muistiinpanot niissä ja raportit. Tietoja on täydennetty haastatteluilla.</p>		
Avainsanat Tulevaisuuden taistelija, suorituskyyky, teknologiat, tilannetietoisuus, sota		

# TAISTELIJA 2020 – TULEVAISUUDEN KÄRKITAISTELIJA

<b>LYHENTEET</b>	<b>3</b>
<b>TAISTELIJA 2020 – TULEVAISUUDEN KÄRKITAISTELIJA</b>	<b>5</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
1.1 Tutkimuksen tausta, päämäärät ja rajaukset	5
1.2 Tutkimuksen rakenne ja keskeisimmät käsitteet	8
1.3 Tutkimusongelmien asettelu	12
1.4 Aiheen lähestymistapa ja tutkimusmenetelmät	14
<b>2 TAISTELUKENTÄN, OLOSUHTEIDEN JA KÄYTTÄJIEN ASETTAMAT VAATIMUKSET TAISTELIJAN VARUSTEILLE</b>	<b>16</b>
2.1 Nykyaikaisen taistelukentän ja kriisialueen kuva	16
2.2 Sodan kuva, strateginen näkökulma	19
2.3 Sodan kuva, operatiivinen näkökulma	21
2.4 Asutuskeskus taisteluympäristönä	24
2.5 Kriisinhallintatehtävät	26
<b>2.6 TULEVAISUUDEN ASEVAIKUTUKSET TAISTELIJAAN</b>	<b>26</b>
2.6.1 Taistelija yksittäisenä maalialkiona	27
2.6.2 Sirpalevaikutus	31
2.6.3 Luotien vaikutus	36
2.6.4 Paineen vaikutus	40
2.6.5 Poltto-, ääni-, isku- ja täryvaikutus	41
2.6.6 Säteily- ja sokaisun ja elektromagneettisen pulssin vaikutus	44
2.6.7 Myrkytysvaikutus	46
2.6.8 Ei tappavat aseet (Non-Lethal-Weapons)	48
2.6.9 Olosuhteiden ja ilmaston aiheuttamat vaikutukset	50
2.6.10 Maaston ja heijastusominaisuuksien aiheuttamat vaikutukset	53
2.7 Käyttäjän asettamat vaatimukset varusteille	58
2.8 Johtopäätökset	59
<b>3 VAATIMUKSET TAISTELIJAN JÄRJESTELMÄLLE</b>	<b>62</b>
3.1 Johdanto	62
3.2 Johtamis- ja tiedustelujärjestelmä	63
3.3 Paikantamisjärjestelmät	66
3.4 Taistelijan vaatetusjärjestelmä	68
3.5 Taistelijan asejärjestelmät	71
3.6 Taistelijan energia	82

3.7	Johtopäätökset	2 88
4	<b>TAISTELIJAN APUVÄLINEET JA MATERIAALITEKNOLOGIA</b>	<b>91</b>
4.1	Johdanto	91
4.2	Miehittämättömät ilma-alukset	92
4.3	Miehittämättömät maa-ajoneuvot	93
4.4	Materiaalitekniikka ajoneuvotekniikoissa	97
4.5	Materiaalitekniikka taistelijan varusteissa ja vaatetuksessa	98
4.5.1	Näytöt ja päätelaitteet	99
4.5.2	Älykkäät materiaalit	102
4.5.3	Nanomateriaalit	104
4.5.4	Polymeerimateriaalit	105
4.5.5	Ballistiset materiaalit	107
4.5.6	Komposiittimateriaalit	107
4.6	Johtopäätökset	111
5	<b>TAISTELIJAN JÄRJESTELMÄ 2020 KOKONAISUUS</b>	<b>114</b>
5.1	Kärkitaistelija 2020 - taistelijan järjestelmän tavoitetila	114
5.2	Taistelijan fyysinen kuormittuminen	122
5.3	Taistelijan henkinen kuormittuminen	123
5.4	Haasteet ja ratkaisut	124
5.5	Johtopäätökset	128
6	<b>YHDISTELMÄ</b>	<b>139</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>143</b>
	<b>LIITTEET</b>	<b>148</b>

## LYHENTEET

ABC-	<i>atomic (nuclear), biological and chemical</i> , käytetään myös lyhennettä NBC-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	alumiinioksidi, keraami (vanhin ja käytetyin)
AP	<i>armour piercing</i> , panssariluoti
B <sub>4</sub> C	boorikarbidi, panssarimateriaali
BMS-ULCAS Screen,	<i>Barracuda Multispectral Ultra Lightweight Camouflage</i> naamioverkkomateriaali
CO	puuvilla, kuitukangasmateriaali
EDTA	etyleenidiamiinotetraetikkahapon dinatriumsuola
FMJ	<i>full metal jacket</i> , täysvaippaluoti
HPM	<i>high power microwawe</i> , mikroaalto
LASER	<i>light amplification by stimulated emission of radiation</i>
LWIR	<i>long wawelenght infrared</i> , 8 - 12 mikrometrin ikkuna
MWIR	<i>mid wawelenght infrared</i> , 3 - 5 mikrometrin ikkuna
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organisation</i> , Pohjois-Atlantin Liitto
NIR	<i>near infrared</i> , lähi-infrapuna-alue 750 - 2500 nanometriä
PA	polyamidi, kuitukangasmateriaali
1PBI	polybenzimidazoli, palosuojattu kuitu
PBO	poly-p-fenyleeni(2,6)-bentsobisoksatsoli, kuitu
PBZT	poly-p-fenyleenibentsobistiatsoli, kuitu
PCM-	<i>Phase Change Materials</i> , faasia muuttavat materiaalit
PES	polyesterisatiini, kuitukangasmateriaali
PPD/3,4POP-T	poly-p-fenyleeni(3,4)-oksidifenyleenitereftaalamidi, aramidikuitu
PPTA	poly-p-fenyleenitereftaalamidi, aramidikuitu
RADAR	sähkömagneettisen säteilyn mikroaaltoalue 6 - 94 gigahertziä
SLAP	<i>saboted light armor penetraror</i> , alikaliiperinen panssariluoti
STANAG	<i>Standardization Agreement</i> , Naton standardisopimus
TEDA	orgaaninen trietyleenidiamiini
TIR	<i>thermal infrared</i> , terminen infrapuna-alue
TNT	<i>tri-nitro-tolueeni</i> , räjähdysaine
UV	<i>ultraviolet</i> , ultraviolettialueen aallonpituusalue 300 - 380 nanometriä

VIS

*visual*, näkyvän valon aallonpituusalue 380 - 750 nanometriä

## **TAISTELIJA 2020 – TULEVAISUUDEN KÄRKITAISTELIJA**

### **1 JOHDANTO**

#### **1.1 Tutkimuksen tausta, päämäärät ja rajaukset**

Sodan ja taistelun kuvat muuttuvat jatkuvasti. Yhteiskunnalliset muutostekijät ohjaavat sodankäyntiä sekä huipputeknologian soveltaminen sotilaskäyttöön muokkaa voimakkaasti asevoimien kehitystä. Tulevaisuuden ennustaminen vaikeutuu. Tarkasteltaessa maailmalla meneillään olevia muutoksia sekä Persianlahden, Balkanin sekä Tsetsenian sotatoimia saa kuvan nykyaikaisen aseellisen kriisin mahdollisesta luonteesta [18]. Maailmanlaajuisten kriisien kehittyminen sodaksi on hidastunut. Alueellisten kriisien kehittyminen paikallisiksi sodiksi on samanaikaisesti nopeutunut. Konfliktien ja sotien luonteiden muuttuminen asettavat kasvavat vaatimukset laajoihin sotatoimiin ja sotilaalliseen kriisinhallintaan osallistuville joukoille ja varusteille. Tulevaisuuden jalkaväkitaistelija tulee muuttumaan sotateknisen taistelukentän muuttuessa yhä digitaalisemmaksi [7] sivu 88.

Nykyaikaiselle sodankäynnille on ominaista alueellisesti kehittyvä, mutta nopeasti puhkeava kriisi. Alueellinen kriisi voi hetkessä laajentua useiden eri osapuolten väliseksi aseelliseksi konfliktiksi tai jopa sodaksi osapuolten eturistiriitojen törmätessä ja kansallisen turvallisuuden vaarantuessa. Tulevaisuuden sota on todennäköisesti entistä lyhytaikaisempi ja aktiivisempi. Hyökkääjän keskeisenä tavoitteena on puolustajan taistelutahdon ja -kyvyn minimoiminen estämällä uusien joukkojen

perustaminen. Samanaikaisesti hyökkääjä pyrkii lamauttamaan valtakunnalliset valvonta- ja johtamisjärjestelmät sekä tärkeimmät yhteiskunnan tietoverkot ja veden ja energian jakelunrakenteet. Aseellisen sotatoimen ennakkovaroitusaika voi puolustajalla olla vain muutamia vuorokausia, jolloin toiminnassa korostuvat joukkojen nopea perustaminen ja tärkeimpien joukkojen jatkuva valmius. Taistelukyvyyn säilyttäminen ensimmäisen tuli-iskun jälkeen edellyttää henkilöstön sekä ase-, johtamis- ja valvontajärjestelmien suojaamista vihollisen asevaikutuksilta [58] sivu 39.

Suomi lisää puolustusvalmiuttaan osallistumalla kansainväliseen kriisinhallintaan kehittämällä rauhanturva- ja kriisinhallintatoiminnan organisointia, koulutusta, varustusta sekä näiden yhteistoimintakykyä [58] sivu 78. Tämä edellyttää nopeasti perustettavia sekä taistelukykyisiä joukkoja, jotka pystyvät säilyttämään taistelukykyä asevaikutuksenkin aikana. Kriisinhallintaan osallistuvien joukkojen varustuksen tulee antaa mahdollisimman hyvä suoja asevaikutuksilta ja olosuhteilta, koska pienet joukot ja etenkin "kotirintamat" eivät kestä tappioita. Lisäksi Suomen sotilaallinen puolueettomuus ja uskottavan itsenäisen puolustuksen ylläpitäminen asettavat korkeat vaatimukset Suomen puolustuskyvylle ja siten myös varusteille ja toimiville taistelijanjärjestelmille. Oikein suunniteltuna kriisinhallintajoukkojen kehittämistoimenpiteet tukevat maavoimien muuta kehittämistä [58] sivu 75.

Yleismaailmalliset talousongelmat ja kansainvälispoliittisen asetelman nopeat muutokset heijastuvat myös länsimaiseen sotavarustekehitykseen, joka uhkamallien muuttuessa joutuu entistä tarkempaan kustannusvastaavuusanalyysiin. Sotilaallista tehokkuutta ei enää haeta määrää lisäämällä, vaan laatua parantamalla ja keskittymällä ydinosaamiseen. Muutos koskee niin joukkoja kuin niiden varustustakin [58] sivu 69.

Tämän tutkimuksen päämääränä on etsiä suuntalinjoja taistelijan toimintakyvyn ja taistelukestävyyden parantamiseksi taistelijan varustukseen liitettävien johtamista ja tilannetietoisuutta lisäävien laitteiden avulla. Taistelijan toiminta on pyrittävä turvaamaan myös perinteisillä suojavarusteilla ja taistelijan vaatetusta kehittämällä. Taistelijan varustejärjestelmän on oltava modulaarinen ja integroitu, jotta varusteita ja laitteita voidaan sujuvasti vähentää ja lisätä kulloisenkin uhkakuvan mukaisesti. Tutkimus perustuu ajatukseen, että taistelijan toimintakyvyn ylläpitäminen rakentuu tilannetietoisuuteen ja parannettuun paikkatietoon yhdessä toimivan



varustekokonaisuuden kanssa ja toimintakyvyn oletetaan paranevan tehokkaiden ja modulaaristen lisävarusteiden avulla. Varusteiden ja päätelaitteiden avulla ylläpidetty korkea tilannetietoisuus parantaa taistelijan toimintakykyä sekä antaa uskoa omiin mahdollisuuksiin annettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Taistelukentällä toimiminen ja annetun tehtävän suorittaminen vaatii edelleen teknistä ja taktista osaamista [8]. Lisääntyvien varusteiden ja päätelaitteiden avulla taistelija voi räätälöidä varusteet ja taisteluasun uhkakuvan mukaiseksi. Taistelijalla on oltava hyvät psyykkiset ja fyysiset edellytykset taistelijanjärjestelmän eri päätelaitteiden ja eri varusteiden menestyksekkääksi käyttämiseksi.

Taistelijaa varustettaessa on otettava huomioon taistelukentän uhkatekijöiden, olosuhteiden ja maaston sekä tehtävien asettamat vaatimukset taistelijanjärjestelmän päätelaitteilla ja varusteiden laadulle. Työn tavoitteena on luoda yleiskäsitys taistelijan toimintaolosuhteista ja toiminnasta taistelutilanteissa, selvittää millaisia rajoituksia ihmisen psykologia ja fysiologia asettavat taistelijanjärjestelmän laitteille ja taistelijan varusteille. Tarkoituksena on kartoittaa näistä lähtökohdista mahdollisuudet kehittää taistelijan järjestelmää tarkoituksenmukaiseksi ja taistelukentän uhkakuvaa vastaavaksi. Taistelijanjärjestelmän muodostuessa taistelijasta, hänen varusteistaan sekä eri päätelaitteista, keskeistä on nykyaikaisten välineiden ja nykytekniikan käytöllä sekä uusimpien materiaalien ja välineiden riittävällä tutkimisella ennen niiden hankkimista ja käyttöönottoa. Varustuksen ja eri päätelaitteiden kehittämisen perustana on nykyisin käytössä olevat varusteet ja välineet sekä niiden käytöstä saadut kokemukset. Tutkimus pyrkii näin kartoittamaan tietoa taistelijan järjestelmien ja varusteiden kehittämisestä sekä lisäämään tietoutta varusteiden merkityksestä ja niihin liittyvästä tekniikasta. Tutkimuksella voidaan myös antaa tietoa päättäjille tehtäessä kokonaisvaltaisia hankintapäätöksiä taistelijan järjestelmien kehittämiseksi ja mahdollisia tuotekehityssuuntauksia suunniteltaessa.

Tutkimus rajoittuu käsittelemään maavoimien tulevaisuuden kärkitaistelijoita, näiden varusteita ja järjestelmiä. Kyseiset taistelijat tulevat olemaan erikoistaistelijoita, joiden lukumäärä tulee olemaan huomattavasti perinteistä jalkaväkitaistelijaa pienempi. Kyseiset taistelijat ovat varustettuja uusimmilla varusteilla ja huipputeknologialla käytävillä päätelaitteilla. Kyseisiä tulevaisuuden taistelijoita käytetään tehtävissä ja tilanteissa, joissa tavanomaisilla taistelijoilla ei ole toimintaedellytyksiä näiden varusteiden ja koulutustason takia. Taistelija 2020 osalta vaatimusmäärittely on osittain vielä puolustusvoimissa kesken. Tutkimuksessa tutkitaan Taistelija 2020

päätelaitteita, henkilökohtaisia suojarusteita, vaatetusjärjestelmää sekä kantolaittejärjestelmää. Lisäksi tutkitaan taistelijan toimintaa erilaisten kuljetus- ja muiden laitteiden vaikutuspiirissä. Tutkimuksen painopiste on taistelijan järjestelmien ja niiden vaikutusten tutkimisessa taisteliijaan ja tämän suorituskykyyn.

Lähtökohdaksi on valittu maasotatoimeen kykenevä, parhailla päätelaitteilla varustettu taistelija, jolla on uudenaikaisin vaatetus ja suojarustus. Taistelija 2020 on suunniteltu toimivaksi kansallisessa ja kansainvälisessä sotilasympäristössä. Kyseisille taistelijoille ei ole tarkoituksella määritetty organisaatiota, jossa nämä toimivat. Organisaatioita voi olla useita, nyt keskitytään yksittäisen taistelijan toimintaan yksin ja organisaatiossa sekä hänen toimintaympäristöönsä. Tärkeintä on tarkastella tulevaisuuden taistelijan muuttunutta toimintaympäristöä, lisääntyviä päätelaitteita niin määrällisesti kuin laadullisestikin. Päätelaitteita on tarkasteltava niillä saavutettavan lisäarvon kautta ja niiden avulla välitettävää dataa ylemmille johtoportaille. Keskeistä on tarkastella taistelijan toimintakykyä uusien lisävarusteiden avulla. Tärkeää on saada lisätietoa kyseisten järjestelmien kuormittavuudesta taistelijan fyysisellä ja psyykkisellä tasolla. Puolustusvoimien kehittämisohjelman mukaan kyseisten yhtymien joukkojen taistelunkestävyyttä parannetaan vuosina 1998 - 2008 muun muassa hankkimalla sotilaille nykyaikainen taistelijan varustus [58] sivut 55 ja 56. Tutkimuksella selvitetään tulevaisuuden taistelukenttää yksittäisen taistelijan tehtävien täyttämistä uusien järjestelmien ja parannetun varustuksen avulla. Toimintaympäristöstä aiheutuvat vaatimukset selvitetään. Keskeinen kokonaisuus on erikoistaistelijan suorituskyvyn parantaminen lisävarusteilla siten, että Taistelija 2020 kykenee suoriutumaan tehtävistään sekä kotimaassaan että kansainvälisissä tehtävissä.

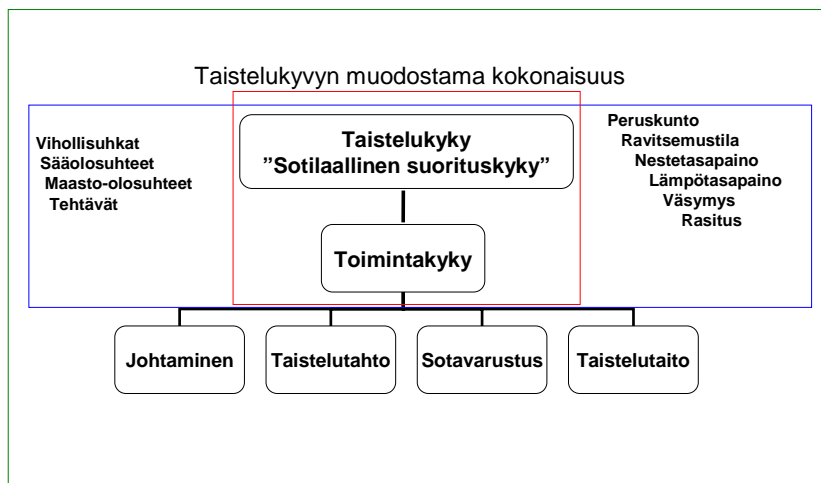
## **1.2 Tutkimuksen rakenne ja keskeisimmät käsitteet**

Taistelija 2020 - tulevaisuuden kärkitaistelija Pro Gradu-työ rakentuu neljästä pääluvusta. Ensimmäisessä luvussa kartoitetaan tulevaisuuden taistelukentän uhkatekijöiden, olosuhteiden ja maaston sekä tehtävien ja käyttäjien asettamia vaatimuksia taistelijan järjestelmän päätelaitteille ja varusteille. Kartoituksella luodaan monipuolinen tarkasteluperusta kokonaisjärjestelmälle asetettaville vaatimuksille. Toisessa luvussa esitetään vaatimukset Taistelija 2020 taistelijan järjestelmälle. Kokonaisjärjestelmälle asetettujen vaatimusten avulla pystytään määrittämään halutut ominaisuudet päätelaitteille ja taistelijan kokonaisjärjestelmälle. Uusimman tekniikan ja uusimpien materiaalien käyttöä on hyödynnettävä. Luvussa sivutaan

käynnissä olevia ulkomaisia taistelijan järjestelmien kehitysprojekteja ja niiden vaiheita sekä osin myös niiden tuloksia. Kolmannessa luvussa selvitetään Taistelija 2020 taistelijan järjestelmän päätelaitteet ja kokonaisjärjestelmä nykytietämyksen valossa. Neljännessä luvussa tarkastellaan taistelijan järjestelmä 2020 kokonaisuutena sekä järjestelmän päätelaitteiden hankintoihin vaikuttavia tekijöitä ja taistelijan fyysistä ja henkistä kuormittumista.

Tutkimuksen rakennetta selkeyttää viitekehys, joka on esitetty liitteessä 1. Tässä diplomityössä käytetään Hirsijärven (1992) mukaista viitekehysten määritelmää. Sen mukaan tutkittava ilmiö sijoitetaan niihin käytännön yhteyksiin ja laajempaan kokonaisuuteen, jossa tutkimus suoritetaan sekä analysoidaan aikaisempaa tietoa [16] sivu 17.

Tutkimuksen keskeisin käsite on taistelijan suorituskyky, jonka tarkempaa rakennetta selvitetään kuvassa 1. Tutkimuksen kannalta merkittävää on, että suorituskykyä parannetaan ja ylläpidetään taistelijan järjestelmäkokonaisuudella. Taistelijan järjestelmäkokonaisuuteen kuuluvat kaikki ne päätelaitteet ja järjestelmät, yhdessä vaatteiden ja suojarusteiden kanssa, joita taistelija tarvitsee toimiakseen taistelukentällä [38] sivu 15. Vaatetus suojaa luonnonolosuhteiden vaikutuksilta ja osittain myös vihollisen aseiden vaikutuksilta. Varsinaisten asevaikutusten vähentämiseen pyritään ballistisilla suojavälineillä ja ABC-suojavarustuksella [38] sivu 76 ja 79.



**KUVA 1** Taistelukyvyyn muodostama kokonaisuus.

*Joukon taistelukyky* muodostuu inhimillisen ja materiaalisen ulottuvuuden muodostamasta kokonaisuudesta, jonka perusteella voidaan arvioida joukon sotilaallista suorituskykyä. Taistelukyvyn osatekijöitä ovat sotilasjohtajien käsitysten mukaan johtaminen, taistelutahto, sotavarustus ja taistelutaito. Nämä tekijät eivät ole irrallisia selkeitä kokonaisuuksia, vaan ne ovat riippuvaisia toisistaan. Fyysinen suorituskyky riippuu peruskunnosta, elimistön ravitsemustilasta, neste- ja lämpötasapainosta, väsymyksen asteesta sekä rasituksen voimakkuudesta ja kestosta. Sodankäynnin teknistyminen ei ole vähentänyt yksittäisen taistelijan fyysisiä vaatimuksia [27] sivu 8. Toisaalta myös uhkatekijöiden, sää- ja maasto-olosuhteiden sekä tehtävien aiheuttama kuormitus vaikuttaa fyysiseen ja psyykkiseen suorituskykyyn. Joukkojen suorituskyky muodostuu aineettomien tekijöiden, kuten koulutustason, taistelutahdon, kurin ja järjestyksen lisäksi tulivoimasta, suojasta ja liikkuvuudesta, johtamisjärjestelmästä, sekä mahdollisuuksista toimia erikoisolosuhteissa. Käytettävissä olevan materiaalin laatu ja määrä vaikuttavat osaltaan joukon suorituskykyyn.

*Toimintakyvyllä* tarkoitetaan taistelijan valmiutta toimia yksin tai toisten kanssa määrätietoisesti ja tilanteen mukaisesti taistelussa tai sitä alempiasteisten toimintojen erilaisissa ympäristöissä. Toimintakyky tarkoittaa valmiutta toimia. Tehokkaiden suoritusten edellytyksenä on hyvä toimintakyky, joka taistelijoiden tulee säilyttää kaikissa olosuhteissa. Toimintakyvyn vaatimukset kasvavat sitä suuremmiksi, mitä monimutkaisemmista fyysisesti ja henkisesti kuormittavista toimintaympäristöistä on kyse. Vaikuttamalla taistelijan toimintakykyyn muutetaan koko organisaation mahdollisuuksia menestyä taistelussa. Yksittäisen taistelijan toimintakykyä voidaan parantaa tietyllä tasolla saakka oikein valituilla päätelaitteilla ja lisävarusteilla.

*Johtamisella* tarkoitetaan johtajan toimenpiteitä, joiden avulla hän saa johtamansa organisaation ja sen jäsenet toimimaan asettamiensa päämäärien suuntaisesti [44] sivu 7.

*Joukon taistelutahto* on joukon psyykinen valmius taisteluun ja henkinen kestävyys taistelussa. Taistelutahto on menestyksellisen toiminnan perusedellytys. Se syntyy ja sitä ylläpitää yksilön taisteluhenki ja joukon sosiaalinen kiinteytys. Taistelutahdon perustana on tietoisuus taistelujen välttämättömyydestä. Se ilmenee kykynä hallita pelkoa ja taistelun järkytyksiä sekä pyrkimyksenä koota fyysiset ja psyykkiset voimat saadun tehtävän toteuttamiseksi [35] sivut 7 ja 8. Taistelutahdon osatekijöitä ovat

myös yksilön taisteluhenki, yksikön kiinteys, luottamus johtajiin, sodan oikeutus sekä luottamus itseensä ja varusteisiinsa. Paremman varustuksen myötä joukon taistelutahtoa voidaan parantaa tietyille tasolle.

*Sotavarustus* koostuu tulivoimasta, suojasta, liikkuvuudesta, johtamisjärjestelmästä sekä muusta käytettävissä olevasta materiaalista. USA:n maavoimissa taistelutehon katsotaan muodostuvan neljästä eri osatekijästä. Osatekijöiden muodostama taistelukyky voidaan ilmaista kaavalla  $(M + F + P) \times L = \text{Ability to Fight}$ . Liikkuvuuden (Mobility), tulivoiman (Fire) ja suojan (Protection) summa kerrottuna johtamistaidolla (Leadership) on yhtä kuin kyky taistella. Määritettäessä taistelutehoa kyseisellä kaavalla muodostuu johtamistaidosta kaikkein merkittävin yksittäinen tekijä. Suojan osatekijä voi olla myös hyvä liikkuvuus ja tulivoima. Kaikkia edellä mainittuja tekijöitä voidaan parantaa taistelijan lisävarusteilla ja päätelaitteilla.

*Taistelutaito* saavutetaan koulutuksella harjoittelemalla tekniikkaa, taktiikkaa ja selviytymistä erilaisissa olosuhteissa. Taistelutaidossa pyritään maksimoimaan johtamisesta, taistelutahdosta ja sotavarustuksesta saatava hyöty tavoitteiden saavuttamiseksi. Yleensä tavoitteeksi asetetaan vihollisen lyöminen tai torjuminen mahdollisimman pienin tappioin. Taistelijalle määritetyt lisävarusteet ja oikein valitut päätelaitteet parantavat oikein käytettynä taistelijan taistelutaitoa. Teknisillä laitteilla voidaan taistelijalle antaa edellytykset toimia tehokkaammin. Koulutuksella on merkittävä osuus taistelutaidon parantamisessa [38] sivu 80.

*Taistelukestävyys* on kykyä säilyttää taistelukyky kiivaidenkin taistelujaksojen aikana. Taistelukyvyyn säilyttämisessä korostuvat liikkuvuus, suoja ja huolto. Taistelijalle kohdennettavilla lisävarusteilla voidaan merkittävästi parantaa hänen taistelunkestävyyttään.

*Valmiusyhtymiä* ovat erikseen nimetyt puolustusvoimien rauhan ajan joukko-osastot. Ne ylläpitävät korkeaa valmiutta ja niiden perustamalla joukoilla luodaan yhdessä muiden joukkojen kanssa strategisen iskun ennaltaehkäisyn ja torjunnan ensivaiheen valtakunnallinen kyky. Valmiusyhtymien perustamia joukkoja käytetään myös laajamittaisen hyökkäyksen torjunnan ratkaisutaisteluissa. Tärkein kansainväliseen kriisinhallintaan käytettävä joukko on Porin Prikaati.

Tutkimuksen tärkeimmät lähteet ovat erilaiset puolustusvoimien laitosten ja yksityisten henkilöiden laatimat tutkimusraportit varusteista. Lähteistä keskeisimpiä ovat Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 osat 1 ja 2 sekä aiemmat Sotatekniset arvio ja ennuste teokset. Tämän rinnalla tarkastellaan muita lähteitä, joita ovat MATINE:n (Maanpuolustuksen Tieteellisen Neuvottelukunnan) vaatetusjaoston raportit, joissa keskitytään tulevaisuuden varusteiden valmistusmateriaalien kehittämis- ja tutkimustyöhön. Sodan kuvan osalta keskeisinä lähteinä on käytetty Valtioneuvoston selontekoa eduskunnalle VNS 6/2004 sekä edellä mainittua STAE osaa 1 ja 2. Muina keskeisinä lähteinä on käytetty tutkijan ja hänen kollegoidensa ulkomaan virkamatkoilla lukuisten vuosien aikana hankkimia tietoja. Tiedot on hankittu seminaareissa ja konferensseissa sekä keskustelun ja kirjeenvaihdon välityksellä. Näiltä osin myös puolustusvoimien arkistoissa olevia matkakertomuksia on hyödynnetty laajamittaisesti tässä tutkimuksessa. Materiaalin pohjalta tutkija on määrittänyt tulevaisuuden taistelijan viitekehystä ja vaatimusmäärittelyä virkatyönään Maasotakoulun Tutkimus- ja kehittämisosastolla. Liitteissä 1 - 5 on selvitetty taistelijan järjestelmää sanoin ja kuvin.

### **1.3 Tutkimusongelmien asettelu**

Tutkimuksen pääongelmaksi muodostuu, millaiseksi tulevaisuuden taistelijan järjestelmä tulee määrittää, jotta taistelijat kykenevät ylläpitämään suorituskykynsä riittävän korkeana ja täyttämään tehtävänsä erilaisissa taistelutehtävissä kansallisissa ja kansainvälisissä toimintaympäristöissä. Pääongelma on jaettu alaongelmiksi, jotka on esitetty luvuittain seuraavassa luettelossa. Ongelmien näkökulmasta ensimmäinen pääluke käsittelee eri tekijöiden aiheuttamia vaatimuksia taistelijan järjestelmälle:

- Mitkä uhkatekijät ovat taistelijan tehtävän toteuttamisen ja vammautumisen kannalta vaarallisimmat nykyisillä kriisialueilla ja mihin kehitys on johtamassa taistelukentän kuvan mukaan?
- Millaiset ovat taistelijan toimintaympäristön olosuhteet ja maasto sekä miten ne vaikuttavat taistelijan toimintaan?
- Mitä vaatimuksia käyttäjien tehtävät ja heidän fysiologiset ja psykologiset ominaisuutensa asettavat järjestelmille?

Toinen pääluke etsii keinoja tutkittavana olevan kokonaisjärjestelmän kehittämiseksi:

- Millaisia johtamis-, tiedustelu-, ja paikantamisjärjestelmiä taistelijan järjestelmiä tarvitaan? Mitä lisäominaisuuksia taistelija tarvitsee täyttääkseen tehtävänsä taistelukentällä?
- Miten sotavarusteteknologisesti kehittyneissä maissa kehitetään taistelijan varustusta?
- Millaisilla järjestelmillä ja varusteilla tulevaisuuden taistelija säilyttää parhaiten henkensä ja taistelukykyänsä tulevaisuuden taistelukentän vaikeissa olosuhteissa?
- Mitkä ovat tekniikan tarjoamat mahdollisuudet valmistaa varusteita nyt ja millaiset ovat varusteiden tekniset kehitysnäkymät lähitulevaisuudessa?
- Miten varusteiden ominaisuudet ja käytettävyys vaikuttavat taistelijoiden toimintaan?

Kolmannessa pääluvussa käsitellään taistelijan päätelaitteita ja taistelijan järjestelmää kokonaisuutena. Päätelaitteita käsitellään luvussa osajärjestelmäkokonaisuuksina.

- Mitkä päätelaitteet antavat taistelijalle lisäarvoa ja kykyä suoriutua paremmin tehtävästään?
- Mitkä päätelaitteet ja järjestelmät parantavat taistelijan tilannetietoisuutta ja vaikuttamiskykyä?
- Mitkä ovat kehitysnäkymät taistelijan vaatetuksessa ja kantolaittejärjestelmissä?
- Mitkä ovat tulevaisuuden taistelijan sotilasvaatetuksen kehitys- ja toimivuusvaatimukset?

Neljännessä luvussa käsitellään taistelijanjärjestelmän muodostamaa kokonaisuutta. Luvussa keskeistä on ihmisen ja järjestelmän yhdessä muodostama kokonaisuus.

- Mikä on näkemys tulevaisuuden taistelijan järjestelmien kokonaisuudesta?
- Miten taistelijan fyysinen ja psyykinen kuormittavuus täytyy ennakoita järjestelmää rakennettaessa?
- Miten taistelijan järjestelmän viansietokyky vaikuttaa taistelijan toimintaan?
- Miten taistelijan järjestelmä on koulutettava?

- Mitkä ovat mahdollisuudet hankkia taistelijan järjestelmiä kansainvälisiin tehtäviin ja harmaan vaiheen taistelijoille?

Edellä esitetyt tutkimusongelmat ovat tutkimuksen lähtökohta. Se sisältää kysymykset, joihin tutkimuksella haetaan vastauksia erilaisten tutkimusmenetelmien avulla. Esitetyt tutkimusongelmat ovat laajoja ja useimpiin ongelmiin ei löydy yksiselitteisiä ratkaisuja, mutta tutkimuksessa yritetään muodostaa mahdollisimman perusteltu esitys kyseisen ongelmakentän ratkaisuksi.

#### **1.4 Aiheen lähestymistapa ja tutkimusmenetelmät**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää teoreettisella tasolla yksittäisen jalkaväkitaistelijan lisävarusteilla varustettuna saavuttamaansa hyötyä. Tutkimuksessa selvitetään saavutetaanko lisävarusteilla parempi kyky täyttää tehtävä taistelukentällä. Tutkimuksessa selvitetään miten taistelijan suorituskyky paranee ja muuttuu lisälaitteiden myötä. Tutkimuksessa tarkastellaan ilmiötä asiakirjatutkimuksen ja haastatteluiden kautta. Tuloksena syntyy teoreettinen tarkastelu yksittäisen sotilaan suorituskyvyn paranemisesta lisälaitteiden ja uusien järjestelmien avulla. Tutkimuksessa selvitetään suunniteltujen järjestelmien antama parempi suorituskyky taistelijalle. Tutkimuksessa tarkastellaan taistelijan kuormittumista laitteita ja järjestelmiä käyttäessään. Tutkimusta voidaan pitää soveltavana tutkimuksena. Soveltavat tieteet pyrkivät edesauttamaan tavoitteiden mukaista toimintaa ja tutkimusten tulokset ovat teknisiä normeja, joita pyritään hyödyntämään [56] sivu 45.

Tutkimusta voidaan pitää empiirisenä evaluaatio-, kehittämis- ja toimintatutkimuksena. Tutkimuksessa tutkija pyrkii arvioimaan tulevaisuuden taistelijan tehokkuutta sekä tämän toimintaa taistelukentällä taistelijan toimiessa lisävarusteilla varustettuna. Lähtökohtina ovat taistelijan suorituskyvyn parantaminen, toiminnan tehokkuus ja vaikuttavuus sekä kokonaistuloksen mahdollisimman hyvä taso mahdollisimman optimaalisessa suoritusajassa kulloisessakin tehtävässä. Tuottavuudella tarkoitetaan taistelijan suojan ja toimintakyvyn parantamista etsimällä niitä varusteisiin ja laitteisiin liittyviä tekijöitä, jotka parantavat taistelijan suorituskykyä parhaalla panos-tuotos-suhteella. Valitsemalla tai kehittämällä parhaiten soveltuvat materiaalit ja varusteet, myös taistelijan toimintakyky ja – mahdollisuudet paranevat kokonaistoiminnan tehostuessa. Toisaalta tutkimuksessa pyritään etsimään



taistelijan suojan ja päätelaitteiden suhteen optimaalinen ratkaisu olosuhteiden ja tehtävien kannalta. Tutkimuksesta löytyy myös kuvailevan ja selittävän tutkimuksen piirteitä, joissa pyritään selittämään taistelijan toimintaympäristön, uhkatekijöiden ja tehtävien muuttunutta ja muuttuvaa luonnetta. Tutkimuksessa pyritään selvittämään ilmiöiden yleisyyttä ja piirteitä sekä ilmiöiden välisiä syy- seuraamussuhteita eli kausaalisuhteita. Näiden lisäksi pyritään selvittämään mitä lisäarvoa taistelijalle saadaan uusien päätelaitteiden avulla.

Tutkimuksessa menetelmällinen kenttä voidaan jakaa kvalitatiivisiin ja kvantitatiivisiin menetelmiin [56] sivu 81. Haasteena ja samalla ongelmana on tunnistettu erilaisuudet tutkimuksen aineistossa, todellisuudessa ja analyyseissa. Määrällinen tutkimus tukee laadullista tutkimusta ja päinvastoin. Määrällinen tutkimus ei tule toimeen ilman laadullista tutkimusta [3] sivu 23.

Tutkimuksessa pyritään selvittämään lisävarusteiden vaikutusta taistelijan toimintaan. Tämä korostuu erilaisten taistelutehtävien ja varusteiden lukumäärän ja tyyppien vaihtelun myötä. Haasteita aiheuttavat myös erilaiset koneet ja laitteet, joiden vaikutuspiirissä taistelijan on kyettävä toimimaan. Erilaisten päätelaitteiden ja aseiden käyttäminen lisävarusteiden kanssa on pyritty selvittämään.

Tutkimuksessa pyritään etsimään lainalaisuuksia. Tutkimus pyrkii olemaan avarakatseista oivaltamista, uusien odottamattomien ja yllättävien asioiden rekisteröimistä, tapahtumien tunnistamista. Metodologisesti oikeana tapana lähestyä näitä vaikeita kysymyksiä voidaan pitää mahdollisimman suuren tiedon hankkimista tulevan päätöksenteon tueksi. Valintojen tulee tapahtua tietoisesti ja tieteellisesti perustellen. Perusteluiksi kelpaavat julkiset tieteelliset havainnot ja kokeet tai yhteisesti hyväksytyt oletuksiin perustuvat loogisesti pätevät päätelmät [14] sivu 10. Tutkimustyössä tutkijan ote on kvantitatiivinen. Analyyseissä käytetään näiden rinnalla kvalitatiivisia menetelmiä.

Tämän tutkimuksen havainnointi perustuu tutkijan omiin käyttökokemuksiin jo nyt käytössä olevien uusien varusteiden sekä taistelijan vaatetusvarustus M2005:n käyttökokemuksiin maastoharjoituksissa, taisteluammunnoissa ja maastossa tapahtuvissa työn ohessa saatuihin havaintoihin uusista ja käyttökelpoisista varusteista sekä niiden merkityksestä sotilaan toiminnalle. Tulevaisuuden varusteiden ja järjestelmien osalta keskeisiä ovat tutkijan havainnot, keskustelut ja

kirjeenvaihto muiden tukijoiden kanssa. Tulevaisuuden päätelaitteista, viestintä- ja paikanninlaitteista on varsin vähän luotettavaa käytännön tietoutta. Paikanninjärjestelmien kannalta tutkijan omat kokemukset Maasotakoulun johtamissa komppanian tutkimusharjoituksissa nousevat keskeiseen asemaan. Keskustelut ja mielipiteenvaihdot Maasotakoululla Komppaniatutkimuksessa käytössä olleen paikanninjärjestelmän kehittäjän ja toteuttajan, insinööriylliluutnantti Kari Papinniemen, kanssa ovat merkittävässä asemassa.

Avointa haastattelua on käytetty myös tutkimusmenetelmänä. Avoimessa haastattelussa haastatellun on annettu puhua vapaasti tutkijan huolehtiessa dokumentoinnista ja keskustelun ohjaamisesta halutuille urille ennakolta valmisteltujen kysymysten avulla [51]. Toteutustapana ovat olleet haastattelut työyhteisöimme harjoituksissa, kokouksissa ja palavereissa, jolloin kustakin ilmiöstä tiedot on saatu tuoreeltaan lähteeltä. Tässä työssä on käytetty hyväksi Talousvarikon seurantaraportteja tarvittavilta osin ja aiemmin toteutettua kyselytutkimusta ”Taistelijan vaatetusvarustus 2005 kenttäkokeilun haastatteluraportti, Porin Prikaati, Reila ja Niinisalo” [52].

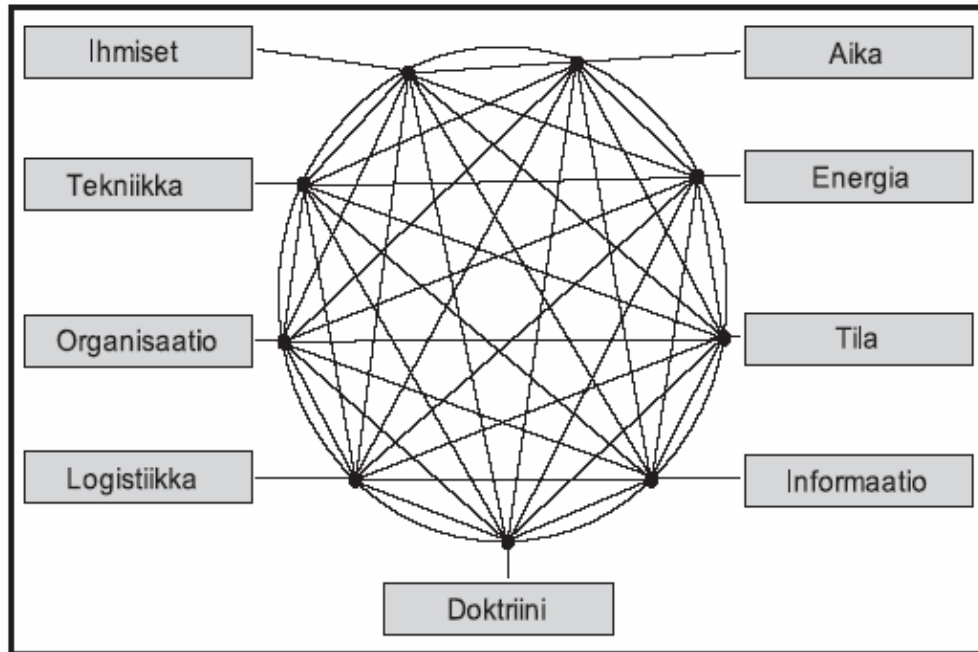
Kerätyn tiedon analysointi ja päätelmien tekeminen ovat tutkimuksen keskeisiä tekijöitä. Analyysivaiheessa tutkija selvittää vastaukset tutkimusongelmiinsa [16] sivu 53. Analyysissä tarkastellaan tutkimusaineistoa ja järjestetään se johtopäätösten tekemiseksi. Analyyseillä saadaan kuvailevaa tietoa teoreettisen päätöksenteon tueksi [13] sivu 25.

## **2 TAISTELUKENTÄN, OLOSUHTEIDEN JA KÄYTTÄJIEN ASETTAMAT VAATIMUKSET TAISTELIJAN VARUSTEILLE**

### ***2.1 Nykyaikaisen taistelukentän ja kriisialueen kuva***

Tulevaisuuden sodan kuvan hahmottamiseksi keskeisenä työkaluna tutkimuksessa on Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 osa 1 ja osa 2. Tutkija on perehtynyt myös aiempiin Sotateknisiin arvio ja ennuste teoksiin paremman kuvan saamiseksi ilmiöistä. Tämän lisäksi tulevaisuuden taistelukentän hahmottamiseksi tutkija on perehtynyt lukuisiin kansallisiin ja kansainvälisiin lehtiartikkeleihin. Asejärjestelmien kehittyminen tulee muuttamaan taistelun kuvaa usealla eri tasolla.

Sodankäynnin ulottuvuuksia ovat tekniikka, doktriini, organisaatio, logistiikka, tieto, ihminen, aika ja energia sekä tila. Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet muodostavat kokonaisuuden sodankäynnissä. Ulottuvuuksien summa on sodankäynti [37] sivu 39.

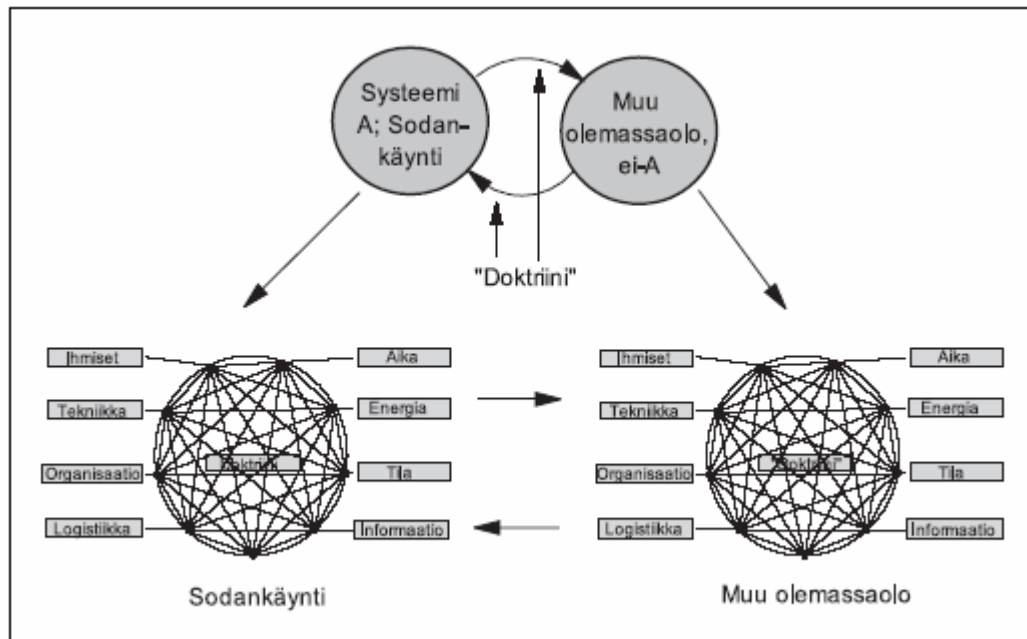


**Kuva 2** Sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet [37] sivu 39.

Sota voidaan hävitä millä tahansa toiminnallisella tasolla tai niiden yhdistelmällä. Taistelijan on ymmärrettävä oma ja vihollisen toimintataso sodan eri tasoilla sekä pyrkiä välttämään vihollisen vahvuuksia ja etsiä sen heikkouksia niihin iskien.

Tekniikka on jo nyt lisännyt sodankäynnin kantamaa, tuhovoimaa ja viime aikoina erityisesti tarkkuutta [37] sivu 47. Tekniikka monimutkaistaa sodankäyntiä. ”Jatkossa tekniikka tuo sodankäyntiin erityisesti fyysisen ja kyberavaruuden” [37] sivu 47.

Taistelukentän ja kriisialueen kuva on jatkuvassa muutoksessa. Tekniikka tuo siihen vääjäämättä voimakkaan muutoksen. Tekniikan kanssa yhden synergisen kokonaisuuden muodostavat sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet, jotka on huomioitava kaikessa sodankäynnissä. Nämä ovat: (1) ihminen, (2) teknologia, (3) doktriini, (4) organisaatio, (5) logistiikka (voiman luonti, siirto ja ylläpito), (6) tieto, (7) aika sekä (8) energia ja (9) tila [37] sivu 47. Sodankäynnin tekniikassa oleellinen tekijä on vasta suhteellinen tekninen etu ja sen käyttöön saaminen.

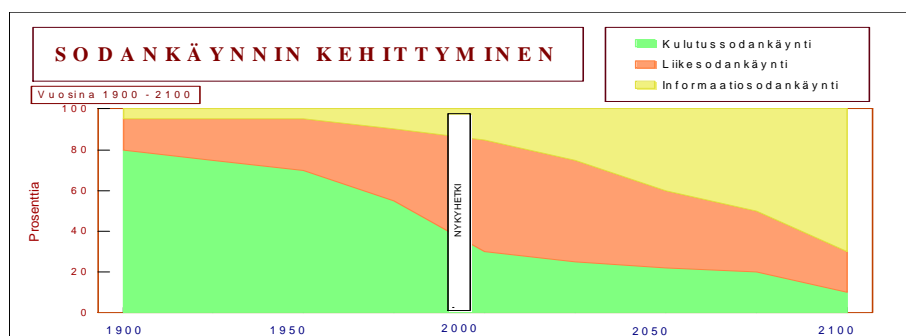


**Kuva 3** Synteesi, systeemi, sodankäynnin tekniikkaan liittyvä kokonaisuus kahdella tasolla [37] sivu 48.

Tekniikka on ja tulee kasvavassa määrin olemaan ihmisen laajennus, ihmisen apukeino laajentaa ihmisen mahdollisuuksia ja vaikutusta ympäristöönsä yleensä, ja sodassa erityisesti. Tekniikassa on oleellista, että se muodostaa synergisen ja kokonaisvaltaisen systeemin yhdessä sodankäynnin muun kahdeksan toiminnallisen ulottuvuuden kanssa.

Kriisialueilla tilanne on usein sekava, kaottinen ja vaikeasti ennustettava. Kriisialueilla työskennellään yleensä alemman kehitystason maissa, joissa maatalousvaltainen ja varhaisteollinen kausi saattaa olla käynnissä. Väestöstä osa asuu maaseudulla, osan asuessa kaupungeissa ja kylissä. Taistelutilan muutokset ovat suuria vaihdellen aukeista pelloista ja aavikoista, pusikkaisista metsistä asutuskeskuksiin. Vihollisen määrä, laatu ja suuntautuminen ovat vaikeasti havaittavissa, saati ennustettavissa. Taistelijan on suojauduttava useita uhkakuvia vastaan samanaikaisesti. Taistelija voi saada vastaan kiviä, puuseipäitä, (poltto)pulloja, työkaluja, metsästysaseiden asevaikutusta tai sinkojen ja räjähdyspanosten vaikutusta. Taistelija voi yksikkönsä jäsenenä olla niin sanotussa "Three Block-Warfare" sodassa, jossa osassa perusyksikön aluetta on käynnissä mellakan torjunta, eräässä osassa täysimittainen tulitaistelu ja osassa sodan jälkitila. Muutokset eri tilojen välillä voivat olla nopeita ja vaikeasti tunnistettavia.

Sotilaan on varauduttava toimimaan kaikkia edellä kuvattuja uhkia vastaan. Hänen on itse kyettävä tilanteenarvointiin, jotta hän osaa muuttaa suojaustasoaan tarvittavilta osilta riittävän nopeasti uhkakuvaa vastaavaksi. Hänen on kyettävä valitsemaan ne vastatoimet, jotka oikeuttavat hänet toimimaan havaittua uhkaa vastaan minimivoiman periaatteella, jotta aiheutetut vahingot olisivat siedettävällä ja hyväksyttävällä tasolla.



Kuva 2: Sodankäynnin muutos kulutussodankäynnistä informaatio sodankäyntiin.

## 2.2 Sodan kuva, strateginen näkökulma

Käsitykset sodasta ovat 1990-luvulla muuttuneet maa-alan ja kansan puolustamisesta yhä kaukaisempien kriisien hallintaan ja rajoitettujen sotilasoperaatioiden suuntaa. Perinteisiin suursotiin ei enää valmistauduta, vaikka jonkinlainen kyky tällaisiin kriiseihin tulee säilymään. Harva valtio ilmoittaa enää kykenevänsä itse vastaamaan alueensa puolustamisesta. Ainoastaan Yhdysvalloilla, Kiinalla ja Venäjällä tulee tulevaisuudessa olemaan itsenäinen kyky täysimittaiseen sodankäyntiin.

Sodankäynnin kuva on riippuvainen geopoliittisesta tilanteesta, valtion strategisesta asemasta, asevoimien käyttömahdollisuuksista sekä arvioista näiden tekijöiden kehitymisestä. Sodan tärkeimmän elementin, aseellisen taistelun (jossa hyökkääjä pyrkii tuhoamaan tai lamauttamaan vastustajan sotilaallisen voiman, hajottamaan yhteiskunnan infrastruktuurin ja valtaamaan tärkeän alueen tai kohteen) perusta ei ole muuttunut. Selkeimmät erot länsimaisessa ja ”itämaisessä” sodan kuvassa on se, että länessä sota on lamauttavaa, idässä tuhoavaa.

Normaaliajan vakavat häiriöt ja poikkeusolosuhteita muistuttavat olosuhteet tulevat lisääntymään perinteisten uhkakuvien rinnalle. Nämä vaatimukset liittyvät myös entistä tiukemmin puolustusvoimien suorituskykyvaatimuksiin. Valtiot liittyvät enenevässä määrin tärkeän maa-alueen puolustamisesta kohti yhteiskunnalle merkittävän kriittisen infrastruktuurin puolustamista. Sodan ensisijaisiin tavoitteisiin ei siis kuulu enää maa-alueen valtaaminen (pl. öljykentät), sillä siitä ei saada taloudellista hyötyä eikä sen avulla kyetä vaikuttamaan poliittiseen päätöksentekoon.

Maavoimien osuus sodankäynnissä ei katoa. Tarve ratkaisevalle ja usein pitkäaikaiselle fyysiselle läsnäololle säilyy maaoperaatioiden erityispiirteenä. Olennainen tekijä sodan kuvassa on kiivas operatiivinen tempo yhä harvemmassa taistelutilassa sekä sähkömagneettisen spektrin entistä laajempi käyttö. Tämä asettaa omat vaatimuksensa pienemmille, keveämmille ja monikäyttöisemmille joukoille, joissa kehittyneellä logistiikalla sekä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmällä sekä pitkän kantaman täsmäasevaikutuksella on keskeinen merkitys. Erityisesti kriisinhallintaoperaatioissa toimintamallien ja keinovalikoiman suhteen asymmetriset uhat ovat yhä todennäköisempiä. Tämä korostaa vaatimusta kriisinhallintajoukkojen suojaamiseksi erilaisia hyökkäyksiä vastaan, terrorismi ja joukkotuhoaseet mukaan lukien. Teknologinen kehitys hämärtää rajaa suoran ja epäsuoran tulen välillä ja murtaa perinteisen jaon taistelevien ja taistelua tukevien sekä selustajoukkojen välillä. Lisääntynyt tekniikka ja lisääntyneet tekniset laitteet sodankäynnissä eivät ole muuttanut sodankäynnin logiikkaa [57] sivu 50.

Tulevaisuudessa asevoimien tehtäväkirjo tulee lisääntymään turvallisuuskäsitteen laajenemisen myötä. Tulevaisuuden maasodassa tarvitaan monimutkaisuuden hallintaa, uudenlaisia toimintamenetelmiä ja välineitä. Taktista liikkuvuutta suurempi merkitys on strategisen ja operatiivisen liikkuvuuden lisääntymisellä. 2020-luvun asevoiman suorituskykyisin osa muodostuu tiedustelu- ja tulenkäyttöjärjestelmien lisäksi kevyesti panssaroiduista ja tulivoimaisista maahanlasku- ja ilmarynnäkköjoukoista, sekä itsenäisistä mekanisoiduista / moottoroiduista perusyhtymistä. Yhdistelmä pieniä joukkoja, yhä suorituskykyisempiä tiedustelu- ja valvontajärjestelmiä sekä pitkän kantaman täsmävaikutusta lisää suuntausta kohti hajautetumpia joukkoja, tyhjemää taistelutilaa ja nopeaa liikkuvuutta. Sodankäynnin perusfunktiot, toiminta, vastatoiminta (hyökkäys), vastavastatoiminta (puolustus)

säilyvät samoina. Tekniikka ei myöskään muuta konfliktien eikä taisteluiden logiikkaa [37] sivu 50.

Alhaisen teknologian sotajoukot eivät välttämättä ole haavoittuvia informaatiotosodankäynnille. Sota ei ole pelkästään informaation keräämistä vaan materiaalin ja henkilöstön tuhoamista. Taistelukentällä vallitsevaa jatkuvaa reaaliaikaista tilannekuvaa ei edelleenkään kyetä 2020-luvulla täydellisesti ja jatkuvasti tuottamaan. Ajoittain sotilas on vailla taisteluiden kokonaiskuvaa. 2020-luvun maasodan kuvassa informaatiouhka kohdistuu nimenomaan haavoittuviin kohtiin: ihmisiin ja kriittiseen infrastruktuuriin. Asevoimiin vaikutetaan kaukaa ilmakomponentilla, läheltä erikoisjoukoilla ja kaikkialta informaatiolla.

### **2.3 Sodan kuva, operatiivinen näkökulma**

2020-luvun sotilaallisissa kriisissä kansakunta pyritään alistamaan mahdollisen vastustajan poliittisiin päämääriin poliittisin ja taloudellisin painostuskeinoin. Mikäli nämä epäonnistuvat pyrkii vastustaja päämääriinsä informaatiotosodankäynnin keinoin ja jatkaa painostusta sotilaallisella voimannäytöllä. Tällöin maa pyritään eristämään taloudellisesti ja tietoteknisesti muusta maailmasta. Korkeassa taisteluvalmiudessa olevia tuliyksiköitä ryhmitetään siten, että ne pystyvät tulenkäytöllään suojaamaan hyökkääjän mahdollista maavoimien hyökkäykseen ryhtymistä.

Painostusta seuraa strateginen isku, jolla hyökkääjä pyrkii lamauttamaan erityisesti sotilaskohteet, kansantaloudelle tärkeän teollisuuden, energiahuollon ja infrastruktuurin massiivisilla ilma- ja ohjusiskuilla [57] sivu 8. Jotta ilma- ja ohjusiskuilla saavutetaan paras mahdollinen hyötyvaikutus, edeltää iskuja laaja-alainen elektronisen sodankäynnin keinojen käyttö. Hyökkääjän erikoisjoukkojen ja tiedustelun merkitys korostuu näiden etsiessä ja osoittaessa sopivia maaleja hyökkääjän ilmavoimille. Varsinaista hyökkäystä edeltää disinformaation jakaminen ja jatkuva psykologinen demoralisoiva vaikuttaminen.

Strategista iskua seuraa aina hyökkääjän maavoimien käyttö, joko miehitysjoukkona tai jatkona epäonnistuneille iskuille. Pääasiassa kaupallisten kuvaus- ja osittain myös tiedustelusatelliittien ja miehittämättömien lentävien laitteiden avulla hyökkääjä pyrkii täydentämään kokoamiaan tietoja viimeistään sen jälkeen, kun päätös maavoimien käytöstä on tehty. Mikäli valmiutta on kohotettu voimakkaasti hyökkäystä

ennakoiden, voi hyökkääjälle olla edullisempaa antaa ajan kulua, jotta muun muassa organisaatiot, ryhmitys ja joukkojen käyttösuunnat voidaan hahmottaa hyökkääjän toiminnan perustaksi. Strategisesta päämäärästä riippuen hyökkääjä muodostaa hyökkäysvoiman käytön painopisteen joko yhteiskunnan tai sen puolustusjärjestelmän kriittiseen infrastruktuuriin.

Hyökkääjä käyttää sotatoimen alkuvaiheessa ensi sijassa jo rauhan aikana valmiina olevia joukkoja. Hyökkääjä on valinnut organisaation, varustuksen, aseistuksen käyttötavat ja ampumatarvikevalikoimat alueen oloihin soveltuviksi. Maaoperaation alkaessa, tuli-iskuvaiheen aikana, hyökkääjä pyrkii tuhoamaan johtamisen ja tulenkäytön kannalta keskeiset kohteet. Tuli-iskuoperaatio ulotetaan koko toiminta-alueen syvyyteen. Näin hyökkääjä pyrkii saavuttamaan iskuillaan sekä taktisia, operatiivisia että strategisia tavoitteita. Päämääränä hyökkääjällä on ilma- ja tulylivoiman saavuttaminen taistelualueella.

Hyökkääjän liikettä estävä sen oman toiminnan kannalta merkityksettömiin maastonkohtiin ryhmittynyt vastustaja eristetään tulella ja kierretään. Johtamisjärjestelmien kehittymisen ja johtamisen hajauttamisen takia hyökkääjän tykistöä ei tarvitse enää keskittää suppeille alueille. Ampumatarvikkeiden tehon kasvaessa, hyökkääjä ei enää tarvitse yhtä suurta ampumatarvikkeiden kuljetusjärjestelmää kuin aiemmin.

Hyökkääjä pyrkii harhauttamisella luomaan väärän kuva tilanteen kehitymisestä. Se toteuttaa harhauttamisen kaikissa operatiivisissa vaiheissa, tulen käyttö ja joukkojen liike mukaan lukien. Hyökkääjä käynnistää taistelut nopeasti elektronisella vaikutuksella ja pitkäkantaman asejärjestelmillä, joiden tulen tarkkuus on riippumaton ampumaetäisyydestä. Hyökkääjä pyrkii ylläpitämään taistelutempon nopeana kaikkina vuorokaudenaikoina ja kaikissa sääoloissa. Hyökkääjä pyrkii maaoperaatioissaan saavuttamaan menestyksen vaikuttamalla monipuolisilla keinovalikoimilla samanaikaisesti keskeisimpiin kohtiin koko sotatoimialueen syvyydessä.

Taisteluille on luonteenomaista tilanteiden nopeat vaihtelut ja selkeiden rintamalinjojen puuttuminen, yhteenotot tapahtuvat nopeasti liikesodankäynnin periaatteita noudattaen ja taistelevien joukkojen sivustat jäävät avoimiksi. Hyökkääjä pyrkii hyvän



liikkuvuuden omaavilla joukoilla murtautumaan syvälle puolustajan ryhmytykseen ja tuhoamaan taistelun jatkamisen kannalta keskeiset kohteet.

Hyökkääjän joukot kykenevät itsenäiseen toimintaan ja sen kokoonpanot mahdollistavat välittömästi aloitettavan taistelun tukemisen niiden omalla epäsuoralla ja suora-ammuntatulella. Taistelut tultaneen ratkaisemaan maajoukkojen osalta molempien osapuolten kannalta merkittävien kohteiden hallinnasta käytävissä taisteluissa koko taistelualueen syvyydessä. Syvyydessä tällaisiin taisteluihin hyökkääjä käyttää erilaisia maahanlasku- ja ilmarynnäkköjoukkoja samalla, kun sen pääjoukot etenevät nopeasti määrätystä suunnasta kohti tavoitteita. Vahvasti puolustettua kohdetta vastaan maahanlasku/ilmarynnäkköyksiköt jalkautetaan rynnäköhelikoptereista varsinaisen kohteen läheisyydessä. Täältä joukko hyökkää ryhmittymisen jälkeen varsinaista kohdetta vastaan. Hyökkääjä käyttää taistelu- ja tulitukihelikoptereita hyökkäyksen tukemiseen samalla tavoin kuin taistelu- ja rynnäköpanssarivaunuja perinteisessä maahyökkäyksessä. Heikosti puolustettua kohdetta vastaan hyökkääjä toimii suoraan ilmarynnäkkönä. Tällöin hyökkääjä lamauttaa kohteella olevan puolustajan ensin taistelu- ja tulitukihelikoptereiden sekä rynnäkkökoneiden tulella. Tämän jälkeen ilmarynnäkköjoukot hyökkäävät helikoptereillaan suoraan kohteelle tulitukihelikoptereiden tukemana.

Sotatoimialueella hyökkääjä pyrkii saavuttamaan informaatio-, psykologisen ja elektronisen ylivoiman. Informaatio- ja psykologinen ylivoima pyritään saavuttamaan taktisella ja operatiivisella tasolla yleensä ensi-iskun yllätyksellisyydellä. Keinoina sotilaallisiin informaatiojärjestelmiin vaikuttamiseksi hyökkääjä käyttää:

- fyysistä tuhoamista tai johtamisjärjestelmien saattamista toimintakyvyttömiksi sieppaamalla käyttöhenkilöstöä tai käyttämällä niitä vastaan erikoisjoukkoja tai tuli-iskuja,
- elektronisia vastatoimenpiteitä,
- erikoisohjelmistotekniikan tai -laitteiston käyttämistä automaattisten navigointi-, tiedustelu- ja valvontajärjestelmien informaatio-tekniikkaamme vastaan,
- operatiivis-strategisen tilanteenarvointiimme tai päätöksentekoon tarvitsemamme informaation vääristelyä sekä psykologista vaikuttamista johtajiimme ja johtamisjärjestelmien käyttäjähenkilöstöömme.

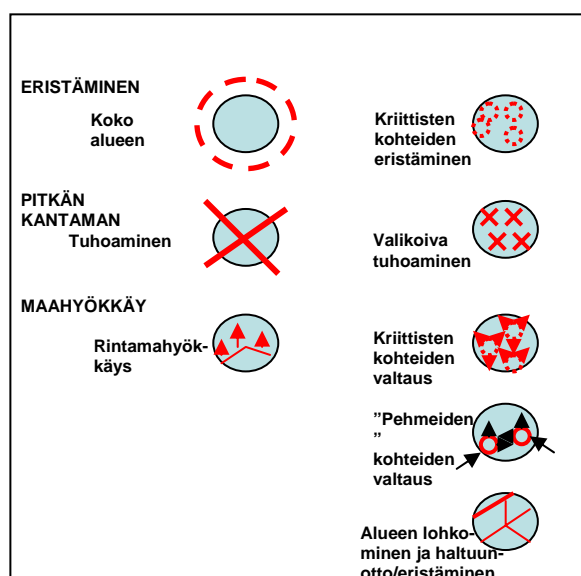
## 2.4 Asutuskeskus taisteluympäristönä

Kaupungistumisen myötä valtaosa maailman väestöstä asuu kaupungeissa vuoteen 2020 mennessä. Kaupunkiympäristö sisältää eritasoisia keskuksia ja eri käyttötarkoituksiin rakennettuja alueita. Asutuskeskus muodostaa houkuttelevan kohteen erilaisten terroristiryhmien toiminnalle. Perinteistä sodan kuvaa ajatellen asutuskeskuksiin sijoittunut kauppa ja teollisuus voidaan luokitella yhteiskunnan toimintojen turvaamisen kannalta kriittiseksi infrastruktuuriksi.

Asutuskeskus muodostaa taisteleville joukoille monitahoisen ja vaativan taisteluympäristön. Rakennukset, lyhyet tähytys- ja tulenkäyttöalueet, kapeat kujat ja maanalaiset rakenteet ovat ominaisia asutuskeskusympäristössä. Asutuskeskustaistelulle ovat tunnusomaisia:

- nopeasti vaihtuvat tilanteet
- rintamalinjojen sekaantumisesta johtuva tilannekuvan epäselvyys
- taistelijoiden henkinen ja fyysinen paine
- alueelle jäänyt siviiliväestö
- improvisoitujen välineiden, kuten ansoitteiden käyttö tappioiden tuottajina.

Rakennetun alueen valtaamista voidaan pitää tehtävistä vaativimpana. Tehtävän suoritusperiaate riippuu vihollisesta ja alueen laajuudesta. Alla on eri toimintatapoja.



**Kuva 5** Asutuskeskustaistelussa käytettäviä toimintatapoja.

Eristämisellä pyritään "näännyttämään" rakennetun alueen sisään jäävä vihollinen ja estämään sen aktiiviset toimenpiteet alueen ulkopuolelle. Koko alueen eristäminen

vaatii runsaasti joukkoja. Esimerkiksi Groznyn eristäminen vaati venäläisiltä 50000 sotilasta. Kriittisten kohteiden eristäminen on modernimpi toimintatapa, jossa vihollisen toiminnalle elintärkeiden kohteiden (energian tuotanto, kommunikaatioverkon keskuskeskukset, jne.) käyttö estetään. Tavoitteena on vihollisen toiminnan ”näivettäminen” mahdollisimman vähin tappioin ja ulkopuolisin vaurion.

Tuli-iskulla pyritään tuhoamaan rakennettua aluetta puolustavat vihollisen joukot. Asutuskeskuksen tuhoaminen tuli-iskulla on viimeinen keino, mikäli tarkka maalitieto ja valikoivaan tuhoamiseen soveltuvat asejärjestelmät eivät ole käytössä.

Maahyökkäys edellyttää joukkojen tukeutumista rakennetun alueen sisäosiin. Maahyökkäys voidaan toteuttaa rintamahyökkäyksenä rakennetulle alueelle, mikä osaltaan mahdollistaa tuki- ja huolto-osien sijoittamisen omien joukkojen kontrolloimille alueille. Toinen vaihtoehto on kriittisten kohteiden valtaaminen tukeutumalla rakennetun alueen sisäosiin ja laajentamalla alueen hallintaa kohteista. Kriittiset kohteet voivat olla vihollisen toiminnan kannalta elintärkeitä pitää tai niin sanottuja ”pehmeitä kohteita”, joiden kautta alueen sisäosiin on helppo tunkeutua. Kolmantena toimintatapana on lohkoa rakennettu alue tunkeutumalla sen sisäosiin ja ottamalla haluun hyökkäyksen jatkoedellytysten kannalta tärkeitä alueet ns. sillanpääksi. Toisen portaan joukoilla lyödään vihollinen sille tärkeitä alueilta.

Taistelija tulee taistelemaan rakennetulla alueella, mikä on haastavin toimintaympäristö taistelijalle taistelutilan kolmiulotteisuudesta johtuen. Kaupunkitaisteluympäristö sitoo runsaasti taistelijoita. Komppania ei pysty välttämättä hallitsemaan kovinkaan suurta aluetta. Kaupunkitaisteluympäristössä 80 prosenttia ampumaetäisyyksistä jää alle 30 metrin etäisyydelle [37] sivu 265. Ryhmän tulen tehoa ja suorituskykyä voidaan parantaa organisaatiomuutoksilla ja alistamalla ryhmälle tulenkäytön yksiköitä tai varustamalla ryhmä erikoisaseilla.

Kaupunkitaisteluympäristössä korostuvat taistelijan erikoisvälineistön määrä ja laatu. Paikantimet, erilaiset ympäristöä tarkkailevat sensorit sekä tähystys- ja maalinosoitusvälineistön määrä kasvaa. Taistelijan aseisiin kiinnitettävien lisävarusteiden määrä ja laatu sekä niiden oikea käyttäminen voivat ratkaista taistelun kulun. Esimerkkeinä näistä laitteista ovat aseeseen kiinnitettävät lisävarusteet, kuten maalinosoittimet, valonvahvistin- ja lämpötähtäimet sekä erikoisampumatarvikkeiden ampumalaitteet.

## **2.5 Kriisinhallintatehtävät**

Kansainvälinen yhteistyö edellyttää sotavoimilta yhä laajempaa sitoutumista kansainvälisiin kriisinhallinta- ja rauhanturvaoperaatioihin. Kriisinhallintatehtävissä päämääränä on nopealla väliintulolla estää taistelutoiminnan eskaloituminen [57] sivut 38 - 39. Tehtävätyypit vaihtelevat periteisestä maastotaistelusta, rakennetun alueen haltuunottoon, jotta konfliktin osapuolet saadaan erotettua toisistaan. Parhaimmillaan nopea toiminta saattaa estää aseellisen konfliktin kokonaan [57] sivut 38 - 39. Tällöin toiminta keskittyy alueen valvontaan ja epäiltyjen kohteiden tarkastuksiin.

Tilanteen vakauttamisvaiheessa toiminnan painopiste on humanitäärisessä avussa ja perinteisessä rauhanturvatoiminnassa. Tällöin saattaa alueella asuvien kriisin osapuolten välille syntyä kahakoita tai rauhanturvaajia vastaan suunnattuja mellakoita. Mellakat ja niihin liittyvä ”vähemmän vaarallisten voimankäyttövälineiden ja – menetelmien” selvitystyötä jatketaan. Kansainvälisten rauhanturva- ja rauhaanpakottamistehtävien kirjo ja määrä lisääntyvät jo lähitulevaisuudessa. Sotilailla on oltava riittävä valikoima vaikuttamisvälineitä ja keinoja vastapuolen hillitsemiseksi minimaalisia tappioita tälle tuottaen.

Kriisinhallintatehtävät ovat kaikilta osin eri kansallisuuksien yhteisoperaatioita. Tämän vuoksi niin toiminnalliset, koulutukselliset kuin materiaalisetkin yhteensopivuustekijät tulee huomioida joukkoja rakennettaessa kyseisiin tehtäviin.

## **2.6 TULEVAISUUDEN ASEVAIKUTUKSET TAISTELIJAAN**

Huipputeknologian soveltaminen sotilaskäyttöön muokkaa voimakkaasti asevoimien ja sodankäynnin kehitystä. Tulevaisuuden asevaikutuksen ennustaminen on vaikeaa. Tulevaisuuden taistelukentällä taistelija joutuu kohtaamaan nykyisin käytössä olevien ampumatarvikkeiden ja aseiden tuottamia asevaikutuksia. Tulevaisuudessa erilaisten sähkömagneettiseen spektriin ja sen hyväksikäyttöön perustuvien aseiden määrä kasvaa. Näistä esimerkkeinä ovat laser- ja ääniaseet sekä erilaiset elektromagneettiseen pulssiin perustuvat aseet. Sähkömagneettisen spektrin kokonaishallinnasta on tullut eräs taistelun kriittisistä tekijöistä [37] sivu 125.

Tulevaisuuden taistelukentällä taistelija joutuu alttiiksi erilaisten aseiden tulivaikutukselle. Ampumatarvikkeiden suunnittelussa korostuu niiden valinta ja käyttö kohteen mukaisesti. Lisäksi miinojen ja kranaattien ampumalaitteita ja älykkäitä ampumatarvikkeita kehitetään jatkuvasti. Tavoitteena on tulen tehon maksimointi kohteessa ja sen alueella. Taistelijaa vastaan tarkoitettujen ampumatarvikkeiden esisirpalointi ja ohjelmointi tulevat lisääntymään lähitulevaisuudessa [37] sivu 273.

Taistelijaa vastaan suunnattujen aseiden tehtävä on saattaa taistelija taistelukelvottomiksi. Tämä lopputulos on saavutettavissa joko ei tappavilla aseilla, lamauttavilla aseilla tai tappavilla aseilla. Taistelukentällä käytetään aseita, joiden keskeinen tehtävä on tuhota tai vaurioittaa materiaalia [54] sivut 8 - 9. Aseiden vaikuttamiskeinona voi olla fyysinen, sähkömagneettinen, kemiallinen, biologinen, taloudellinen, poliittinen, psykologinen ja tiedollinen vaikuttaminen [2].

### 2.6.1 Taistelija yksittäisenä maalialkiona

Yksittäisen taistelijan haavoittuvan pinta-alan muutokseen vaikuttavia asioita ovat taistelijan asento ja taistelijan käyttämät suojarahusteet. Pinta-alaan vaikuttaa myös taistelijan suuntautuminen vaikuttavaan uhkaan, aseeseen tai epäsuoran tulen kranaattiin. Taistelijan esimerkkinä käytetään 175 senttimetriä pitkää ja 75 kilogrammaa painavaa henkilöä.

Maalimalleja voidaan analysoida matemaattisesti laskemalla epäsuoran tulen vaikutusta tarkasteltaviin tilanteisiin. Eräs tapa arvioida aiheutettuja tappioita on soveltaa Poissonin todennäköisyyttä [53] sivu 126. Menetelmästä käytetään nimitystä epäsuoran tulen vaikutuksen peruskaavaa [55].

$$P = 1 - e^{-\frac{a}{A} * n * t * p}$$

Kaava 1 [53] sivu 126.

,missä

- a = yhden ammuksen vaikutusala (m<sup>2</sup>)
- A = maalin pinta-ala (m<sup>2</sup>)
- n = tulinopeus (ls/min)
- t = tulitusaika (min)
- p = yhden laukauksen osumatodennäköisyys

Joutuessaan epäsuoran tulen vaikutusalueelle vastustajan taistelijat heittäytyvät maahan etsien suojaa maaston painanteista ja katveista. Tällöin voidaan tappiot laskea kenttätökistöoppaan kaavalla. Kaavassa tulitusaika ja tulinopeus on yhdistetty termiksi joka kertoo kranaattien lukumäärän.

$$P = 1 - e^{-\frac{a}{A} * n * p} \quad \text{Kaava 2 [24] sivu 114.}$$

, missä

- a = yhden ammuksen vaikutusala (m<sup>2</sup>)
- A = maalin pinta-ala (m<sup>2</sup>)
- n = kranaattien lukumäärä
- p = yhden laukauksen osumatodennäköisyys.

Tämän jälkeen voidaan ammuttava tulimuoto jakaa aikajaksoihin ja laskea kussakin aikajaksossa maalialueelle osuvien kranaattien määrä. Arvioitaessa ajan vaikutus taistelijoiden suojautumisasteeseen, saadaan laskettua tappiot aikajaksoissa [24] sivut 107 - 117.

Laskettaessa aikajaksojen yhteenlaskettuja kokonaistappioita käytetään komplementtitapauksia. Todennäköisyyksien yhteenlasku on helpompaa, kun lasketaan ensin selviytyjien lukumäärä. Selviytyjien komplementtitapahtuma kertoo tappioiden määrän [53] sivu 23.

Taistelijoiden suojautumisasteen voidaan arvioida muuttuvan seuraavasti tarkasteltavissa aikajaksoissa:

- 0 – 2 sekuntia taistelijat pystyssä
- 2 – 20 sekuntia taistelijat maahan heittäytyneenä
- 20 – 60 sekuntia avopoterossa [24] sivu 109.

Pois lukien jalkaväkikomppanian marssiryhmitys, jossa aikajaksot ovat seuraavat:

- 0 – 15 sekuntia taistelijat suojaamattomina
- 15 – 30 sekuntia taistelijat maahan heittäytyneenä
- 30 – 60 sekuntia avopoterossa

Mikäli alueelle osuu patteriston peite (peitteessä ammutaan jokaisella tykillä 6 kranaattia eli 18 tykin patteristolla ammutaan yhteensä 108 kranaattia) ja oletetaan tulen jakaantuvan ajallisesti tasan maalialueelle kuudenkymmenen sekunnin ajanjaksona, saadaan seuraavat kranaattimäärät aikajaksoille.

Taulukko 1 Kranaattien jakautuminen aikajaksoille.

Aikajakso	Kranaatteja alueelle
0 – 2 sekuntia	4
2 – 20 sekuntia	32
20 – 60 sekuntia	72

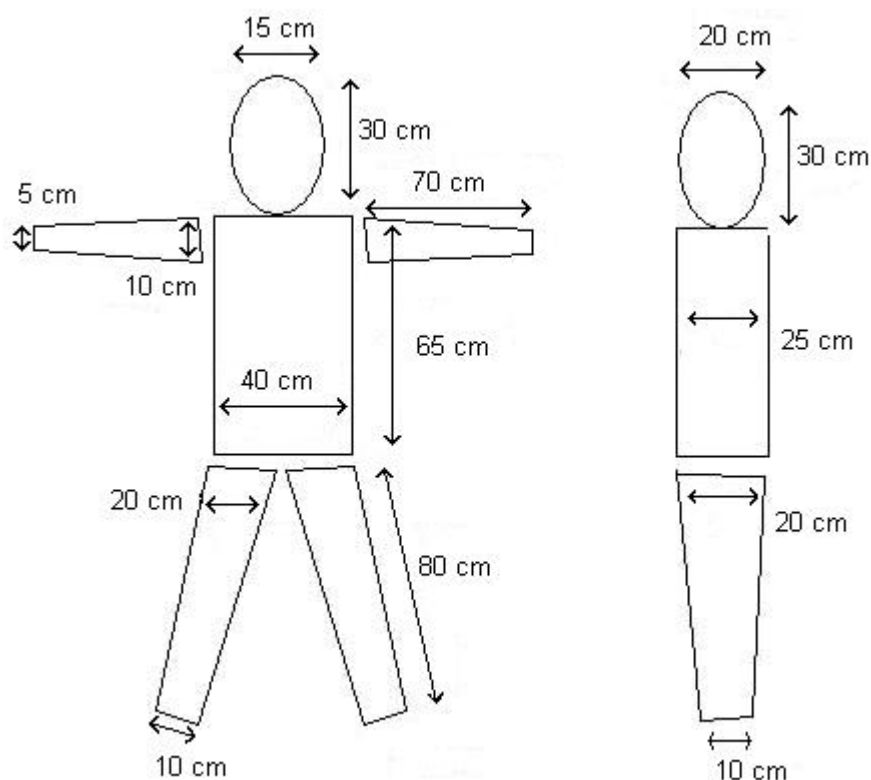
Ammuksen vaikutusalalla on ratkaiseva merkitys tappioita laskettaessa. Ammuksen vaikutusalaan vaikuttaa sirpaletiheys. Sirpaleiden osumatodennäköisyytenä suojattomaan ihmiseen vaaditaan yleensä 50 %:a, tällöin sirpaletiheys on oltava noin 2 sirpaletta/m<sup>2</sup> [55]. Taulukossa 1 on esitetty 155 mm kranaatin vaikutusalat pinta- ja ilmaräjähdyksissä, kun ainakin yhden sirpaleen osumatodennäköisyys on 0,5.

Taulukko 2 155 mm ammuksen vaikutusalat jalkaväkeen [55].

Suojautumisaste	Vaikutusala (m <sup>2</sup> )	
	Pintaräjähdyks	Ilmaräjähdyks
Suojaton	790	2900
Suojautunut	400	400
Avopoterossa	200	330

Tässä alaluvussa tarkastellaan taistelijan muodostaman maaliikion haavoittuvaa pinta-alaa taistelijan ollessa eri asennoissa. Lisäksi pohditaan erilaisten suojarusteiden vaikutusta taistelijan haavoittuvaan pinta-alaan. Tässä tutkimuksessa taistelijan esimerkkinä käytetään 175 cm pitkää ja 75 kg painavaa henkilöä. Tässä tutkimuksessa taistelijan maaliikio on yksinkertaistettu kaavakuva ihmisvartalosta. Päättä voidaan pitää ellipsinä sekä edestä että sivulta ja muut ruumiin osat voidaan yksinkertaistettuna piirtää nelikulmiona. Kadettiväepeli Jari Kielenniva on tutkielmassaan [25] tarkastellut ihmisen pinta-alaa tarkemmin laskemalla. Vertailu Kielennivan saamiin tuloksiin tämän tutkimuksen

yksinkertaistetuista malleista saadaan riittävällä tarkkuudella taistelijan haavoittuvat pinta-alat eri asennoissa.



**Kuva 6** Taistelija edestä ja sivulta.

Kuvassa 6 on esitetty kaavakuva ihmisen vartalosta. Ruumiinosa on mitattu viiden senttimetrin tarkkuudella, eivätkä ne ole kuvassa suhteellisessa muodossa esitettyinä. Oheisten mittojen perusteella voidaan laskea taistelijan ruumiinosille karkeita pinta-aloja ja arvioida taistelijan haavoittuvaa pinta-alaa eri tilanteissa.

Taulukko 3 Taistelijan haavoittuva pinta-ala.

Ruumiinosa	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
	Edestä	Sivulta
Pää	0,035	0,047
Kädet	0,11	0,053
Ylävartalo	0,26	0,16
Jalat	0,21	0,12
Kokonaispinta-ala	0,61	0,38



Taulukko 4 Taistelijan pinta-alat eri asennoissa.

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
	Edestä	Sivulta
Polvella	0,30	0,47
Makuulla	0,08	0,38
Ampuma-asento maaten	0,17	0,45

Taulukko 5 Suojavarusteilla varustetun taistelijan pinta-alat eri asennoissa.

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
	Edestä	Sivulta
Polvella	0,34	0,18
Makuulla	0,20	0,18
Ampuma-asento maaten	0,08	0,18

Sirpaleliiveillä ja kypärällä varustetun taistelijan haavoittuva pinta-ala epäsuoran tulen vaikutukselle koostuu kasvojen, käsien ja jalkojen yhteenlasketusta pinta-alasta. Haavoittava pinta-ala seisovalle sotilaalle on karkeasti 0,34 m<sup>2</sup>. Sivusta tarkasteltuna taistelijan pinta-ala on noin 0,18 m<sup>2</sup> eli noin 50 prosenttia etuosan pinta-alasta. Ylhäältä makuulla olevaan sotilaaseen suuntautuvilla sirpaleelle saadaan lähes sama haavoittava pinta-ala kuin seisovalle taistelijalle. Pään alue voidaan tulkita kokonaan suojatuksi kypärän ja sirpaleliivien ansiosta, joten taistelijan pinta-alaksi saadaan 0,33 m<sup>2</sup>.

## 2.6.2 Sirpalevaikutus

Sirpalevaikutus saadaan aikaan räjäyttämällä sirpaloituva taistelulataus. Sirpalekranan räjähtäessä syntyy paine, jonka vaikutuksesta teräksinen tai valurautainen kuori sirpaloituu 0,1 – 0,3 millisekunnissa [62] sivu 78. Sirpaleiden vaikutus perustuu syntyneiden sirpaleiden osuessa kohteeseen, sen mahdollisten suojarakenteiden läpäistessä ja kohteeseen tunkeutuessaan aikaansaaden siinä halutun vaikutuksen [62] sivu 78.

Sirpaloituvat ampumatarvikkeet voidaan levittää käsin, ampua kiväärillä, singolla, kranaatinheittimellä tai raketinheittimellä, tykistöaseilla tai pudottaa lentokoneista tai

helikoptereista. Nykyaikaisilla ampumatarvikkeilla saattaa olla myös monitoiminen asevaikutus kohteessa, jolloin ampumatarvikkeen toimiessa osa siitä sirpaloituu ja vaikuttaa kohteessa. Sekundääriset sirpaleet muodostavat taistelijalle merkittävän uhkan taistelukentällä. Näitä muodostuu esimerkiksi panssarintorjunta-ammusten läpäistessä panssaria, panssarista irtoaa sirpaleita, jotka voivat olla yhtä tappavia kuin itse ammuskin. Sirpaleaset ovat yleensä aluevaikutteisia. Niillä pyritään aiheuttamaan tappioita kyllästäväällä valittu alue sirpaleilla ja tehdä alue ja siellä sijaitsevat kohteet toimintakyvyttömiksi. Sirpaleaset aiheuttivat suurimman osan 1900-luvun taistelukentällä. Tulevaisuudessa sirpaloituvien ampumatarvikkeiden määrä tulee kasvamaan. Entisen Varsovan liiton maiden ja NATO-maiden sotatarvikkeista yli 80 prosenttia koostuu sirpaleita tuottavista ampumatarvikkeista [30].

Sirpaloitumisprosessissa ammuskuori repeää räjähdyskaasujen vaikutuksesta. Tämän seurauksena ammuskuori hajoaa ja siitä syntyy massaltaan noin 0,05 – 100 gramman ja läpimitaltaan noin 2 - 3 millimetrin kokoisia projektiileja [62] sivu 320. Sirpaleiden keskimääräinen lähtönopeus on luonnollisesti sirpaloituvilla ammuksilla 1000 – 1200 metriä sekunnissa ja esisirpaloiduilla enimmillään 1800 metriä sekunnissa. Luonnollisesti sirpaloituvia ampumatarvikkeita käytetään tykeissä ja kranaatinheittämissä. Suurta lujutta vaativissa ammuksissa sirpaloituminen perustuu pääasiassa ammuskuoren luonnolliseen sirpaloitumiseen [37] sivu 159. Esisirpalointia käytetään esimerkiksi kehittyneissä käsikranaateissa ja kranaattikonekiväärien ampumatarvikkeissa. Sirpaleen suuri lähtönopeus laskee nopeasti sirpaleen huonon aerodynamiikan takia ja sirpale menettää suhteellisen nopeasti iskuenergiansa luotiin verrattuna.

Puolustusvoimien tutkimuskeskuksen tutkimusten mukaan useiden 105 – 155 millimetrinen tykistökranaattien sirpaleista noin 50 prosenttia on massaltaan 0,5 - 2,0 grammaa ja noin 32 prosenttia on massaltaan 2,0 – 8,0 grammaa. Vastaavasti kuorma-ammusten tytäkranaattien sirpalejakaumasta noin 98 prosenttia on massaltaan 0,5 – 1,0 grammaa [40]. Tutkimusten mukaan 77 prosenttia osuvista sirpaleista on massaltaan 0,1 – 1,0 grammaa ja 21 prosenttia on massaltaan 1 – 10 grammaa [31]. Edellä mainitut tutkimusten tulokset tukevat toisiaan, sillä yleinen sirpaleiden painojakauma poikkeaa vain hieman osuneiden sirpaleiden painojakaumasta.

Ammusten tuhovoimaa elävää voimaa vastaan voidaan parantaa esisirpaloinnilla eli prefragmentoinnilla ja ohjatulla sirpaloinnilla. Toimenpiteen myötä sirpaleiden kokoa voidaan säädellä ja niille voidaan antaa haluttu sirpaletiheys. Suuri sirpalemäärä kohdealueella lisää osumatodennäköisyyttä ja haavoittuneiden osuutta miehistössä sitoen samalla tehokkaasti muuta miehistöä pois taistelutoiminnasta. Sirpaleiden kineettistä energiaa kasvatetaan käyttämällä yhä tiheämpiä materiaaleja kuten volframia. Nykyaikaisten esisirpaloitujen käsi- ja kivääriranaattien sirpaleet ovat massaltaan noin 50 milligramman hauleja, joiden lukumäärä kranaatissa on tuhansia. Sirpalemäärien kasvun myötä ovat myös metallisirujen aiheuttamat silmävammat kasvaneet. Valtaosa silmävammoista on pinnallisia ja ne ovat syntyneet pienten metallisirujen iskeytyessä sarveiskalvoon heikentäen sotilaiden toimintakykyä merkittävästi.

Erilaisilla hakeutuvilla tai puoliaktiivisilla hakeutuvilla ampumatarvikkeilla voidaan parantaa osumatodennäköisyyttä pieniin ja hyvin suojattuihin kohteisiin. Sirpalelatausten tehoa voidaan parantaa räjäyttämällä sirpaloituva ampumatarvike ilmassa kohteen yläpuolella, edessä tai takana [37] sivu 159. Nykyaikaiset ampumatarvikkeisiin asennettavat ohjelmoitavat ja optiset sytyttimet sekä ajastinkoneistot ja herätesytyttimet mahdollistavat ampumatarvikkeen optimaalisen räjäyttämisen halutussa kohdassa kohteeseen nähden. Pienellä ja ohjelmoidulla ampumatarvikkeella saavutetaan optimaalinen teho kohteessa, kohteen sivusta-alueiden jäädessä turvalliseksi alueeksi esimerkiksi omille joukoille. Tällä tavoin menetellessä räjähdyspisteen ympärillä olevaa riskialuetta ei kasvateta tarpeettoman suureksi.

Sirpaleiden suojauksen taso ilmoitetaan STANAG 2920 mukaisesti  $V_{50}$ -arvona. Arvo ilmoittaa 1,10 gramman massan omaavan standardisirpaleen nopeuden, jolla ammuttaessa 50 prosenttia sirpaleista pysähtyy suojamateriaaliin 50 prosentin läpäistessä suojamateriaalin [48]. Sylinterimäisen sirpaleen on havaittu antavan vinoilla iskukulmilla noin 10 prosenttia suurempia suojaustason arvoja, mikä on selitettävissä sirpaleen kääntymisenä läpäisytahtuman aikana. Vinoissa kulmissa suojaruustukseen osuvat pyöreät haulit ja pyöreät kuulat ovat ongelmallisia, sillä näiden läpäisykyky paranee iskukulman pienentyessä. Myös luodit läpäisevät standardin vaatimuksen täyttävän rakenteen pienillä iskukulmilla [28] sivu 56.

Suojauksen kannalta oleellista on sirpaleen ja luodin osalta on niissä oleva liike-energian määrä sekä projektiilin koko ja muoto [62] sivu 321. Tehokkaana projektiilinä ihmistä vastaan pidetään 80 joulen liike-energiaa. Sirpalekoosta riippuen tämä vastaa 1,5 – 3,0 millimetrin teräslevyn läpäisyä. Taulukkoon 1 on koottu kyseistä energiaa vastaavat etäisyydet ja nopeudet luonnollisesti muotoutuvalla sirpaleelle. Huomioitavaa on sirpaleen nopean hidastumisen kautta tapahtuva tehonlasku. Yhden gramman massan omaavan sirpaleen nopeus laskee kolmasosaansa 25 metrin matkalla ja painavamman kahdeksan gramman sirpaleen nopeus noin kymmenesosaan 120 metrin matkalla.

Taulukko 6 80 joulen energiaa vastaavat etäisyydet ja nopeudet luonnolliselle sirpaleelle, jonka lähtönopeus on 1200 m/s [62] sivu 321.

Sirpale (g)	Etäisyys (m)	Nopeus (m/s)
0,5	13	560
1	25	400
4	70	200
8	120	140

Taulukon 6 arvot eivät sovellu pienille pyöreille hauleille. Esimerkiksi käsikranaatin 50 milligramman massan ja 1200 – 1500 m/s lähtönopeuden omaavat haulit olisivat tarvittavan 80 joulen iskuenergian mukaan vaarattomia. Todellisuudessa ne ovat tappavia noin 10 metrin etäisyydelle saakka, vaikka niiden nopeus on 900 m/s ja liike-energiaa on jäljellä noin 20 joulea.

Sirpalevamma on luonteeltaan yleensä monivamma, jossa vauriot sijaitsevat laajoilla alueilla ja kudoksiin jää runsaasti vieraita materiaaleja. Sirpale aiheuttaa kohteessaan moninkertaisen kudosvaurion ampumavammaan verrattuna. Sirpaleiden aiheuttamat vaurioalueet ovat yleensä runsaasti likaantuneita maaperän aineksista aiheuttaen lisäkomplikaatioita. Röntgennegatiiviset sirpaleet, puu ja muovipommien osat, aiheuttavat ongelmia hoitotoimenpiteiden kohdentamisessa [23] sivut 62 - 64.

Sotien taistelijalle aiheuttamista vammoista on vain hajanaisesti tietoja. Sodan olosuhteet eivät tue tarkkaa diagnoosien tekoa ja arkistointia. Joistain sodista on arkistoitua tietoa vammautuneiden ja haavoittuneiden osalta. Arkistoidun tiedon merkitys on keskeistä nykyaikaisen ja tulevaisuuden taistelijan varustusta suunniteltaessa. Taulukkoon 7 on koottu vammaprofiileja eräissä konflikteissa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta raajavammojen muodostavan 50 prosenttia kaikista vammoista. Pään vammojen osuus on ollut 14 prosenttia. Rinnan ja vatsan alueiden vammoja on ollut yhteensä noin 13 prosenttia. Pään vammojen suuri osuus selittyy sotilaan pään olevan yleensä kehon korkeimmalla oleva osa, muu vartalo on yleensä suojassa maastoesteen takana.

Taulukko 7 Vammojen sijaintipaikan prosentuaalinen jakauma eräissä konflikteissa [23] sivu 70.

Kehon osa	Sota tai konflikti				
	Vietnam (USA) 1965-1967	Kuuden päivän sota (ISRAEL) 1967	Yom Kippur (ISRAEL) 1973	Etelä-Libanon (ISRAEL) 1982	Falkland (Iso Britannia) 1982
pää ja kaula	15	14	13	13,5	14
rinta	7	12	5	5	7
vatsa	5	2	7	4,9	11,5
yläraajat	19	16	18	41,4	26,5
alaraajat	37	29	23	41,4	41
muu	17	27	34	35,2	-

Vammoista kaksi kolmasosaa on yleensä lieviä, eivätkä vaadi sairaalan resurssien käyttöä. Asetekniikan kehityksen myötä erittäin vaikeiden vammojen lukumäärä on lisääntymässä. Monivammojen määrä tulee myös kasvamaan, samoin erittäin vaikeasti vammautuneiden määrä kasvane. Vammaprofiili voi muuttua uusien tehokkaiden suojarusteiden myötä. Nykyaikaisilla ballistisilla suojarusteilla voidaan vähentää sirpaleiden aiheuttamia haavoittumisia noin 30 prosenttia ja kuolemia jopa 60 prosenttia. Ballististen suojarusteiden suojatessa taistelijan pään ja rintakehän alueen, on todennäköistä että raajavammojen määrä kasvavat. Pää ja niska voivat vammautua projektiilin iskun kypärään aiheuttamasta kiihtyvyysoimarasituksesta.

Tulevaisuuden taistelukentällä ammusten sirpalevaikutusta tullaan parantamaan erityisesti kahdesta syystä. Ensiksikin sirpaleiden lukumäärä ja lähtönopeus kasvavat entistä tehokkaampien räjähdysaineiden käyttöönoton myötä. Toiseksi taistelulataus pyritään räjäyttämään maalin lähellä (yläpuolella, sivussa tai takana) ja suuntaamaan sirpaleet kohti maalia. Sirpalevaikutuksen tehostuminen puolestaan aiheuttaa

tarvetta kehittää uusia suojaustekniikoita ja -välineitä. Energeettisten materiaalien kehityksen myötä pienten kranaattien ja tytärammusten sirpalevaikutus paranevat, jolloin sirotteita sisältävien (ohjautuvien) ammusten merkitys tulevaisuudessa korostuu.

Nykyaikaisten luoti- ja sirpalesuojien rinnalle ja niiden suojavaikutuksen tehostamiseksi on kehitetty taistelijan asuihin kiinnitettäviä erityisesti polvia ja kyynärpäitä suojaavia suojuksia. Niiden valmistusmateriaaleina voidaan käyttää solumuovia, kevlaria tai erikoislujia ja kulutuksenkestäviä kankaita. Ne voidaan kiinnittää vaatteeseen ommeltuun välitaskuun, kuten on menetelty Suomen puolustusvoimille käyttöön tulevassa taistelijan vaatetusvarustuksessa M 2005. Tässä asukokonaisuudessa sekä polvien ja kyynärpäiden suojaksi voidaan asentaa solumuovista valmistetut suojukset, jotka ovat käyttömukavat ja nopeasti päälle laitettavia ja pois otettavia. Tulevaisuudessa taistelijan olkapäiden suojaamiseen kiinnitetään lisähuomiota [38] sivu 15.



kuvat 7 ja 8: Vasemmalla polvien ja oikealla olkapäiden suojaamistapoja [38].

### 2.6.3 Luotien vaikutus

Nykyaikaisissa sodissa käsiaseiden merkitys tappioiden tuottajana on vähentynyt, mutta siitä huolimatta luotien aiheuttamat vammat ovat tavallisia sodissa ja konflikteissa. Tutkimusten mukaan luodeilla on aiheutettu 7,5 – 32 prosenttia kaikista

sotavammoista. Noin 30 prosenttia ampumavammoista johtaa kohteen menehtymiseen ja kaksi tai useampaa luotia kehoonsa saanut ihminen menehtyy 50 prosentin todennäköisyydellä. Perinteisistä taistelutoiminnoista ja -tehtävistä poikkeavien erikoistehtävissä palvelevien joukkojen, kuten rauhanturvatehtävissä palvelevat sotilaat, miehistötappioista yli viisikymmentä prosenttia aiheutui edelleen luodeista. Käsiaseet ovat ihmisiä vastaan kaikkein eniten tuotettuja ja käytettyjä aseita [54] sivut 8 - 9. Sotilaskäsiaseiden luodit ovat tavallisesti teräväkärkisiä niiden ballististen ominaisuuksien parantamiseksi ja erittäin tehokkaita ihmisiä vastaan varsinkin lyhyiltä ampumaetäisyyksiltä ammuttuina [23] sivu 69.

Käsiaseiden ja keveiden konekiväärien luotien tehokkaasta tulesta 80 prosenttia kohdistuu alle 200 metrin etäisyydellä oleviin maaleihin. Keskimääräinen ampumaetäisyys on ollut hiukan yli 100 metriä. Nykyaikaisten taisteluiden siirtyessä rakennetuille alueille, ampumaetäisyydet ovat pienentyneet näistä arvoista. Kaupunkialueiden katveet ja metsämaaston peitteisyys vaikuttavat aseiden tehokkaaseen käyttöön. Amerikkalaisten tutkimusten mukaan jokaista osumaa kohti ammutaan 10000 – 50000 laukausta, joka vastaa 240 – 1200 kilogrammaa patruunoita [54] sivut 122 - 123. Yksittäisen jalkaväkitaistelijan henkilökohtaisen aseiden tehoa ja osumatodennäköisyyttä on pyritty parantamaan erikoisampumatarvikkeiden käyttönotolla, aseiden sarjatuulta rajoittamalla pursketuleksi sekä aseiden tähtäimiä kehittämällä, mutta tutkimusten mukaan luotiaseiden suorituskykyä ei voida merkittävästi parantaa nykyisestä. Taistelijan henkilökohtaisten aseiden kohdalla ampumatarvikkeelta pyritään saamaan läpäisykykyä puolikovien maalien, kuten ballististen suojarusteiden sekä ohuiden panssareiden läpäisykykyä.

Taistelijan henkilökohtaiset ballistiset suojarusteet, erityisesti suojaliivit, suunnitellaan ja valmistetaan tiettyyn suojaustasoon saakka, ne eivät suojaa taistelijaa kaikilta taistelukentän luodeilta ja sirpaleilta. Haulit ja alikaliiperinen nuoli, fleshetti, läpäisevät nykyisin käytössä olevat sirpalesuojaliivit. Rynnäkkökiväärin ja eräiden sotilaspistoolien luodit (FN P90) läpäisevät sirpalesuojaliivit [36] sivu 127. Läpäisy tapahtuma tapahtuu harvoin kohtisuorasti liiviä vastaan, joten epäsymmetrinen kuormitus pyrkii kaatamaan luodin ennen kudokseen osumistaan. Poikkitaivassa taistelijan kehonosaan osuva luoti aiheuttaa suuremman tuhon kudoksessa kuin sen osuessa kohteeseen, jolla ei ole liiviä. Vaikka luoti pysähtyisikin suojarusteeseen, sen iskuenergian suuruuden takia kohde voi

vammautua ja jopa kuolla [62] sivu 322. Luotien läpäisevyys ja liike-energia vaikeuttavat luodeilta suojaantumista painevammojen ja painavien suojaelementtien takia [62] sivu 322.

Luotisuojaliivi pysäyttää tavanomaiset rynnäkkökiväärin luodit hyvin suurella todennäköisyydellä. Läheltä ammuttujen luotien osuessa kohteeseen luodin iskuenergia siirtyy kohteeseen usein vaurioittaen taistelijaa. Suurimmassa vaarassa ovat taistelijan niskat ja kaularangan alue luodin osuessa kypärään. Luodin iskuenergiasta suuri osa kuluu luodin hidastumiseen ja litistymiseen, osan muuttuessa lämmöksi. Kypärä voi luodin osuman seurauksena liikkua hyvin suurella hetkellisellä nopeudella, jolloin taistelijan niskat tai kaularanka voivat vaurioitua ja vammautua tai tappaa taistelijan. Luodin pysäyttäminen kypärään ei siis välttämättä pelasta taistelijan henkeä. Luodin osuessa kypärään, se voi painua sisäänpäin useita millimetrejä, iskun voimakkuudesta riippuen. Edellä kerrotun takia taistelijan kypärän ja pään välissä on oltava vähintään 24 millimetriä tyhjää tilaa, kuten on kotimaisessa K 99 komposiittikypärässä.

Taulukkoon 8 on koottu eräiden sotilaskiväärien patruuna- ja luotityyppien ominaisuuksia sekä niiden läpäisykykyä panssariteräkseen. Taulukosta voidaan havaita luodin läpäisyominaisuuksien olevan riippuvaisia luodin massasta, rakenteesta, poikkipinta-alasta sekä sen lähtönopeudesta. Tavallisimmin luodit ovat kustannussyistä lyijysydämissä kokovaippaluoteja. Optimaalinen läpäisy ja ballistiset ominaisuudet on pyritty saavuttamaan luodin muotoilulla. Pehmytyminen luoti muotoutuu sienimäiseksi törmätessään suojanmateriaaliin. Luodin poikkipinta-alan äkillisestä kasvusta johtuen ja sen läpäisy heikkenee merkittävästi. Paremman läpäisyn saavuttamiseksi kuparivaippaisten lyijy-ydinluotien vaippa voidaan korvata teräksellä, jolloin luotien iskeytyessä kovaan kohteeseen, ne eivät muotoudu samalla tavoin luotien läpäistessä suojamateriaaleja paremmin. Parhaaseen läpäisyyn kovissa kohteissa päästään alikaliiberi- ja panssariluodeilla. Panssariluodissa on kovametallisydän, esimerkiksi volframkarbidia, jonka massa ja muotoilu ovat kyseiseen kaliiberiin tarkoitettuun luotiin optimaalinen. Tyypillisimmät AP-luodit läpäisevät noin 10 - 15 millimetri panssariterästä 90 asteen iskukulmilla 1000 metrissä. Alikaliiperisilla luodeilla saavutetaan 25 millimetrin läpäisyjä 90 asteen iskukulmalla tasalaatuiseen kovuudeltaan 350 HB:n teräslevyyn 1000 metrin etäisyyksiltä [36] sivu 133.



Taulukko 8 Eräiden patruuna- ja luotityyppien ominaisuudet ja läpäisykyky panssariteräkseen [4].

Patruuna	luodin massa (g)	V0 (m/s)	E0 (J)	W (J/mm <sup>2</sup> )	Läpäisy (mm)
5,45 x 39 (venäl)	3,44	900	1390	60	-
5,56 x 45 (SS109)	3,95	930	1710	70	7
7,62 x 51 (SS71)	9,3	837	3260	70	6
7,62 x 39 (S309)	8,04	715	2050	45	5
7,62 x 39 (pssy)	7,6	730	2030	45	12
7,62 x 51 (FFV AP)	8,2	950	3700	81	15

Luotisuojaliivit luokitellaan kansainvälisesti kuuteen luokkaan luotityyppien ja nopeuksien mukaan. Luotisuojaliivin vaatimuksena on läpäisemättömyys ja sisäpuolen painauma saa olla mallivahalla mitattuna korkeintaan 44 millimetriä. Suojausluokissa I, II-A, II ja III-A käytetään viiden metrin ampumaetäisyyttä ja luokissa III ja IV 15 metrin ampumaetäisyyttä [8] [6].

Taulukko 9 Luotisuojaliivien luokitustaulukko NIJ-STD-0101.03 [8].

Suojausluokka	kaliiberi / luoti	luodin massa	luodin nopeus	iskuenergia (J)
I	22 LRHV, lyijy	2,5	320	128
	38 Spl, RN, lyijy	10,2	259	342
II-A	.357 Mag, JSP	10,2	381	740
	9 mm, FMJ	8,0	332	440
II	.357 Mag, JSP	10,2	425	921
	9 mm, FMJ	8,0	358	513
III-A	.44 Mag, SWC	15,5	426	1406
	9 mm, FMJ	8,0	426	726
III	7,62 FMJ	9,7	838	3406
IV	30-06 AP	10,8	868	4086

Lukuisten tutkimusten mukaan 7,62 kaliiberinen luoti aiheuttaa elävään kohteeseen osuessaan pienempää tuhoa kuin 5,45 tai 5,56 kaliiberinen luoti. Pienemmän halkaisijan ja suuren suhteellisen pituuden omaava pienikaliiberinen luoti kaatuu ja muuttaa suuntaansa kohteeseen osuessaan suurempaa 7,62 kaliiberista luotia herkemmin. pienikaliiberinen ja suuren iskunopeuden omaava luoti aiheuttaa elävässä kudoksessa jopa 1500 metriä sekunnissa etenevän isku- eli shokkiaallon, joka vaurioittaa kudosta kaukana luodin iskureitiltä [62] sivu 321. Iskuenergialtaan yli 10 joulun luoti läpäisee taistelijan ihon ollen vaarallinen ampumaetäisyydestä riippumatta [62] sivu 321.

## 2.6.4 Paineen vaikutus

Tulevaisuuden taistelukentällä käytetään ammuksia, jotka räjähtäessään tuottavat sirpaleita ja painetta. Painevaikutukseen perustuvien ampumatarvikkeiden käyttö lisääntyy tulevina vuosina. Erityisesti raskaalle raketinheittimelle (227 mm MRLS) on tulossa raketteihin niin sanottuja unitary-taistelukärkiä, joiden massa on yli 90 kg. Raketti on tarkoitettu pistemäisiä maaleja (rakenteita) vastaan. Vastaaventyypisiä taistelukärkiä tullaan näkemään MLRS ohjuksissa [36] sivu 160.

Ammusten tai räjähdysten painevaikutus kohteeseen muodostuu neljästä osatekijästä. Primäärivaikutuksena havaitaan pelkkä painevaihtelu, sekundäärisenä vaikutuksena on esineiden sinkoutuminen kohteeseen, tertiäärivaikutuksena kohteen sinkoutuminen ja neljäntenä ovat sekalaiset vaikutukset, joihin luetaan esimerkiksi pitkäaikainen hapen puute ympäristössä, myrkylliset räjähdyskaasut sekä likaava pöly ja noki. Materiaalia vastaan tertiäärivaikutusta pidetään haitallisimpana [47].

Painevaikutteisten aseiden tehoa voidaan tehostaa levittämällä räjähdysainetta suuremmalle alalle, kuten aerosolipommeissa tai lisäämällä räjähtävän aineen määrää tai käyttämällä ydinpommia. Painevaikutus yltää vedessä kauemmaksi väliaineen tiheydestä johtuen. Painevaikutus vaimenee etäisyyden kasvaessa nopeammin avoimessa kuin suljetussa tilassa. Elävää voimaa vastaan aseiden ja ammusten teho on perustunut lähinnä sekundäärivaikutukseen, eli ilmassa lentäviin kappaleisiin.

Paineaallon ensimmäisessä vaiheessa syntyy ylipaine, joka voi olla jopa tuhatkertainen normaaliin ilmanpaineeseen verrattuna. Ylipaineen kestoaika vaihtelee kymmenistä millisekunneista ydinräjähdysten kymmeneen sekunteihin [54] sivu 207. Välittömästi kohteen vieressä ylipaine on yhdellä kilogrammalla TNT:a noin 30 megapascalia ja 100 grammalla TNT:a noin 15 megapascalia. Vammautumiskriteerinä on 100 kilopascalin ylipaineisku, joka saavutetaan kolmen metrin etäisyydellä kilogramman TNT räjähdyksestä.

Panssaroidussa ajoneuvossa oleva henkilöstö voi altistua miinaan ajettaessa tai ontelopanoksen osuessa ylipaineen vaikutuksille alttiiksi. Onteloammuksilla voidaan saavuttaa liki puoli sekuntia kestävä 200 kilopascalin ylipaine ajoneuvon sisälle.

Tämä luku on keuhkovaurion raja-arvo. Keuhkovaurion myötä sairastumisriski ja todennäköisyys kuolla kasvavat [62] sivut 323 - 324.

Paineisku vaurioittaa herkimmin kuuloelimiä, joille vaarattomana kertaluonteisena paineiskuna pidetään kolmea kilopascalialia eli 164 desibeliä. Kuulovauriot syntyvät osittain akustisen energian ja osittain paineiskun vaikutuksesta. Nykyisin käytössä olevien aseiden äänenpaineiden tasot ovat selkeästi yli riskirajan. Kuulonsuojaimet vaikeuttavat johtamista ja havainnoimista, koska ne alentavat puhealueen äänenvoimakkuutta 15 – 25 desibeliä. Kuulonsuojaimet rajoittavat vihollisen tuottamien äänien kuulemista sekä niiden suunnan määrittämistä. Kommunikaation mahdollistavat kuulonsuojaimet ovat välttämättömyys tulevaisuuden taistelukentän yksittäisille taistelijoille, jotta he pystyvät suorittamaan käsketyt tehtävät sekä selviytymään taistelukentän kaikissa olosuhteissa. Kommunikaatiokuulonsuojaimet eivät vaimenna normaalia puhetta, mutta vaimennus käynnistyy, kun äänenpaine ylittää 83 desibelin tason. Tällaiset kuulonsuojaimet vahvistavat heikkoja ääniä, joten niiden avulla voi kuulla paremmin kuin ilman kuulonsuojaimia.

Räjähdyksiltä suojautuminen on vaikeaa, mutta kuulon suojaaminen on ensiarvoisen tärkeää taistelijan jatkotoiminnan kannalta. Kypärä ja taistelijan suojaliivi yhdessä kuulonsuojainten kanssa lieventävät yleensä paineiskuvammaa [40] sivut 16 - 18. Taistelijan varustusta on suunniteltava ja kehiteltävä nämä seikat huomioiden [39] sivu 79.

### **2.6.5 Poltto-, ääni-, isku- ja täryvaikutus**

Nykyaikaisissa sodissa, kuten tulevaisuuden sodissakin tullaan polttotaisteluaasetta käyttämään. Tavanomaisimpia polttotaisteluaaseen levitystapoja ovat lentokoneista pudotettavat palopommit sekä erilaiset rakennuksiin ja bunkkereihin ammuttavat polttotaisteluaainetta sisältävät taistelulataukset. Myös ydinaseet tuottavat voimakkaasti lämpöenergiaa. Normaalisissa ydinräjähdyksissä lämpösäteilyn osuus on 30 – 40 prosenttia vapautuvasta energiasta. Suojautumaton taistelija voi saada kilotonnin ydinräjähdyksen keskipisteestä (taktinen taistelulataus) ensimmäisen asteen palovammoja voi saada noin 1500 metrin ja kolmannen asteen palovammoja noin 700 metrin etäisyydelle saakka. Polttovaikutuksen kesto aika on pitkäaikainen kun sen kesto verrataan esimerkiksi paine- ja sirpalevaikutukseen.

Palovammojen osuus kaikista sotavammoista on noin 8 – 15 prosenttia ja niiden osuus nykyaikaisissa sodissa on kasvanut. Taistelujoukkojen motorisointi on lisännyt palovammojen määrää, koska puolet näistä on aiheutunut muusta kuin vihollisen asevaikutuksesta. Nykyaikaisten aseiden asevaikutus aiheuttaa aiempaa enemmän syviä palovammoja ja vaikeita hengitysteiden palovammoja [23] sivut 67 - 71. Useat palavista aineista ovat jo sellaisenaan myrkyllisiä tai synnyttävät palaessaan myrkyllisiä kaasuja. Taistelijan on kyettävä suojautumaan näitä uhkia vastaan kunnollisilla suojavälineillä ja välineiden käyttö on kunnolla koulutettava ja harjoitettava.

Polttotaisteluaineet ovat luonteeltaan nestemäisiä tai kiinteitä kemiallisia yhdisteitä, jotka palaessaan vapauttavat lämpöä. Polttotaisteluaineet voidaan jakaa maaöljypohjaisiin, metallisiin, itsestään syttyviin eli pyroforisiin ja itsestään palaviin eli pyroteknisiin. Palamislämpötilat vaihtelevat valmistusaineista riippuen napalmin 800 celsiusasteesta itsestään syttyvän uraanin 3800 celsiusasteeseen [49]. Itsestään palavista polttotaisteluaineista tunnetuin on termiitti, jonka palamislämpötila on 2000 – 3000 celsiusastetta. Palavan termiitin sammuttaminen vaatii hiekkaa tai muuta tukahduttavaa materiaalia. Sen sammutusyritys vedellä aiheuttaa räjähdysten veden ja palavan raudan muodostaessa vetyä [49] sivut 126 - 127.

Taistelijan vaatteita ja varusteita suunniteltaessa polttotaisteluaineiden vaikutuspiiriin joutuminen ja niiden vaikutuspiirissä taistelu on huomioitava tarkasti. Kaikilla taistelijoilla ei tule olla kaikkia varusteita, joissa polttotaisteluaineiden vaikutukselta suojautuminen on suunniteltu pahimman uhkan mukaan. Uhkataso on suunniteltava ja määriteltävä tarkoin. Polttoaineiden ja ajoneuvojen kanssa työskentelevä henkilöstö on suojattava tehokkaimmilla varusteilla. Muut taistelijat on suojattava vain tärkeimmillä varusteilla. Vaatteiden suojauskykyä määriteltäessä on käytössä kipuhälytysaika, jolla tarkoitetaan kivun tuntemisen ja toisen asteen palovamman muodostumisen välistä aikaa. Mitä pidempi kipuhälytysaika varusteiden suojaavuudella saavutetaan, sitä enemmän on aikaa reagoida kuumusrasitukseen ja siirtä pois sen vaikutuspiiristä [33] sivu 5.

Yksittäinen jalkaväkitaistelija ei ole täry- eli shokki-iskuvaikutukseen perustuvan taisteluvälineen ensisijainen maali. Taistelija voi joutua iskuvaikutuksen kohteeksi ollessaan taisteluajoneuvossa, jolloin se ajaa miinaan tai siihen ammutaan panssaria läpäisevällä ampumatarvikkeella. Taistelija voi joutua alttiiksi panssariammuksen

poltto-, paine-, sokaisu-, sirpale-, ja täryvaikutukselle. Tällöin taistelijan henkilökohtaisen päällä olevan suojamateriaalin merkitys on keskeistä. Usein taistelijan päässä oleva kypärä ja suojaliivi auttavat taistelijaa selviämään tämän tyyppistä asevaikutusta vastaan, ellei hän ole suoraan panssaria läpäisevän ampumatarvikkeen tai sen sekundäärivaikutuksen suuntalinjalla.

Ajoneuvon rakenteet voivat johtaa täryvaikutuksen taisteliijaan, jolloin iskun energia välittyy suoraan taisteliijaan tai tämän suojarustukseen. Mikäli suojaruste ei ota iskuja vastaan vaan taistelijan keho tai sen osa, seurauksena voi olla kiihtyvyyss- ja painerasituksia, jotka saattavat rikkoa luita tai kudoksia. Taistelijan päähän kohdistuva yli kolme millisekuntia kestävä ja yli 800 metriä sekunnin neliössä suuruinen kiihtyvyyssrasitus voi tuottaa aivovamman. Täryvaikutuksilta suojaudutaan kuten painevaikutuksilta [62] sivu 325.

Taulukko 10 Asevaikutustekijöiden aiheuttamien kuolemien, vakavien haavoittumisten ja lievien loukkaantumisten riskitasot taistelu- ja kriisinhallintatehtävissä.

	Taistelutehtävät			Kriisinhallintatehtävät			K.a.
	Kuol	Haav	Louk	Kuol	Haav	Louk	
Sirpaleet	2	1	2	4	3	3	2,5 (3)
Luodit	1	3	4	2	2	3	2,5 (3)
Paine	4	3	2	4	3	3	3,2 (5)
Poltto	4	2	1	3	2	2	2,3 (2)
Isku ja täry	4	4	3	3	2	3	3,2 (5)
Sokaisu	5	3	2	5	4	4	3,8 (8)
Säteily	5	4	3	4	3	3	3,7 (7)
Myrkytys/sairastuminen	2	2	3	2	2	2	2,2 (1)

**KUOLEMIEN, VAKAVIEN HAAVOITTUMISTEN JA LIEVIEN  
LOUKKAANTUMISTEN RISKITASOT**

Olematon	5
Vähäinen	4
Kohtuullinen	3
Merkittävä	2
Hyvin merkittävä	1

## 2.6.6 Säteily- ja sokaisun ja elektromagneettisen pulssin vaikutus

Nykyaikaisissa sodissa laserlähettämiä käytetään ampumaetäisyyksien mittaamiseen ja maalinosoitukseen. Muita laserin sotilassovelluksia ovat älykkäät ammukset, lasertutkat. Tulevaisuudessa taistelukentillä käyttöön tulevat lasersokaisuun kykenevät taisteluvälineet. Nykyisin käytössä on vähemmän henkilöihin kohdistuvia lasersokaisulaitteita niiden huonon hyötysuhteen ja suuren fyysisen koon takia. Sen sijaan optisten sensorien vaurioittamiseksi laitteita on jo käytössä ja niitä kehitetään voimakkaasti. Koska sekä hyökkääjän, että puolustajan toiminta perustuu kokonaan sähkömagneettisen spektrin hallintaan ja hyväksikäyttöön, spektrin kokonaishallinnasta on tullut eräs taistelun kriittisistä tekijöistä [37] sivu 125.

Kansainväliset sopimukset kieltävät lasersokaisun käytön muita kuin optisia apuvälineitä käyttäviä henkilöitä vastaan. Erilaiset laservalaisimet ja laseretäisyysmittarit voivat vaurioittaa optisten laitteiden käyttäjien silmiä varsin helposti, sillä optiset laitteet vahvistavat valoa. Myös tavallinen taistelija, joka ei käytä optisia välineitä, voi vammautua laserlaitteiden käytöstä. Laservalaisimilla voi aiheuttaa vamman myös taistelijan iholle. Optisten sensorien tuhoamiseksi tarvitaan tyypillisesti 10 kilojoulen säteilyannos neliösenttimetrillä. Ihmisen silmän vaurioittamiseen tarvittava teho on suuruudeltaan yksi mikrojoule neliösentin alueelle. Antisensorilaserit voivat vaurioittaa pysyvästi ihmisen silmää. Järjestelmää on suunniteltu käytettäväksi tarkka-ampujia vastaan.

Tulevaisuudessa taistelijan on kyettävä suojautumaan laserläheteitä vastaan. Ihmistä vastaan tarkoitetun laserläheteen aallonpituutta vaihdellaan. Taistelijan lasersokaisulasien tai suojavisiirin on pysäytettävä laserlähete lukuisilla eri aallonpituuksilla, tämä nostaa suojavälineen massaa, tuotantokustannuksia sekä lisää mahdollisesti niiden kokoa ja massaa. Katselulaitteissa laserläheteeltä voidaan suojautua käyttämällä taistelukentän valvonta- ja tähytysvälineissä oikeanlaisia suodattimia. Suodattimia käytettäessä ongelmaksi muodostuu suodattimen läpäisy näkyvän valon alueella ja kapea pidätyskaista. Suodattimen on pystyttävä pysäyttämään aallonpituudet 0,7 – 1,2 mikrometriä [46] sivut 93 - 101. Lasersuojausvälineen on toimittava nopeasti ja väline ei saa haitata normaalia näkemistä tai eri välineiden ja aseiden käyttämistä.

Tulevaisuuden taistelukentällä yksittäisen taistelijan tasolla tapahtuvassa taistelussa sokaisuun perustuvien taisteluvälineiden käyttö lisääntyy. Sokaisu voi olla monitoimivaikutukseen perustuvan taisteluvälineen eräs toimintatapa. Näistä esimerkkejä ovat erikoisjoukkojen pitkään käytössä olleet valo- ja paukkukranaatit (Flash-Bang-Grenades). Välineiden käyttäminen tarkasti harkiten ei tappavien aseiden käyttökategoriassa voi lisääntyä erityisesti kansainvälisissä tehtävissä suoritettavissa joukkojenhallintatehtävissä.

Sokaisuvaikutus voi olla haluttu ominaisuus nykyaikaisissa ja tulevaisuuden taistelukentän taisteluvälineissä pyrittäessä monitoimivaikutukseen kohteen välittömässä läheisyydessä. Sokaisuvaikutus lamauttaa taistelijan pitkäksi aikaa, estäen tämän osallistumisen taisteluun. Mikäli taistelija on riittävän lähellä sokaisun aiheuttavaa taisteluvälinettä, seurauksena voi olla silmävaurio tai näönmenetys.

Suurtehoaseiden määrä lisääntyy taistelukentällä. Laseraseiden tarvitsema tehohippu riippuu sovelluksesta ja halutusta tuho vaikutuksesta. Häirinnässä riittää 20 joulen energiapulssi, tällaisen matalateholaserin energiatiheys on alle  $1 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ . Pulssin pituus on mikrosekunnista millisekuntiin. Optroniikan tuhoamiseen soveltuvat keskiteholaserit tuottavat yli  $\text{J} / \text{cm}^2$  laserpulssin. Pulssin pituus on noin kaksi millisekuntia ja yhden pulssin tuottamiseen tarvittava sähköenergia on yli 10 kJ. Kiinteiden kohteiden tuhoamisen tarkoitetut suurteholaserit ampuvat yli  $1 \text{ kJ} / \text{cm}^2$  pulsseja ja yhden pulssin energiatarve lienee yli 10 MJ.

Taistelija saattaa joutua megawattiluokan laserin vaikutuspiiriin, jolloin hänen on väistettävä asevaikutus ja poistuttava alueelta tai muutoin suojauduttava omien suojavälineiden riittämättömyyden takia. Tämän teholuokan taisteluväli pystyy vaurioittamaan erilaisia rakennemateriaaleja. Lasersäteellä voidaan tuhota ohjuksia ja tykistön raketteja räjäyttämällä niiden moottori tai taistelulataus [47].

Mikroaaltoaseiden kehitystyö jatkuu ja mikroaaltoaseita tullaan näkemään taistelukentällä. Niiden suurimmat ongelmat liittyvät jatkuvaan suureen energiantarpeeseen sekä laitteiden suureen fyysiseen kokoon. Energia- ja koko-ongelmien ratkettua taisteluvälineet jalkautuvat taistelukentälle. Viiden megawatin tehoisella mikroaaltoaseella sen lähettämä teho on terveydelle vaarallista 4,6 kilometrin etäisyydellä antennista päällekkäin suunnassa. Ihmiselle hengenvaarallinen teho saavutetaan vielä 460 metrin etäisyydelle saakka, jolloin tehotiheydeksi

muodostuu yksi watti neliösenttimetriä kohden. Sadan milliwatin teho riittää aiheuttamaan silmävamman [11]. Mikroaaltoaseen elektromagneettisen pulssin vaikutukset tulee huomioida potentiaalisena vaarana myös yksittäisen jalkaväkitaistelijan kohdalla tulevaisuudessakin. Kaikki edellä luetellut ovat uhka jalkaväkitaistelijalle. Taistelijan on kyettävä havaitsemaan ja tunnistamaan uhkat, jotta hän osaa käynnistää oikeat vastatoimenpiteet kutakin uhkaa vastaan riittävän ajoissa.

### **2.6.7 Myrkytysvaikutus**

Tulevissa kriiseissä ja sodissa on varauduttava toimimaan joukkotuhousoseiden vaikutuspiirissä. Näitä ovat kemialliset, biologiset ja erityisesti taktiset ydinaseet. Nämä aiheuttavat suuret tappiot huonosti niiden käyttöön valmistautumattomille joukoille. Näillä ABC-aseilla voidaan tuottaa suuret tappiot vastustajalle, mikäli niitä käytetään oikein, nopeasti ja oikea-aikaisesti. Taistelun ja operaation kulkua voidaan ainakin hetkellisesti ohjailta näillä aseilla.

Ydinaseiden käytön lähivaikutukset, kuten paine, kuumuus, ja säteily ovat niin voimakkaita, ettei niitä vastaan voi suojautua pelkästään henkilökohtaisilla suojarusteilla. Ydinaseiden käytössä syntyy radioaktiivista säteilyä. Siltä suojauduttaessa tärkeää on estää radioaktiivisten aineiden pääsy kehon sisään (beetasäteily). Pitkän kantaman vaikutuksista merkittävin on saatelaskeuma, jossa radioaktiiviset aineet ovat kaasumaisina tai sitoutuneina hiukkasiin. Säteily on suurelta osin beeta- ja gammasäteilyä. Gammasäteilyltä suojautuminen vaatii siirtymistä vahvojen rakenteiden suojaan.

Säteilyn vaikutus ihmisiin jaetaan välittömiin ja myöhäisvaikutuksiin. Ensin mainittu syntyy noin kahden sievertin säteilyannoksesta. Mikäli säteilyannos kasvaa tästä, säteilytauti pisyvyys ja vaikeusaste lisääntyvät nopeasti. Lyhyessä ajassa saatu 4,5 sievertin säteilyannoksen saaneiden kuolleisuus on noin 50 prosenttia ja kuuden sievertin säteilyannoksen saaneiden lähes 100 prosenttia. Säteilyn aiheuttamilla myöhäisvaikutuksilla tarkoitetaan syöpää ja periytyviä geneettisiä vaurioita. Henkilökohtaisten suojavälineiden käytöllä estetään lähinnä radioaktiivisten hiukkasten pääsy iholle sekä kulkeutuminen sisälle elimistöön ja siten altistuminen pitkäaikaiseen säteilyyn [32] sivut 31 - 33.



Biologisten taisteluaineiden valmistaminen on tehokasta kehittyneen geeniteknologian ansiosta. Tuotannon hinta, laatu ja nopeus voidaan pitää helposti hallinnassa. Biologisesta taisteluaineesta voidaan räätälöidä käyttäjälleen edullinen tuote lisäämällä siihen haluttuja ominaisuuksia. Nykytekniikalla voidaan valmistaa mutatoivia biologisia taisteluaineita. Tämä vaikeuttaa suojautumista niiden vaikutuksilta. Biologisten aseiden levittämistavat ovat pääsääntöisesti aerosolit tai pisara-levitys. Biologisia aseita voidaan toimittaa myös suoraan juomaveteen tai täsmätoimituksina muihinkin valittuihin kohteisiin. Syntetisoinnin seurauksena rajanveto bioaseen ja kemiallisen asean välille on vaikeaa. Bioaseen käyttöä rajoittaa tautien vaikeasti ennakoitavissa oleva leviäminen, pitkät tartunta-ajat ja omien joukkojen suojaamisen vaikeus mahdollisesti mutatoivia tautikantoja vastaan. Pernarutto säilynee pitkään pelätyimpien biologisten aseiden listalla.

Kemialliset taisteluaineet eli C-aseet ovat yhdisteitä, joiden päämääränä on aiheuttaa tilapäinen toimintakyvyttömyys, vammautuminen tai kuolema. Aine voi vaikuttaa ihmiseen joko ihon kautta tai hengityselinten kautta. Kemialliset taisteluaineet jaetaan vaikutustapansa perusteella ärsyttäviin-, tukahduttaviin-, syövyttäviin-, yleismyrkyllisiin ja psykotaisteluaineisiin sekä hermokaasuihin, kasvintuhoaineisiin ja toksiineihin. Pysyvyyden mukaan ne jaetaan ilma- ja maastokaasuihin. Taisteluaineiden myrkyllisyys ja vaikutustavat vaihtelevat suuresti. Tämä vaikeuttaa ABC-taisteluaineiden vaikutuksia vastaan kehitettävien suojarusteiden kehittämistä [46] sivut 416 - 419.

Vaikkakin kemiallisten aseiden kieltosopimus astui voimaan 27.4.1997, jossa kielletään kemiallisten aseiden kehittäminen, tuotanto, varastointi ja käyttö. Sopimus ei takaa, ettei näitä käytettäisi taistelutilanteissa, mikäli oma etu niin vaatii. Näiden aineiden vaikutuksia vastaan on pystyttävä suojautumaan. Kielletyt kemikaalit ovat hermokaasut (sariini, somaani, tabuuni ja V-kaasut), syövyttävät kaasut (rikki- ja typpisinappikaasut sekä levisiitit), toksiinit (saksitoksiini ja risiini), tukahduttavat kaasut (perfluori-isobuteeni (PFIB), difosgeeni ja fosgeeni), psykotaisteluaine (kinuklidinyylimensilaatti), yleismyrkylliset kaasut (vety- ja kloorisyanidi ja fosforivety) sekä ärsyttävä kaasu (klooripikriini) [47].

## 2.6.8 Ei tappavat aseet (Non-Lethal-Weapons)

Ei-tappavat aseet ja ampumatarvikkeet eivät nimensä mukaisesti tapa kohdetta, vaan tekevät tämän muutoin toimintakyvyttömäksi lamauttamalla kohteen. Aseet kuuluvat kansainväliseen Non-Lethal-Weapons kategoriaan. Aseet ja niiden ampumatarvikkeet on suunniteltu lamaannuttamaan, eristämään tai merkitsemään kohde mahdollisimman pienin henkilö-, materiaali- ja ympäristövaurioin [36] sivu 138. Aseiden toimintatavasta ja ampumatarvikkeiden levitys- ja toimintatavan luonteesta johtuen niiltä ei voida vaatia täyttä nimensä mukaista toimintaa. Tuleekin puhua LLW-aseista (Less Lethal Weapons). Kineettiseen iskuenergiaan perustuvien mellakantorjuntaan suunniteltujen kumisten luotien, hauleilla täytettyihin mellakantorjunta-ampumatarvikkeiden käyttö saattaa aiheuttaa jonkin asteisen tilapäisen tai pysyvän ruumiinvamman [36] sivut 139 - 140.

Kansainvälisissä tehtävissä asejärjestelmien käyttö on tarkkaan tiedostettava, esimerkiksi joukkojenhallintatilanteisiin varauduttaessa. Nykyiset NLW-järjestelmät perustuvat konventionaaliseen teknologiaan. Tästä johtuen järjestelmien ensisijainen käyttökohde on yksittäinen taistelija, ei niinkään villiintynyt väkijoukko, johon voidaan käyttää esimerkiksi vesitykkiä. Tulevaisuudessa NLW-asejärjestelmät tulevat olemaan osa NLCS-järjestelmää (Non-Lethal Capability Set). Tämä järjestelmä voidaan jakaa viiteen osaan: henkilökohtainen suojaruustus, aseet ja ampumatarvikkeet, henkilökohtainen koulutus, operaatiokoulutus sekä harjoitusvälineet [36] sivu 140. Tämän järjestelmän, kuten koko NLW-tuoteperheen kehitystyö on varsin hidasta.

Pampun käyttö joukkojenhallintatilanteessa säilyy edelleen varsin hyvänä välineenä. Oikein koulutettu taistelija pystyy toimimaan taistelutilanteessa ja joukkojenhallintatilanteessa pampun avulla, aiheuttaen toiminnallaan minimaalista haittaa vastapuolelle. Pampun käyttäjälle sopii myös kemiallisiin ja orgaanisiin yhdisteisiin perustuva sumutin. Sen vaikutusetäisyys on metristä viiteen metriin. Käyttäjälle annettava koulutus on huomattavasti yksinkertaisempaa ja nopeampaa kuin pampun.

Erilaisten heitteiden vaikutusetäisyys on muutamista metreistä muutamiin kymmeneen metriin. Tuotteen vaikutus voi perustua kemiallisiin ja orgaanisiin yhdisteisiin,

pyroteknisesti toteutettuun savuun ja valaisuun, lamaannuttavaan ääni- ja tai valoefektiin. Kauko-ohjattavat heitteet tulevat yleistymään. Heitteen mukauttaminen tappavasta lamauttavaksi onnistuu helposti esimerkiksi äänen painetasoa muuttamalla. Heitteet ovat edullisia, monikäyttöisiä, käyttöturvallisia ja yksinkertaisia käyttää joten niiden käyttö tulee lisääntymään tulevaisuuden taistelukentillä ja kriisinhallinta-alueilla.

Haulikolla ammuttavien erikoisampumatarvikkeiden vaikutusetaisyys on pääsääntöisesti 10 - 20 metriä [36] sivu 140. Ampumatarvikkeen teho perustuu aseeseen kaliiperista johtuen kineettiseen iskuenergiaan sulkiensa pois pyroteknisten tuotteiden käyttämisen. Haulikon suurimpia etuja ovat ampumatarvikevalikoiman laajuus, käytettävyys, saatavuus ja edullisuus. Haulikko tulee säilymään taistelijaan asevalikoimassa pitkään tulevaisuudessakin.

Oman kategoriansa muodostaa 40 mm:n LV-asejärjestelmä (Low Velocity,  $V_0=75$  m/s) joko erillisenä aseena (esimerkiksi Heckler & Kochin valmistama kranaattipistooli m/69) tai aseeseen kiinnitettävänä ampumalaitteena (esimerkiksi m/203 kranaattiputki) on lähitulevaisuudessa yksi nopeimmin kehittyvistä asejärjestelmistä. Aseen peruskonsepti tulee pysymään samana pitkään. Asejärjestelmän keskeisin etu on ampumatarvikevalikoiman laajuus [36] sivu 140. Tässä kaliiperissa on saatavissa sirpale-, sirpale/ontelo-, savu-, ja valokranaatteja sekä laaja valikoima erilaisia harjoitusampumatarvikkeita. Tähän kaliiberiin on saatavissa varsinaisina ei-tappavina ampumatarvikkeina lamaannuttavaan ääni- ja valoefektiin perustuvia kranaatteja sekä muovista, kumista sekä teräksestä valmistettuja projektiilejä. Kaliiberin tehokas ampumataisyys on aina 400 metriin saakka.

Tulevaisuuden taistelija silmällä pitäen, puolustusvoimien tulee luoda NLW-aseperhe ja siihen sopivat tätä käyttötarkoitusta varten luodut ampumatarvikkeet ja niiden normisto. Kansainvälisissä tehtävissä näille järjestelmille on jo ajat sitten ollut todellinen tarve. Esimerkkinä tästä on Kosovon mellakat vuonna 2004, jolloin kyseisen aseperheen tuotteita olisi tarvittu Balkanilla.

## 2.6.9 Olosuhteiden ja ilmaston aiheuttamat vaikutukset

Tulevaisuuden taistelukenttä tulee säilymään ennallaan luonnon aiheuttamien olosuhteiden ja ilmaston osalta. Taistelijaa tulevat jatkossakin kuormittamaan tuuli, kosteus sekä korkea tai matala lämpötila. Ihmisen peruslämpö on noin 37 astetta. liian suuri poikkeama tästä ympäristön lämpötilassa kuormittaa taistelijaa. Elimistön ja toimintojen harjaannuttaminen ja sopeuttaminen vallitseviin olosuhteisiin on kaikkein tehokkain keino säilyttää toimintakykynsä. Tilanteesta ja henkilön sopeutumiskyvystä riippuen sopeutuminen kestää muutamasta vuorokaudesta muutamiin viikkoihin. Tutkimusten mukaan kylmiä olosuhteita pidetään erityisen vaativina [33] sivu 3. Vaativissa olosuhteissa luonnollinen ympäristö saatetaan kokea vihollisen asevaikutusta ja vaikutuskykyä suuremmaksi uhkaksi omassa toiminnassa. Olosuhteisiin sopeutuminen eli akklimaatio vähentää kylmäkivun oireita ja fysiologista sopeutumista erityisesti käsissä. Muutokset saavuttavat noin 70 prosenttia maksimaalisesta tasostaan kymmenessä vuorokaudessa ja täyden määrän noin kuukaudessa. Vihollisen toiminnan voi väistää, mutta vallitsevia sää- ja ilmasto-olosuhteita ei pääse pakoon, ne ovat aina läsnä. Suurimmat haasteet taistelijalle aiheutuvat lämpö- ja nestetasapainon säilyttämisestä eri olosuhteissa [60].

Taulukko 11 Wind-chill-indeksi tuulen ja lämpötilan vaikutusten yhteisvaikutuksen arvioimiseksi ja paleltumisriskien arvioimiseksi [23] sivu 462.

	Ilman kuivalämpötila (°C) ylimmällä rivillä										
0 m/s	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
2 m/s	9	4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31	-36	-41
4 m/s	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-36	-42	-48	-54
8 m/s	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69
10 m/s	0	-8	-15	-22	-29	-37	-44	-51	-58	-65	-72
14 m/s	-2	-10	-18	-25	-33	-41	-48	-56	-63	-71	-79
18 m/s	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-58	-66	-74	-82
20 m/s	-4	-12	-20	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75	-83
24 m/s	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84

-5 - -20 °C -20 - -25 °C Jäätävän kylmä  
 -5 - -35 °C Paleltumisvaara  
 -35 - -55 Kudokset jäätyvät  
 > -55 Kylmäkuolema

Suomessa talvi on kylmä ja sen vaikutuksiin tulee ennalta varautua. Varusteiden ja vaatteiden tulee olla olosuhteiden mukaisia. Sisämaassa lämpötila saattaa sydäntalvella laskea usein alle - 30 celsiusasteen, sekä Pohjois-Suomessa lyhytaikaisesti alle - 40 celsiusasteen. Vuoden kylmimpien kuukausien keskilämpötilat vaihtelevat alueellisesti varsin suuresti sijoittuen -4 ja -29 celsiusasteen välille. Tuulen vaikutus lisää kylmän ilman purevuutta, tuulisinta maassamme on syksyllä. Tuulen nopeuden ylittäessä kahdeksan metriä sekunnissa sen taistelijaa jäähdyttävä vaikutus korostuu merkittävästi. Taulukon tummimmalla värillä merkityllä alueella paljas iho paleltuu alle 30 sekunnissa.

Tuulen tunkeutuessa vaatteiden ja varusteiden läpi, ne jäähdyttävät poistamalla sekä ihon että vaatetuksen pinnalta moninkertaistaen lämmönhukan. Voimakas tuuli lisää ilmanvaihtoa vaatteiden sisällä heikentäen vaatteiden toimivuutta merkittävästi. Mikäli vaatteet kastuvat, voimakas tuuli voi aiheuttaa kylmävammoja leudoissakin olosuhteissa [5] sivut 7 - 8.

Taistelijan lihastyöllä on suurin merkitys lämmöntuotannossa. Taistelijan tulee liikkua jonkin verran, jotta lämmöntuotantoa tapahtuu perusaineenvaihdunnan ja ruoansulatustapahtuman tuottaman lämmöntuotannon lisäksi. Pitkää paikallaan oloa vaativat tehtävät taistelukentällä voivat aiheuttaa kylmäntuntemusta. Ihmisen elimistö pyrkii pintaverenkierron säätelyllä ylläpitämään lämpötasapainon kaikissa olosuhteissa. Vaatetuksen avulla pyritään tukemaan ihmisen fysiologisia toimintoja. Ihmisen henkilökohtainen hygienia ihon ja vaatetuksen osalta yhdessä kerrospukeutumisen kanssa parantavat kylmänsietokykyä [59] sivut 112 - 113.

Kylmissä olosuhteissa ihmisen keho pyrkii säätelemään lämpötasapainoa siten, että kehon sisäosat pysyvät lämpimänä ja kriittiset toiminnat turvataan, kuten päätöksenteho. Kenttäoloissa kylmäaltistus aiheuttaa raajojen paleltumavaaran ja toimintahäiriöitä. Jäähdytys heikentää raajojen lihasten elastisuutta, joka voidaan havaita 30 prosentin voimantuotannon laskuna. Sotilaiden paleltumat ovat pääosin kontaktipaleltumia. Pohjoisella Maanpuolustusalueella 1995 – 1996 tapahtuneet hoitoa vaatineet paleltumat jakaantuivat seuraavasti, 61,5 prosenttia käsien paleltumista, 20,5 prosenttia korvalehtien paleltumia, 10 prosenttia jalkaterien paleltumia sekä kahdeksan prosenttia paleltumia kasvojen alueella. Syinä paleltumiin on sotilaiden kyvyttömyys pukeutua oikein ja puuttuva kyky toimia oikein kylmien esineiden kanssa, sekä osin puuttuvat varusteet (päänsuojus).

Tulevaisuuden taistelukentällä taistelijan on pystyttävä välttämään varusteiden ja vaatteiden kastumista, sillä kylmissä olosuhteissa vaatteiden kastuminen voi olla kohtalokasta. Märkinä vaatteet menettävät lämpösuojaavuutensa sekä märkä vaate jäädyttää kehoa nopeasti. Käsien ja jalkojen pitäminen kuivina kaikkina vuodenaikoina on ensiarvoisen tärkeää, jotta sairastumisilta ja hiertymiltä vältytään. Vaatteiden takertuvuus kosteana vaikuttaa niiden käyttömukavuutta heikentävästi [6] sivut 8 - 10.

Vaatteiden keskeisenä tehtävänä on pitää iho kuivana sekä suojata kylmyydeltä. Hikoilun myötä syntyvä vesi ja kosteus on päästettävä läpi. Vaatteen ilmanvaihto on järjestettävä siten, että vaatteisiin sitoutunut ilma saadaan vaihtumaan. Vaatteiden on oltava joustavia ja riittävän ohuita, jotta niiden elastisuus säilyy, jotta taistelija pystyy suoriutumaan tehtävästään kaikissa olosuhteissa. Vaatetuksen tulee mahdollistaa kerrospukeutuminen ja suojaustason muuttaminen nopeastikin ilmaston, taistelutilanteen tai kuormituksen muuttuessa [45] sivut 279 - 311.

Taistelijan on suoriuduttava tehtävistään sateessa. Samanaikaisesti lihastyön tuloksena syntynyt ihon pinnalle kertynyt kosteus, vesihöyrynläpäisevyyden ja ylimääräinen lämpö on pystyttävä suodattamaan suojaavan vaatetuksen läpi. Hengittämätön sadeasu lisää myös työn aiheuttamaa fyysistä kuormaa. Pitkäkestoisissa suorituksissa keskimääräinen hikoilussa menetetty nestemäärä on 10 – 15 desilitraa tunnissa [6] sivut 44 - 47. Tämä aiheuttaa haasteita varusteiden ja vaatteiden suunnittelulle.

Taistelija voi erityisesti kansainvälisissä tehtävissä joutua kokemaan huomattavaa lämpörasitusta. Suoran auringonvalon vaikutuksesta vaatetukseen ja ihoon sitoutuva lämpökuormitus voi aiheuttaa lämpötasapainon pettämisen levossakin. Ympäristön kuumuus yhdistettynä taistelijan kokemaan fyysiseen rasitukseen aiheuttavat sotilaille suuren lämpökuorman, joka heikentää heidän suorituskyykyään. Elimistö pyrkii pitämään ydinlämpötilansa aina mahdollisimman tasaisena. Mikäli kehon sisäosissa lämpötila nousee yli +42 celsiusasteen, seurauksena voi olla lämpöuupumus, -pyörtyminen, -kouristuksia tai -halvaus. Nestetasapainon ylläpitäminen korostuu taistelukentällä. Nestetasapainosta huolehtiminen turvaa taistelijan toimintakyvyn ehkäisten lämpötasapainon pettämistä [45] sivut 322 - 325.

Sirpaleliivien ja kypärän lämmönvaihtelua heikentävät ominaisuudet on tiedostettava ennen toimialueelle menoa.

Taulukko 12 Taistelijan lisäsuojan tarve maasto- ja sääolosuhteita vastaan.

	Kova fyysinen rasitus				Matala fyysinen rasitus			
	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy
Suoja kylmyydeltä	3	1	1	1	3	3	2	3
Suoja kuumuudelta	1	3	3	2	1	2	3	2
Suoja kosteudelta	3	3	3	3	3	3	3	3
Suoja tuulelta	2	1	1	1	3	3	2	3
Suoja paljastumiselta	3	3	3	3	3	3	3	3

#### SUOJAN TARVE

Välttämätön

3

Lisäarvoa tuottava

2

Vähäinen

1

Vaatteiden suunnittelun merkitys toteutuu, sillä elimistöstä poistuvasta lämmöstä 80 – 90 prosenttia siirtyy vaatetuksen läpi. Vaatteiden on samanaikaisesti pystyttävä toimimaan hyvänä lämmöneristäjänä sekä vesihöyryläpäisijänä, jotta vaate toimii. Suojauduttaessa luonnonolosuhteiden vaikutuksilta, vaatteiden ja varusteiden on täytettävä lukuisia samanaikaisia ja päällekkäisiä vaatimuksia, jotta tulevaisuuden taistelija voi suoriutua jatkuvasti muuttuvissa sääolosuhteissa. Vaatteiden on oltava yhteensopivia ja modulaarisia sekä erilaista kulutusta kestäviä [39] sivu 79.

Käsinejärjestelmien ergonomisuus ja käytettävyys korostuvat taistelukentällä. Käsinejärjestelmien tuotekehitystyössä on päästy merkittävästi eteenpäin. Tuotteiden kehitystyössä on pyritty suojaamaan käsiä ja sormia samalla niiden toimintakyvyn säilyttäen. Taistelijan vaatetusjärjestelmään on onnistuttu kehittämään käsineiden lisäksi kasvoja suojaavia järjestelmiä. Molemmat kehitystyöt konkretisoituvat taistelijan vaatetusjärjestelmä M2005 lopputuotteena [6] [15].

#### 2.6.10 Maaston ja heijastusominaisuuksien aiheuttamat vaikutukset

Kansallisissa ja kansainvälisissä tehtävissä toimivan taistelijan on pystyttävä ottamaan toiminnassaan huomioon maaston ja heijastusominaisuuksien vaikutukset. Tulevaisuudessa lukuisten optoelektronisten laitteiden täyttämä taistelutila vaatii

taistelijaa ymmärtämään ja ottamaan huomioon maaston ja heijastusominaisuuksien vaikutukset omassa toiminnassaan. Perinteinen maaston peitteisyys ei anna välttämättä sitä suojaa taistelijalle, mitä perinteisesti on totuttu siltä saamaan. Taistelutilassa toimivat maavalvontatutkat ja tiedusteluajoneuvot ja -lennokit tiedustelevat jatkuvasti kaikkina vuoden ja vuorokauden aikoina. Nykyaikaisten taistelukentällä vaikuttavien laitteiden suorituskyky on tiedettävä ja tunnettava, jotta taistelija osaa käyttää maastoa ja taistelukentän olosuhteita oman toimintansa kannalta optimaalisella tavalla.

Vaakasuunnassa tapahtuvassa tähytyksessä puuston ja maastoesteiden merkitys on lähes sama kuin ennenkin. Kesäoloissa lämpökameran käyttöä tiedusteluun rajoittavat puusto ja tiheä aluskasvillisuus. Pimeys antaa enää vain rajallisen suojan taistelijoille. Niin metsä- kuin kaupunkialueen tarjoaman suojan hyödyntäminen edellyttää varusteiden suorituskykyarvojen ymmärtämistä sekä tarkkaa varusteiden suunnittelua. Joukon toiminnan paljastuminen voi seurausta olla yhden taistelijan paljastumisesta viholliselle. Suojautumisella tarkoitetaan havaitsemisen, luokittelun ja tunnistamisen estämistä [26] [1] sivut 34 - 35.

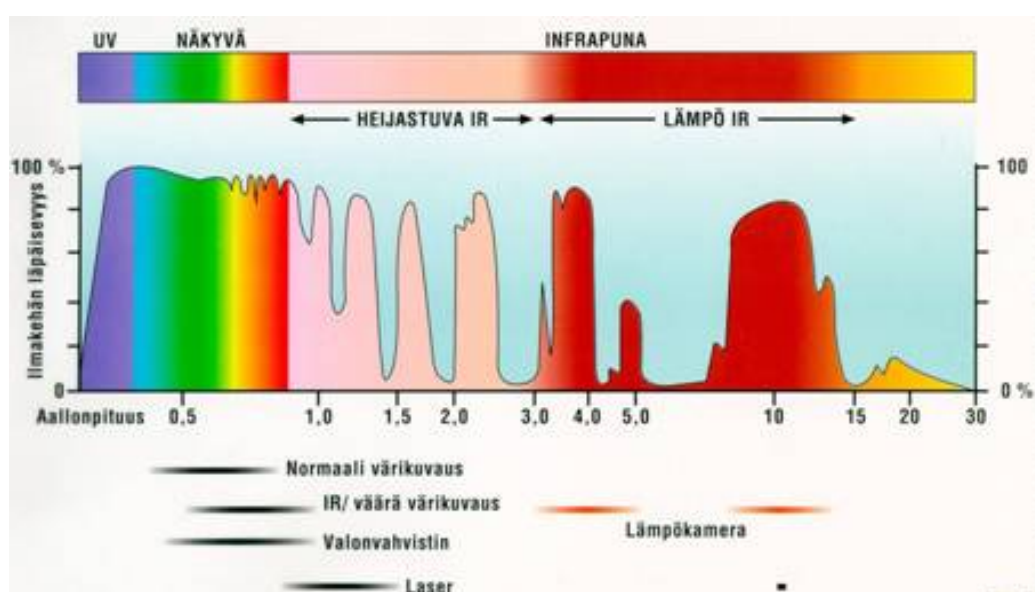
Metsät peittävät 70 prosenttia suomalaisesta maastosta. Puuttomia alueita edustavat tunturit, suot, pellot, vesistöt. Taajamissa puustoa on jonkin verran, erityisesti kaupunginosien välillä ja erilaisina suojavyöhykkeinä ja puistoina. Taajamien sijoittuminen liikenteen solmukohtiin tekee taajamista tulevaisuuden taistelukentän todennäköisiä tavoitealueita. Tämä on huomioitava operatiivisissa suunnitelmissa sekä ennen kaikkea varusteiden, vaatetuksen ja taistelijan välineiden suunnittelussa. Kaupunkialueella tapahtuvissa toiminnoissa tarvitaan muun muassa ympäristöön soveltuva häivesuojamateriaali.

Taistelutoiminta muokkaa niin metsämaastoa kuin taajama-alueitakin. Häivetekniset välineet ja menetelmät on suunniteltava kestäväksi asevaikutusta ja toimimaan asevaikutuksen jälkeenkin. Tulipaloista ja räjähdyksistä syntyvän pölyn ja noen aiheuttama vaikutus tai sen väistäminen on huomioitava naamiointi- ja häivesuojamateriaalien suunnittelussa [1] sivu 21. Kyseiset materiaalit ja välineet on oltava helposti puhdistettavia tai nopea ja pölyä hylkiviä. Taistelukentän muuttuminen metsämaastosta asutuskeskusympäristöön lisää haastetta tulevaisuuden UV-VIS-NIR-alueen häivetekniikalle [36] sivu 438. Uuden uhkan tällä alueella muodostaa hyperspektraaliset kuvausmenetelmät. Nämä mittaavat heijastuvaa säteilyä jopa

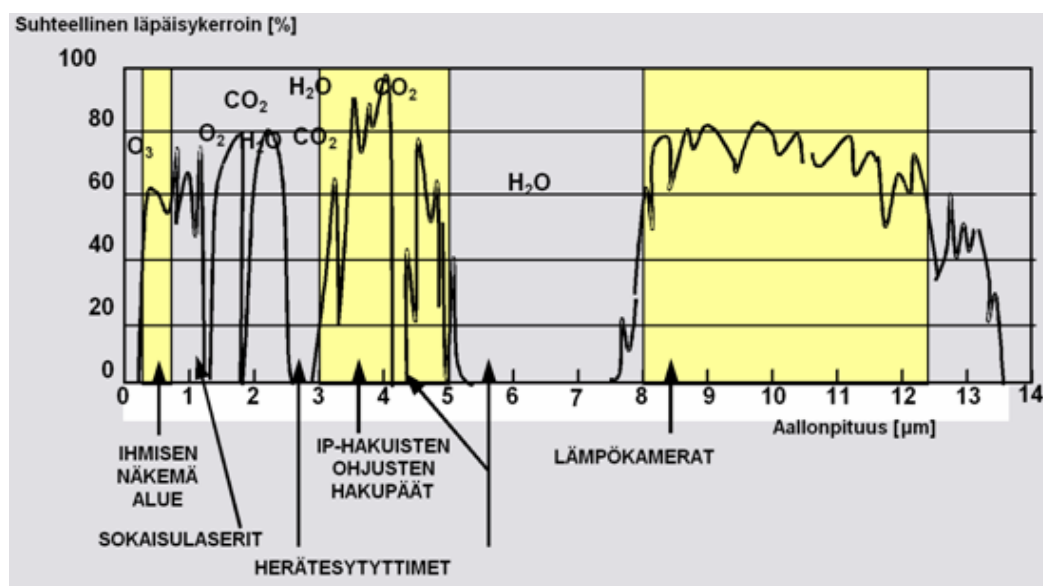


sadoilla jatkuvilla kapeilla kaistoilla, jolloin kustakin kuva-alkiosta saadaan spektri. Tällä tiedustelu- ja valvontamenetelmällä saatu tieto lisää riittävästi naamioitu kohde [36] sivu 439.

Uusimmalla tekniikalla tuotetaan yhä erottelukykyisempiä ja eri aallonpituuksia käyttäviä sensoreita taistelukäyttöön. Tämän takia maastouttamisen merkitys on kasvanut. Sotilaallinen toiminta on tiedustelun osalta laajentunut lähes koko elektromagneettisen spektrin alueelle. Tämä edellyttää varusteiden, maastouttamisvälineiden ja häiveteknisten materiaalien jatkuvaa kehittämistä [36] sivu 440.



Kuva 9: Ilmakehän aukot eli ikkuna [26].



Kuva 10: Ilmakehän ikkunoiden hyödyntäminen [26].

Ultraviolettialueella ei kesäaikaan esiinny merkittäviä eroja materiaalien heijastusominaisuuksissa. Ongelmat korostuvat lumisissa olosuhteissa. Lumiympäristön heijastukset ovat suhteellisen korkeita eli noin 65 – 85 prosenttia [36] sivu 438. Talvella käytettäviltä maastouttamismateriaaleilta edellytetään riittävän korkeita UV-alueen heijastusarvoja. Näiden arvojen nostaminen on mahdollista käyttämällä tavallisten valkoisten pigmenttien sijasta erikoispigmenttejä. Nykyisin käytössä olevien taistelijan vaatetusvarustus M2005:n yhteydessä käytettävien talvinaamioverkkojen, lämpönaamiopitteiden ja lukipukujen heijastusominaisuudet täyttävät vaatimukset. Taistelijan on käytettävä kesällä ja talvella kasvonaamiovärejä, jotta kasvojen muoto saadaan rikottua. Taistelijan on huomioitava UV-alueella heijastavan erikoismateriaalin herkkyys kulumisen ja likaantumisen suhteen, jolloin ne menettävät heijastusominaisuutensa.

Näkyvän valon aallonpituusalueelle eli VIS-alueella (0,4–0,7  $\mu\text{m}$ ) toimivien tiedustelujärjestelmien kehitys mahdollistaa pienten liikkumattomien kohteiden erottamisen taustastaan entistä kauempaa. Mikäli sensori havaitsee poikkeaman tähytettävässä alueessa tai kohteessa, sen tarkastelu voidaan rajata pienemmälle alueelle, jolloin kohteen luokittelu ja tunnistaminen helpottuvat. Taistelija havaitsee VIS-alueella vaikuttavat kohteet näkyvien varusteiden värityksen, vaaleusasteen, muodon, varjon ja liikkeen perusteella. Taistelijan kannalta ongelmallisinta on liikkeen paljastavuus sekä taustana olevan ympäristön suuret alueelliset värierot. Värytykseen pysyvyyttä heikentävät luonnollisesti pukujen kulumisen ja näiden huoltotoimenpiteenä tehtävä peseminen. Naamiomateriaali toimii vain siinä ympäristössä, johon se on valmistettu. Vaihtuvia ympäristöjä varten taistelija on varustettava erillisillä naamioverkoilla [47].

Lähi-infrapuna eli NIR-alueella (0,7–2,5  $\mu\text{m}$ ) toimivat sensorit mittaavat silmälle näkymätöntä säteilyä. Taistelijan varusteiden ja vaatetuksen oikeavärisyyden lisäksi niiden on oltava heijastavia käyttötaustansa kanssa 2500 nanometrin aallonpituusalueelle saakka.

Maastouttamismateriaalit on valmistettu IR-heijastaviksi käyttämällä IR-alueella heijastavia väriainepigmenttejä oikeassa suhteessa. Värit heijastuvat oikeanlaisina. NIR-alueella suojamateriaalit edellyttävät samoja heijastusarvoja, joita luonnossakin esiintyy. Tämän toteuttamiseksi tarvitaan tavallisia väriaineita. Menetelmä on

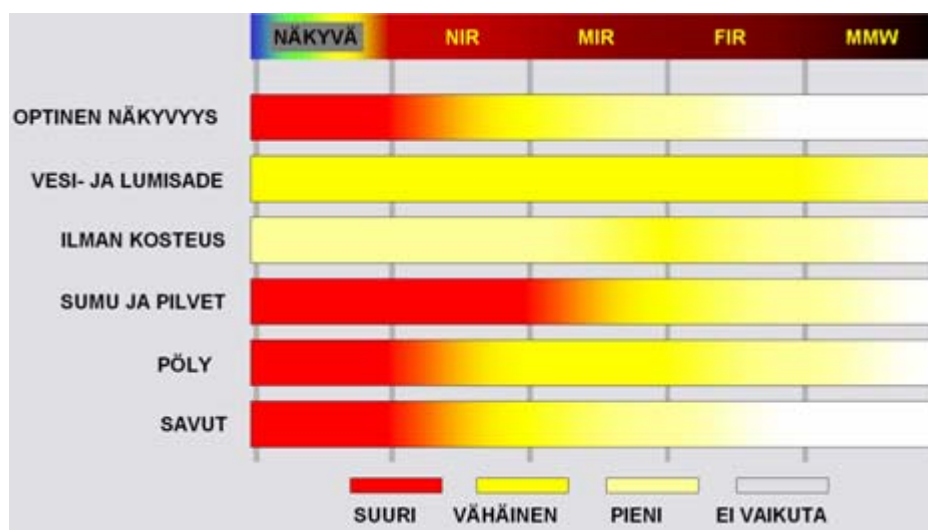
seuraava: Puuvillaa painetaan kyyppiväreillä siveltyjä muovitettuja kankaita pigmenttiväreillä. Molemmilla väriaineilla on erilaisia IR-heijastuskäyriä. Valitsemalla sopivat väriaineet ja niiden kombinaatio, saadaan IR-heijastuskäyrät kulkemaan luonnon heijastuskäyrien mukaisesti. Luonnonmateriaalien käyttöä ei kannata kuitenkaan unohtaa niiden tarjotessa erinomaisen suojan NIR-alueen aallonpituusalueella toimivia valvontalaitteita vastaan. Taistelijan on kesäaikana suojattava kasvonsa käyttäen NIR-heijastavaa kasvonaamiomaalia [36] sivu 436. UV-VIS-NIR-alueen häivetekniikka on suhteellisen helppo toteuttaa, sillä tarvitaan vain sopivat pinnoitteet naamioitavalle materiaalille. Materiaalin alusrakenteille ei ole herätteisiin vaikutusta [36] sivu 436.

TIR-alue eli terminen infrapuna-alue jakaantuu kahteen alueeseen, MWIR (3-5  $\mu\text{m}$ ) ja LWIR-alueeseen (8-14 $\mu\text{m}$ ) [36] sivu 436. TIR-alueella kuvan muodostuminen perustuu kohteen lähettämään lämpösäteilyyn. Luonnonmateriaalien ja maalien emissiivisyysarvot ovat yleensä 0,9 - 0,95. Materiaalien emissiivisyysarvot muuttuvat niiden pintakäsittelyn yötä. Maastouttamismateriaalin toimivuuden varmentamiseksi tulee tuntea materiaalin käyttäytyminen koko aallonpituusalueella. Kannettavalla, kevyellä (esimerkiksi Matis), lämpökameralla tapahtuvassa tiedustelussa ihminen voidaan havaita 7,5 kilometrin etäisyydeltä ja luokitella 1,9 kilometrin etäisyydeltä lähtien [26].

Millimetri- ja tutka-alue on 20 MHz-144 GHz [36] sivu 436. Tutka on aktiivinen sensori, jolla voidaan havaita kohde. Tutka lähettää aktiivista lähetettä ja vastaanottaa takasin heijastuneen säteilyn muodostaen kohteesta informaation heijastuneen säteilyn perusteella. Tutkaa voidaan käyttää sääolosuhteista riippumatta, sillä pilvet tai sade tai kohteen suojaamiseksi käytetyt savut eivät vaikuta merkittävästi tutkan ominaisuuksiin. Maalla tapahtuvaan tutkaamiseen tarvitaan suurta erottelukykyä havaitsemaan kohteesta saatavat kaiut ympäröivän maapinnan kaiuista. Tutkatiedustelulta voidaan suojautua kohteen muotoilulla siten, että siitä muodostuu mahdollisimman pieni tutkapoikkipinta-ala uhkasuuntaan. Absorboivien materiaalien käyttö sekä tutkanaamioverkon käyttö ehkäisevät kohteen paljastuvuutta.

Taistelijan tiedustelu- ja valvontavälineiden on täytettävä tehtävänsä kaikissa taisteluympäristöissä ja taistelukentän olosuhteissa. Sään ja olosuhteiden vaikutuksen myötä taistelijan on pystyttävä valitsemaan kulloisellekin olosuhteelle

optimaaliset laitteet ja välineet parhaaseen lopputulokseen pääsemiseksi. Taistelijan tiedustelu- ja valvontavälineiden on täytettävä tehtävänsä kaikissa taisteluympäristöissä ja taistelukentän olosuhteissa. Sään ja olosuhteiden vaikutuksen myötä taistelijan on pystyttävä valitsemaan kulloisellekin olosuhteelle optimaaliset laitteet ja välineet parhaaseen lopputulokseen pääsemiseksi.



Kuva 11: Sään vaikutus lämpökameran toimintaan [26].

Taulukko 13: Kannettavan lämpökameran suorituskyky [26].

	Hyvä näkyvyys	Huono näkyvyys
Havaintoetäisyys	2240 m	1630 m
Luokitteluetaisyys	780 m	705 m
Tunnistusetäisyys	400 m	375 m

## 2.7 Käyttäjän asettamat vaatimukset varusteille

Yksittäisen taistelijan on kyettävä luottamaan itseensä ja varusteisiinsa sekä näiden tarjoamaan suojaan ja suorituskykyyn. Luottamuksen merkitys taisteluiden onnistumisessa on kriittinen tekijä onnistumisen ja tehtävän täyttämisen kannalta. Fyysisistä suorituksista selviytyminen vahventaa tätä luottamusta.

Tulevaisuuden taisteluissa toimintakyky on kyettävä säilyttämään. Taisteluiden aikana yksilön ja joukon fyysinen suorituskyky heikkenevät varsin nopeasti [27] sivu 8. Sotilailta edellytetään johtamis- ja suoritusasolla hyvää fyysistä suorituskykyä. Tulevat operaatiot edellyttävät sotilailta yhä pidempiä jaksoja ilman lepoa ja heidän

on palauduttava lyhyemmässä ajassa taisteluiden rasituksista. Taistelijan on kyettävä toimimaan järkevästi väsyneenäkin [27] sivu 8.

Sotatoimet vaativat sotilailta kykyä liikkua ja selvittää toimintakykyisinä taistelukentän olosuhteissa kaikkina vuorokauden ja vuodenaikoina. Varusteiden tulee suojata taistelijaa eri vaikutustekijöiltä, mutta varusteiden on mahdollistettava taistelijan liikkuvuus ja nopeus.

Taistelijan optimaalinen varusteiden massa on 22 kilogrammaa [37] sivu 276. Mikäli sotilaan mukanaan kuljettava massa on tätä suurempi, hänen suorituskyky laskee jyrkästi. Painonrajoitussyistäkin sotilaan vaatetus ja varustus on suunniteltava integroiduksi ja moduloiduksi järjestelmäksi. Käyttäjän on voitava nopeasti säätää varustuksen ominaisuuksia ja kokoonpanoja uhkakuvan ja suojaustasovaatimusten mukaisesti [20]. Integroidulla järjestelmällä on mahdollista parantaa sotilaan liikkuvuutta, suorituskykyä, eloonjäämiskykyä sekä sotilaan mukavuutta [37] sivu 276. Jotta varusteiden tuotekehitystyössä onnistutaan loppukäyttäjää tyydyttävällä tavalla, on tuotekehitystyössä suunniteltava sotilas integroituna kokonaisjärjestelmänä alusta loppuun saakka.

Vaatetusvarustuksen kehittämisen kannalta on keskeistä kakkien taistelijan välineiden ja varusteiden yleinen keventäminen. Taistelijan vaatetus- ja varustemateriaalia kehitettäessä on huomioitava tulevaisuuden taistelukentän ominaispiirteet ja taistelujen luonne mahdollisimman tarkasti, jotta asu- ja vaate- sekä varustuskokonaisuudet toimivat tuotteiden loppukäyttäjää parhaiten hyödyttävällä tavalla. Tämä johtaa vääjäämättä kalliimpien vaate- ja varusteratkaisuiden käyttöönottoon, mutta se on hyväksyttävä, mikäli kestäviä ja suorituskykyisiä jalkaväkisotilaita halutaan tulevaisuuden taisteluissa käyttää.

## **2.8 Johtopäätökset**

Taistelija 2020 joutuu toimimaan nykyistä taistelukenttää monipuolisemmissa toimintaympäristöissä, joiden luonne muuttuu nopeammalla intensiteetillä kuin mihin nykyisillä taistelukentillä ja kriisialueilla on totuttu. Perinteisesti taistelijan toimintaan ovat vaikuttaneet sää, vuoden- ja vuorokaudenaika, tehtävä ja sen suoritusympäristö, toimintaympäristön asevaikutukset ja maastouttamisvaatimukset. Nykyaikaisten kriisien kirjo ja nopeat taistelutilanteiden muutokset ja kriisinhallintatehtävien nopeat

muutokset mellakasta täysimittaiseksi aseelliseksi konfliktiksi vaativat tulevaisuudessa taistelijalta enemmän muutosvalmiutta.

Sotilaan vaatetus- ja suojarusteiden suunnitteluun on kiinnitettävä merkittävästi huomioita, jotta ne palvelevat käyttötarkoitustaan erilaisissa taistelijan tehtävissä. Varusteiden ja vaatteiden on toimittava suunnitellulla tavalla niin kaupunkitaisteluympäristössä, erityyppisissä metsissä, meren ja vesistöjen vaikutuspiirissä ja jopa maantieteellisesti kaukana Suomen alueella vallitsevista olosuhteista. Lämpökuorman säätely vaatteiden avulla, kylmän ja viiman torjunta sekä vaateen kyky lämmittää ja torjua kosteutta kaikissa olosuhteissa taistelukentällä korostuvat entisestään. Sotilaiden määrän vähentyessä miehistötappioihin ei ole varaa. Taistelijan on pystyttävä toimimaan häiveteknisesti hyvin suunnitellulla varus- ja vaatetamateriaalilla, jotta hän voi väistää nykyaikaisten aseiden ja tähystimien havaitsemisen ja tunnistamisen, jolloin hän pystyy välttämään asevaikutuksen ja jatkamaan tehtäväänsä.

Asevoimien supistamisesta johtuen tulevaisuuden taistelukenttä tulee olemaan nykyistä hajautetumpi. Tämä asettaa vaatimuksia joukkojen toimeenpanon nopeudelle sekä strategiselle ja operatiiviselle liikkuvuudelle. Taistelijan (inhimillisiä) suorituskykytekijöitä ei kuitenkaan voida korvata teknisillä ratkaisulla ja välineillä. Tulevaisuuden uhkamallit asettavat suuria vaatimuksia myös taistelijan taidoille ja varustukselle. Taistelijaa tuleekin tarkastella tulevaisuudessa järjestelmänä, joka sisältää vastaavia suorituskyvyn päänimikkeitä, joita aiemmin on käsitelty esim. maa-ajoneuvojen yhteydessä.

Taistelutempon kasvamisen myötä yksittäisillä taistelijoilla on oltava aiempaa tarkempi tilannekuva lähiympäristöstään ja omista joukoista. Tarve fyysiselle maaston hallussa pidolle tulee säilymään myös tulevaisuudessa, vaikka uusien teknologioiden myötä myös taistelijan kyky vaikuttaa yhä pidemmille etäisyyksille tulella tai muilla vaikuttamiskeinoilla tulee kasvamaan. Kaupungistumisen myötä todennäköisimmät taisteluaseet ovat rakennetuilla alueilla. Vaikuttamiskeinoja valittaessa tulee huomioida sivullisille (ihmisille ja rakenteille) aiheutettujen tappioiden minimointi.

Taistelijan sensori- ja havainnointijärjestelmien tulee mahdollistaa ympärivuorokautinen toiminta erilaisilla operaatioalueilla. Rintamalinjojen

epäselvyydestä johtuen omat joukot tulee olla helposti tunnistettavissa vihollisesta. Erilaiset, kaukokäytöllä toimivat, valvontalaitteet mahdollistavat informaation saannin aiempaa laajemmalla alueella, antavat ennakkovaroituksen vihollisen liikkeistä ja keventävät taistelijoiden fyysistä kuormitusta alueen valvonnan osalta. Lisäksi taistelijan tai ryhmän sensorivarustukseen sisältyy laitteita, joilla voidaan havaita uhkaava – esimerkiksi tarkka-ampujatoiminta – tilannekehitys.

Yksittäisen jalkaväkitaistelijan on hallittava menetelmät, joilla suojautua valvonta ja tiedusteluvälineiltä koko sähkömagneettisen spektrin alueella. Hänellä on oltava tähän sopivat vaatteet, varusteet ja apuvälineet, jotta hän voi estää paljastumisensa vihollisen valvonta- ja tiedustelujärjestelmille.

Yksittäisen taistelijan osalta ballistisen suojan käsitys tulee muuttumaan sotilaan selviytymiskyvyn kokonaisuudeksi. Nykyisin ballistinen suojaus käsitetään omaksi kokonaisuudekseen, jolla ei ole liittymäpintoja taistelijan muuhun varustukseen. Selviytymiskyvyn kokonaisjärjestelmällä ymmärretään järjestelmäkokonaisuutta. Tämä sisältää kaikki taistelijan kokonaisuuden osa-alueet. Lisäksi järjestelmäkokonaisuus käsittää mahdollisimman alhaiselle tasolle tuodun ensihoitokyvyn.

Suoja ABC-aseiden vaikutuksilta on pystyttävä torjumaan ja väistämään kaikin keinoin. Henkilökohtaiset suojavälineet pystyvät oikein käytettyinä suojaamaan tehokkaasti altistukselta, mutta niiden jatkuva käyttö ei ole mahdollista ihmisen fysiologisista ominaisuuksista johtuen. Suojautumisen myötä väistetään taisteluaineiden vaikutukset, mutta taistelija on poissa taistelutehtävistä. Taisteluaineen käyttäjä onnistuu ainakin osittain tavoitteessaan lamauttamaan vastapuolen taistelijat. Taistelijan on saatava mahdollisimman aikaisessa vaiheessa varoitus altistumisen vaarasta sekä sen laadusta. Tällöin taistelija ehtii suojautua ajoissa oikeilla menetelmillä ja valituilla suojavälineistä saadaan paras mahdollinen teho irti. Suojelutiedustelun ja -valvonnan merkitys korostuu, samoin tilanteiden ehkäisyyn tähtäävä toiminta.

Tulevaisuudessakin taistelijoiden henkilökohtainen ABC-suojavälineistö tulee säilymään keskeisellä sijalla, sillä suojautumismenetelminä tulevat säilymään henkilön eristäminen suojavälineistöllä ympäröivästä ilmasta. Keskeisenä

suojautumismenetelmänä säilyy epäpuhtauksien suodattaminen käytettävästä hengitysilmosta.

Tulevaisuuden taistelukentän suojautusvaatimukset kasvavat. Suojavarusteiden on oltava keveitä käyttää, nopeita päälle puettavia sekä käyttömukavia. Suojavarusteiden puhdistettavuuteen taistelukentällä sekä kestävyYTEEN on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tavoitteena suojarusteiden käytössä tule olemaan suojauminen mahdollisimman alhaisesta uhkatasosta alkaen, jotta suojarustuksen käytön haita saadaan mahdollisimman pieneksi ja taistelijan selviytymistodennäköisyys mahdollisimman suureksi. Lääkinnällisin toimenpitein varautuminen tulee korostumaan. Taistelijat tulee ennalta rokottaa tai lääkittää ennen toimialueelle siirtymistä. Myös riskit ennaltaehkäisevässä hoidossa on selvitettävä päätöksiä ja suunnitelmia tehtäessä.

Yksittäisen taistelijan vaatetusmateriaalissa tulee tapahtumaan muutoksia. Erilaisten keskenään integroitujen ja modulaaristen ratkaisujen määrä asukokonaisuuksissa lisääntyy. Tulevaisuudessa taistelijan vaatetusmateriaali yhdessä varustemateriaalin kera ovat yhteensopivia kokonaisjärjestelmiä. Varusteista ja vaatteista valmistetaan tuoteperheitä. Tuoteperheiden modulaarisuus ja integraatio lisääntyvät. Taistelijan vaatetusmukavuus lisääntyy, varusteiden kokonaisuudessa kevenee uusien valmistustekniikoiden ja älykkäämpien vaatetusmateriaalien ja paremman ergonomian omaavien tuotteiden käyttö ymmärretään päättävillä tasoilla saakka.

## **3 VAATIMUKSET TAISTELIJAN JÄRJESTELMÄLLE**

### **3.1 Johdanto**

Taistelija on alettava nähdä kokonaisjärjestelmänä, johon kuuluvat vaatetus, ballistinen suoja, erilaiset sensorit, asejärjestelmä sekä suorituskyvyn ylläpitoon liittyvät laitteet ja järjestelmät [37] sivu 265. Muualla maailmassa keskeisiä taistelijan järjestelmäkokonaisuuteen tähtäävistä hankkeista maailmalla ovat Ruotsin MARKUS, Yhdysvaltojen Land Warrior, Iso-Britannian FIST, Ranskan FELIN, Italian SOLDATO FUTURO, Saksan Infanterist Der Zukunft ja Israelin Digital Soldier [20]. Hankkeet tähtäävät vuosiin 2008 – 2015. Näiden hankkeiden päämääränä on parantaa taistelijan tilannetietoisuutta ja havainnointikykyä ympäröivästä taistelutilasta. Tavoitteina ovat myös tulen tehon kasvattaminen, sen tarkkuuden parantaminen ja havainnointi- ja toimintakyvyn parantaminen huonoissa näkyvyysolosuhteissa.



Taistelijan henkilökohtaista suojaa parannetaan uusilla suojamateriaaliratkaisuilla. Lopullisena tavoitteena on integroida kokonaisjärjestelmä digitaaliseen taisteluverkkoon, joka parantaa kokonaisjärjestelmän ja siinä toimivan yksittäisen taistelijan onnistumistodennäköisyyttä ja vaikutusmahdollisuuksia tehtävässä.

### **3.2 Johtamis- ja tiedustelujärjestelmä**

Taistelukenttä monipuolistuu ja taistelujen tempo muuttuu nykyistä kiivaammaksi. Taisteluissa onnistuminen vaatii hyvin suunniteltua ja organisoitua johtamis- ja tiedustelujärjestelmiä. Johtaminen ja tiedustelu perustuvat ennakkosuunnitteluun ja hyvin toimiviin päätelaitteisiin. Johtamis- ja tiedustelujärjestelmä on integroitu verkko joka ulottuu yksittäisestä taistelijasta ylöspäin [7] sivu 76.

Johtamis- ja tiedustelujärjestelmä perustuu ohjelmistoradioihin. Liikkuva soluverkko yhdistää ryhmä- ja taistelijatasen kommunikaatiovälineet integroiduksi dataverkoksi. Yksittäisellä taistelijalla on mahdollisuus hyödyntää lähiympäristöstä saatua tietoa [37] sivu 2653 - 264. Periaatteessa tiedonsiirto on mahdollista yksittäiseltä taistelijalta minne tahansa, mutta normaalitilanteessa se rajoitetaan vain omaan johtoportaan. Tämä selkiyttää johtamista. Tiedonkulku on automatisoitu. Mikäli tieto ei tavoita vastaanottajaa, se välittyy varajohtamispaikkaan tai ylemmälle johtoportalle. Viestiverkossa liikkuva tieto on salattua [37] sivu 263. Salausmenetelmä mahdollistaa tiedon tunnistamisen, luotettavuuden, käytettävyyden sekä eheyden. Tiedon lähettäjä tunnistetaan, sillä jokaisella päätelaitteella on sekä verkko- että käyttäjätason tunnistus. Hätäsanomien lähettäminen onnistuu kaikilla laitteilla, vaikka verkkotason tunnistusta ei olisi tehtykään.



rajapinnat. Käyttöoikeuksilla ja palomuureilla määritetään kunkin käyttäjän pääsy hänen tarvitsemiinsa palveluihin verkossa. Taistelija on tässä alimmalla tasolla pienimmillä käyttöoikeuksilla toimivana osana [37] sivu 264].

Taistelijan tasolla tiedustelu ja valvontavälineet keskittyvät lähiympäristön havainnointiin. Ne liittyvät kuitenkin taktisen tulenkäytön ja taistelualueen hallintajärjestelmiin tuottaen järjestelmään lisätietoa päätöksenteon tueksi. Taistelijan tärkeimmät havainnointivälineet tällä hetkellä ovat valonvahvistimet ja lämpötähystintekniikkaan perustuvista optronisista laitteista sekä aseisiin integroiduista tähtäinlaitteista sekä käytössä olevista sensoreista ja paikannuslaitteista [37] sivu 274. Kärkitaistelijoiden varustukseen on pyritty integroimaan VIS, IR ja NIR alueen tähystys- ja pimeänäkölaitteita, laskintähtäimiä, erilaisia sensoreita ja hälyttimiä. Kokonaisuuteen kuuluvat omatunnistuslaitteen, paikkatieto- sekä tiedonsiirtojärjestelmän. Tulevaisuudessa taistelijanvarustuksen integrointi käsittää asejärjestelmän ja sen tähtäinlaitteiden, tähystys- ja valvontalaitteiden, erillisten sensorien sekä tiedonsiirtojärjestelmien yhdistämisen toiminnalliseksi kokonaisuudeksi [37] sivu 274.

Taistelija on eräänlainen sensori, joka tuottaa järjestelmään lisää tietoa. Taistelijan tiedustelu- ja valvontajärjestelmän kautta tuottama informaatio yhdistetään sensorifuusion avulla [37] sivu 274. Tiedonsiirtojärjestelmän kautta tuotettu tieto välitetään taistelijan kypäränäyttöön tai muulle päätelaitteelle [7] sivu 70. Välitetyn tiedon muoto riippuu päätelaitteesta. Välitetty tieto voidaan esittää puheella, symbolikirjastoon perustuvalla merkistöllä, tai muuna valittuna muotona. Tarvittaessa tieto voidaan välittää usealle taistelijalle samanaikaisesti sekä joukon ajoneuvoille sekä tulenkäyttöjärjestelmille. Tiedon merkitys kumuloituu ja sen samanaikaisen käytettävyyden kautta tiedosta saadaan maksimaalinen hyöty irti taistelijoiden toiminnan kautta.

Taistelijoiden lukumäärä taistelukentällä vähenee, mutta samanaikaisesti yksittäisen sotilaan vaikutusmahdollisuudet kasvavat kasvaneen tulivoiman, tulenkäytön hallinnan sekä parantuneiden johtamisjärjestelmien myötä. Välineistön lisääntyessä haasteet koulutukselle kasvavat merkittävästi. Koulutuksessa kokonaisjärjestelmien käytön mallinnuksen ja simuloinnin merkitys on keskeinen.

Taistelijat kommunikoivat ryhmätasolla puheella. Puheen tuottaminen on nopeaa ja sen käyttöön on totuttu. Jokaisen taistelijan kommunikaatiovälineeseen voidaan liittää audivisuaalisia laitteita ja ilmaisimia. Ryhmän käytössä olevalla radiolla välitetään tieto taktiseen tietoverkkoon, josta se ohjautuu tarvitsijoille. Taktisen päätelaitteen ansiosta perusyksikön ja ryhmän välinen kommunikointi on mahdollista. Joukkoyksikötasolta alkaen päätelaitteista löytyvät tiedon analysointityökalut, joilla nopeutetaan suunnittelua ja päätöksentekoa. Esimerkki tällaisesta laitteesta on komentajan digitaalinen kämmentietokone (CDA, Commanders Digital Assistant). Yhtymätasolla päätelaite kytkeytyy tietokantaan, jonka avulla tiedon analysointijärjestelmä voi suorittaa todennäköisyyteen perustuvia laskelmia päätöksenteon tueksi.

Taistelutilan muutosten ja nopeatempoisen taistelurytmin takia puheella tapahtuva viestintä osuus tulee lisääntymään tilanteenmukaisen johtamisen myötä. Tietoturva kehittyä uuden tiedonsiirtotekniikan myötä, joten puheen luotettavuus ja turvallisuus säilyvät [37] sivu 275.

### **3.3 Paikantamisjärjestelmät**

Paikantamistekniikoiden merkitys taistelukentällä kasvaa. Paikkatieto vaikuttaa keskeisesti taistelijan tilannetietoisuuteen, joka taas vaikuttaa taistelijan päätöksentekoprosessiin ja edelleen taistelijan toimintaan ja suorituksiin. Taistelijan on oman sijainnin lisäksi tiedettävä omien taistelijoiden sijainti mahdollisimman tarkasti omien tappioiden välttämiseksi sekä mahdollisten itse heille vahingossa tuottamien tappioiden välttämiseksi [20]. Vihollisen paikkatieto tarvitaan karkeasti, jotta oma vaikuttava toiminta voidaan suunnata oikeaan suuntaan ja oikealle alueelle. Liian tarkan paikkatiedon saaminen yksittäisen taistelijan tarkkuudella tilanteen jatkuvasti muuttuessa ei välttämättä anna lisäarvoa yksittäiselle taistelijalle. Tämä tarkka tieto saattaa pikemminkin hämmentää taistelijaa ja aiheuttaa liian tarkkaa oman toiminnan suunnittelua tehtävään käytössä oleva aika huomioiden. Paikkatietojärjestelmä mahdollistaa oman joukon liikkeen reaaliaikaisen seuraamisen. Paikkatiedon avulla kyetään kohdistamaan omien aseiden vaikutus nopeasti ja tarkasti oikeaan kohteeseen. Oikean paikkatiedon avulla kohteen tuhoamiseen voidaan käyttää oikeanlaista asetta ja minimaalista ampumatarvikemäärää. Tarkka paikkatieto säästää aikaa kohteen tuhoamisessa.

Liikkuvat tuliyksiköt pääsevät nopeammin kohteen läheisyyteen optimikantamalle, sekä irti tuliasemistaan, ennen kuin vihollisen vastatoimenpiteet alkavat vaikuttaa.

Paikantimet voidaan asentaa itsenäisenä laitteena haluttuun kohteeseen, taisteluajoneuvoon, taistelijaan tai tiedustelulennokkiin (mini- tai mikro-UAV) tai muuhun valittuun kohteeseen. Tulevaisuudessa paikannin tullaan integroimaan johonkin taistelijanjärjestelmään kiinteästi. Toimenpiteellä säästetään tilaa ja vähennetään päätelaitteiden määrää ennalta. Paikantamislaitteiden pienestä koosta johtuen niitä voidaan integroida useampaan päätelaitteeseen, jolloin toisen rikkoutuessa toinen laitteista toimii todennäköisesti edelleen.

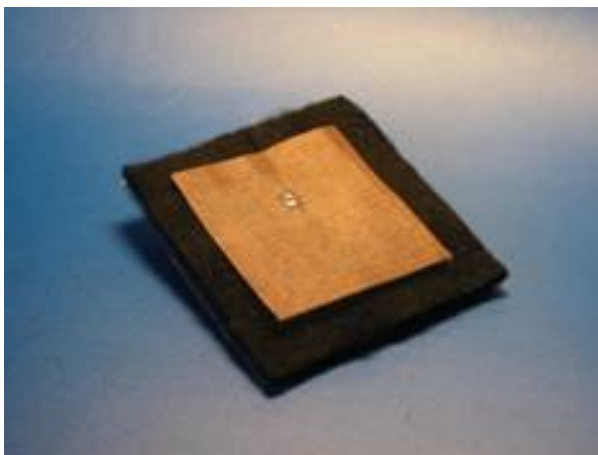
Paikantamistekniikoiden parantuessa taistelijoiden liike voidaan suunnata optimaalisia reittejä pitkin toimialueelle. Paikantamistekniikoiden yhdistäminen tiedustelu- ja tulenkäytön verkkoon mahdollistaa yksittäisen taistelijan tuottaman tiedustelutiedon välittömän käyttöönoton sekä nopean tulenavauksen vihollisen johtopaikkoihin tai tuliasemiin. Tulen johtaminen ja tulivaikutuksen todentaminen ja tulikorjaukset onnistuvat nopeasti, mikäli edellä mainitut johtamisverkot ovat synkronoitu ja yhteydessä toisiinsa reaaliaikaisesti.

Paikantamistekniikat kehittyvät jatkuvasti. Eurooppalainen Galileo-järjestelmä valmistuessaan mahdollistaa uuden palveluntarjoajan mahdollisuuksien hyödyntämisen. Sisällöllisesti uusi palveluntarjoaja ei välttämättä tarjoa mitään uutta tekniikoiden sisältöön. Paikantamistekniikassa oleellista on paikkatiedon mahdollisimman hyvä reaaliaikaisuus sekä paikkatiedon luotettavuus. Myös paikkatiedon yksinkertainen esittäminen taistelijan näytössä tai päätelaitteessa on oleellista. Yksittäisessä paikantimessa olevan paikkatiedon on siirryttävä myös reaaliaikaisesti ja automaattisesti johtokeskukseen, jotta tiedosta saadaan irti maksimaalinen hyöty. Vanhalla paikkatiedolla ei välttämättä ole enää merkitystä sen hetkisen tilanteen suorittamisen kannalta.

Tulevaisuudessa paikantamistekniikoiden on pystyttävä tuottamaan paikkatieto nopeammin, tarkemmin ja haastavimmissa taistelukentän olosuhteissa. Paikkatieto on saatava ahtailta rakennusten peittäimiltä kaduilta, rakennusten sisältä sekä tunneleista ja muista maaston muodostamista katveista. Paikkatiedon on oltava esitysgraafiikaltaan yksinkertaista ja helppoa tulkita.

Paikkatiedon on oltava mobiilista [37] sivu 563. Signaali on pystyttävä lähettämään liikkuvasta kohteesta, samoin sen vastaanotto on onnistuttava liikkuvaan laitteeseen. Paikkatietosignaalin on oltava salattua, paikkatieto on pakattava pieneen tilaan ennen sen lähettämistä, jotta se ei vie runsaasti kaistatilaa ja jotta se ei kuormita päätelaitteita tai tiedon vastaanottajaa. Paikkatiedon on oltava helppoa analysoida. Nykyisten paikantimien tilantarve voi olla noin 10 x 5 x 3 cm, massan ollessa noin 100 grammaa. Laite kestää sään vaihteluita, ollen roiskevesitiivis. Virtalähteen teho on noin 1750 mAh. Akun tehon riittävyys vaihtelee paikkatiedon lähettämisfrekvenssin, lämpötilan sekä taistelun aiheuttamien muutosten vaikutuksesta. Paikannin on suojattava taistelukentän sirpalevaikutuksilta ja sen antennin on oltava rakenteeltaan yksinkertainen, jotta se toimii taistelukentällä.

Paikkatietoon liittyvät antenniratkaisut voidaan älymateriaaleja apuna käyttäen integroida suoraan vaatteisiin. Toisessa vaihtoehdossa antenni voidaan ommella vaatteeseen.



Kuva14: Vaatteeseen integroitu antenni [34].

### **3.4 Taistelijan vaatetusjärjestelmä**

Taistelijan vaatetusvarustuksen merkitys korostuu muuttuvan taistelukentän ja siellä nopeasti tapahtuvien nopeiden uhkakuva- ja tilannemuutosten takia [7] sivu 66. Taistelijan varusteiden on oltava nopeasti päälle puettavia, modulaarisia ja toisiinsa ja kaikkiin sotilaan käyttämiin järjestelmiin integroitu. Taistelijan vaatetusjärjestelmä muodostaa alustan taistelijan muille järjestelmille. Taistelijanvaatetusvarustuksen suunnitteluun on kiinnitettävä riittävästi huomiota ja työhön on osoitettava riittävästi

resursseja. Taistelijan vaatetusvarustuksessa mahdollisesti tehtävät valmistus- ja suunnitteluvirheet kostaavat taistelijalle taistelukentällä. Varusteen on täytettävä sille asetetut lujuus- ja häivetekniset ominaisuudet, oltava ergonominen ja tarkoituksenmukainen, käyttäjälleen mukava ja turvallinen sekä tarkoituksenmukainen tehtävän täyttämiseksi [17]. Vaatteiden ja varusteiden jatkuvasti kohoavat tuotantokustannukset aiheuttavat haasteita teollisuudelle ja tuotteen tilaajille.

Taistelija ei suoriudu tehtävästään ilman kunnollisia ja tarkoituksenmukaisia varusteita. Puolustusvoimiemme sotilaalla on käytössä 1990-luvun alkupuolella käyttöönotettavaksi hyväksytty Taistelijan vaatetusvarustus M91. Kyseinen asukokonaisuus on kehitystyön konkreettinen tulos. Taistelijan vaatetusvarustus M91 perustuu kerrospukeutumiseen. Edellinen taisteluasukokonaisuus oli vuodelta 1962.

Taistelijan vaatetusvarustuksessa on huomioitu häivetekniset ominaisuudet IR-alueella tapahtuvaan havainnointiin. Vihreän, vaaleanvihreän sekä ruskean infrapunaheijastukset ovat luontoa vastaavien käyrien mukaisia 950 nanometriin saakka. Asukokonaisuuden vedenhylkimisominaisuudet ovat maastopukuun M62 verrattuna selkeästi paremmat. Taistelijan vaatetusvarustus M91 on tultua tiensä päähän, sen tilalle on suunniteltu taistelijan vaatetusjärjestelmä M2005.

Taistelijan vaatetusjärjestelmä M2005 sisältää seuraavat kokonaisuudet: asujärjestelmä, kantolaitejärjestelmä, ballistinen suoja, päänsuoja, käsinejärjestelmä ja jalkinejärjestelmä. Kyseinen hanke on lähestymässä tuotantovaihetta. Koesarjan tuotteita on valmistettu rajallinen määrä, jotta jo aiemmin suoritettujen kenttäkokeiden kautta saatava tieto voidaan hyödyntää tuotteiden loppuspesifikaatioita hiottaessa. Taistelijan vaatetusjärjestelmä M2005 on malliesimerkki hyvin toteutetusta hankkeesta. Hanke on edelleen käynnissä. Tärkeimpien joukkojen varustaminen alkaa näillä näkymin vuoden 2006 loppupuolella ja vuoden 2007 alkupuolella.

Järjestelmän ballistisen suojan rungon muodostavat sirpalesuojaliivillä sekä komposiittikypärällä. Tarkoituksena on suojata taistelija ensisijaisesti pienten sirpaleiden vaikutuksilta. Sirpalesuojaliivien  $V_{50}$ -suojausarvo on 500 m/s ja sen massa on 3 kilogrammaa. Valmistusmateriaalina on aramidikuitu ja väline toimii myös kantolaitejärjestelmänä. Sirpalesuojalevyn suojausominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä siihen yhdestä kahteen lisälevyä. Komposiittikypärissä on valittavana

kolmea eri kokoa. Kypärän massa on alle 1,1 kilogrammaa kypärän  $V_{50}$ -arvon ollessa 580 m/s. Sirpalesuojaliivi ja komposiittikypärä ovat suunniteltu siten, että niitä voidaan käyttää yhdessä kuulosuojaimien kanssa.

Taistelijan pään suojaamiseksi käytössä ovat kypärä, suojalasit, turkislakki, kesälakki, lieri- ja lippahattu sekä villamyssy sekä kasvonsuojus. Suojalasiensa tehtävänä on suojata taistelijan silmät lentäviltä sekundäärisirpaleilta ja liialta sekä räjähdysten paineaalloilta. Turkislakki on suunniteltu käytettäväksi kylmissä olosuhteissa suojaamaan taistelijaa kylmyyttä ja viimaa vastaan. Kesälakki suojaa taistelijaa auringonpaisteelta ja sään vaikutuksilta. Kasvonsuojuksen tehtävänä on suojata käyttäjänsä kasvoja paleltumilta sekä mekaanisilta vaurioilta [15] sivu 1.

Käsinejärjestelmän muodostavat alussormikas, kostean kelin erikoissormikas, kylmän kelin nahkakinnas ja lapanen. Taistelijan on helppo yhdistää edellä mainituista kulloiseenkin taistelutilanteeseen soveltuva käsineyhdistelmä. Tärkeintä on pitää kädet kuivina, lämpiminä ja toimintakykyisinä [5] sivu 1. Käsineitä käyttäessään taistelija voi välttää kontaktipaleltuman kylmissä olosuhteissa toimiessaan käyttämällä riittävän montaa ja oikeanlaista käsinekerrosta [5] sivu 1.

Jalkinejärjestelmän muodostavat pakkasaapas, kumisaapas, varsikenkä, alussukka ja kahta eri vahvuutta olevat saapas- ja päällisukat. Varusteiden käyttöperiaatteena on sama kuin käsinejärjestelmällä: Jalat on pidettävä kuivina ja toimintakuntoisina. Kullekin säätyypille ja kuhunkin taistelutehtävään ja tilanteeseen on valittavissa sopivin jalkine paikalliset olosuhteet huomioiden.

Taistelijan vaatetusjärjestelmään kuuluvat lisäksi alusasut. Järjestelmässä ovat sekä talvi- että kesäkäyttöön omansa. Erilaisten väliasujen avulla taistelija voi suojautua kylmyydeltä ja viimalta. Taistelijan vaatetusjärjestelmään kuuluva taukovaatetus mahdollistaa taistelijan suorituskyvyn säilymisen marssitaukojen aikana suojaten taistelijaa liialta jäähtymiseltä ja kovan tuulen vaikutuksilta. Taukovaatetukseen kuuluvat vaatekappaleet päällystakki ja pakkashousut mahdollistavat niiden käytön joko yhdessä tai erikseen.

Taistelijan vaatetusvarustukseen kuuluvat edellä mainittujen lisäksi kantolaitejärjestelmä sekä NBC-varustus. Ensin mainittu koostuu kahdesta repusta sekä näihin kiinnitettävistä erillisistä irrotettavista taskuista. Reppuja on kahta kokoa.



Iso reppu on tarkoitettu varusteiden kuljettamiseen ajoneuvolta leiriin. Repun vetoisuus on 95 litraa ja sen siirtotaipaleen on suunniteltu olevan keskimäärin 500 metriä. Pienempi reppu on partioreppu. Taskut kiinnittyvät luotettavasti paikoilleen ja niiden irrottaminen on nopeaa. Taskut voidaan kiinnittää myös sirpaleliiveihin. Tämä järjestelmä mahdollistaa taistelijan itse päättää mitä ja missä hän kantaa. NBC-varustus koostuu sadeasusta, suojahanskoista sekä kaasunaamarista suodattimiseen.

Taistelijan on itse osattava päättää millainen varustus hänellä kuloinkin on päällä. Hänen on tunnettava vaatteiden ja varusteiden ominaisuudet. Hänen on harjoitettava asujen käyttöä sekä hallittava oikeanlaisen ja optimaalisen varusteen käyttäminen kulloisessakin taistelutilanteessa. Koulutuksen ja käytännön harjoitusten merkitys korostuvat, eikä niitä korvaa mikään simulaatio tai mallinnus. Taistelijan on muistettava sirpalesuojaliivin kuormittavan taistelijaa. Se lisää lämpökuormitusta 34 - 47 prosenttia samalla heikentäen suorituskykyä eri toiminnoissa 1,4 – 5,1 prosenttia. Luotisuojaliivit heikentävät taistelijan suorituskykyä jopa 11 prosenttia. Työn kuormittavuutta sirpaleliivit kasvattavat kesällä 30 ja talvella 16 prosenttiyksikköä [59] sivu 131.

### **3.5 Taistelijan asejärjestelmät**

Tulevaisuuden taistelijan on kyettävä käyttämään sekä omaa asettaan, ryhmäasetta sekä ylemmän johtoportaalla käytössä olevaa epäsuorantulen asejärjestelmää. Tähän toimintaan luodaan koko ajan valmiuksia ja rakennetaan päätelaitteita. Valmis toimintatapa ja teknologia puuttuvat. Tämän lisäksi taistelijan tulee käyttää ensisijaisena aseenaan omaa henkilökohtaista tappavaa asettaan. Rauhanturvatehtävissä taistelijan on hallittava myös ei-tappavien aseiden käyttäminen.

Taistelijan taisteluvälineet voidaan jakaa neljään kategoriaan. Nämä ovat: keveät itsepuolustusaseet (Personal Defence Weapons, PDW), taistelijan henkilökohtaisiin asejärjestelmiin (pienikaliiberiset asejärjestelmät), voimankäytön välineet (Non-Lethal-Weapons, NLW) ja kranaatteihin ja heitteisiin [37] sivu 265. Taistelijan taisteluvälineiden kehitystyössä on keskitytty taistelijan kuljettaman massan (ase ja sen ampumatarvikkeet), asejärjestelmien tehon ja kustannusten optimointiin. Tämän

konkreettiset tulokset on havaittavissa erityisesti pienikaliiperisten asejärjestelmien kehitystyössä.

Taistelijan perusaseena tulee säilymään rynnäkkökivääri pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa [37] sivu 266. Asejärjestelmällä tulee kyetä vaikuttamaan tehokkaasti sekä elävään voimaan, että kevyesti panssaroituihin kohteisiin kaikissa olosuhteissa. Tutkimus- ja kehitystoiminnan myötä aseiden käytettävyyttä ja hallittavuutta pyritään parantamaan. Asetyyppien massaa pyritään keventämään käyttöönottamalla uusia valmistusmenetelmiä sekä valmistusmateriaaleja. Aseiden mekaanisessa toimintaperiaatteessa ei tule tapahtumaan suuria muutoksia. Aseiden hallittavuuden kannalta erilaisia pursketulimuotoja tutkitaan jatkuvasti. Aseiden käytettävyyttä on pyritty lisäämään varustamalla ase optronisilla lisävarusteilla. Näitä ovat tähtäinkaukoputket, punapistetähtäimet, valo-osoittimet, laser-osoittimet, etäisyysmittarit sekä valonvahvistin ja lämpökameratähtäimet. Tulevaisuuden aseissa edellä mainitut lisälaitteet tullaan integroimaan aseisiin kiinteästi [37] sivu 266. Keskitetyn integroinnin myötä säästetään tilaa, virrankulutuksen vähenemistä, kaapeloinnin vähenemistä sekä aseiden ergonomia ja käytettävyys paranevat.

Rynnäkkökiväärin kehittämistyössä on tehty mekaanisia ratkaisuja. Näitä edustavat etutuki, joka on ollut ranskalaisten FAMAS-rynnäkkökiväärissä jo vuosikymmenet. Etutuki on vasta nyt yleistynyt muissa vastaavissa aseissa. Nykyistä suuremmat lippaat ovat yleistyneet taistelijan henkilökohtaisissa aseissa. Äänenvaimentimien käyttö on jo nyt lisääntynyt. Tarkoituksena on aseiden suuliekien sammuttaminen ja laukausäänen tukahduttaminen ja vaimentaminen sekä aseiden suupaineen pienentäminen. Lippaiden osalta erilaiset aseissa tilaa säästävät lippaat ovat yleistyneet. Rynnäkkökivääreissä esimerkkinä aseiden alle sijoitettavat rumpulippaat, konepistooleissa aseiden päälle sijoitettavat helikaaliset lippaat. Näillä saavutetaan merkittävästi lisääntynyt tulivoima mahdollisimman kompaktissa koossa.



Kuvat 15 ja 16: Sadan patruunan rumpulippaat nykyaikaisissa taistelijan aseissa.

Aseiden käsiteltävyyden ja käytettävyyden kohentamiseksi aseista on valmistettu lyhennettyjä versioita. Aseen lyhentämiseksi sen perä on joko aseeseen yli, ali tai sivulle kääntyvää tyyppiä. Aseen piippua lyhentämällä on saavutettu merkittävää tilansäästöä. 5,56 -kaliiberisen aseiden piipun lyhentämisellä 400 millimetristä 200 millimetriin on luodin lähtönopeudesta menetetty ainoastaan 100 m/s [37] sivu 267. Tämä ei ole merkitsevä seikka luodin iskuenergia kannalta toimittaessa lyhyiltä ampumaetäisyyksiltä. Luodin iskuenergia laskee, mutta riittää hyvin kohteen eliminointiin. Aseen suuliekki ja suupaineongelmat korostuvat täysitehoisilla patruunoilla toimittaessa. Tämä voidaan välttää aseisiin asennettavilla suupainetta alentavilla lisälaitteilla.



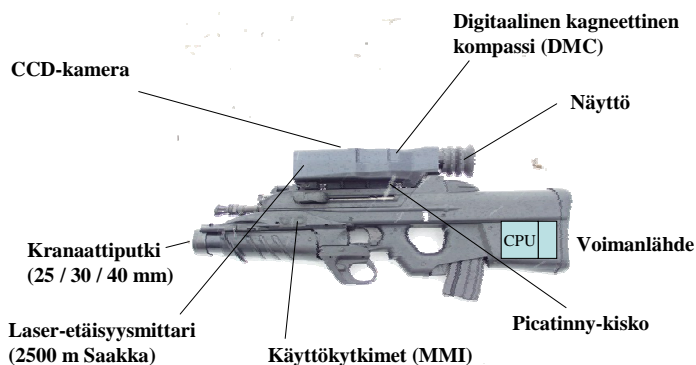
Kuva 17 Heckler & Koch rynnäkkökivääri G36 normaali ja lyhennetty versio.

Aseiden valmistusmateriaaleina käytetään jo nyt kevytmetalleja sekä komposiittirakenteita. Teräksen käyttö on välttämätöntä aseiden paineenalaisissa osissa (patruunapesä ja piippu) [37] sivu 268. Aseiden kokonaisuusmassaa on saatava pienennettyä ratkaisevasti. Aseiden ja sen ampumatarvikkeiden massan pienentäminen liittyy taistelijan kokonaisjärjestelmän massan keventämiseen, ollen varsin keskeinen osa painonmuodostuksen kannalta. Tulevaisuudessa aseiden valmistusmateriaaleina tullaan näkemään uusien valmistusmenetelmien ja materiaalien myötä yhä kevyempiä materiaaleja, jotka lujuutensa ja kestäväytensä puolesta täyttävät loppukäyttäjän tuotteelle asettamat vaatimukset.

Tulevaisuudessa koko rynnäkkökivääriasejärjestelmä yhdessä taistelijan kokonaisjärjestelmän kanssa tulee kokemaan voimakkaan muutoksen. Palveluskäytössä oleviin rynnäkkökivääriin kiinnitettävät lisävarusteet kuuluvat välivaiheeseen, jonka jälkeen siirrytään kokonaan uuteen henkilökohtaiseen aseeseen. Ase on integroitu järjestelmäkokonaisuus, jossa samassa laitteessa ovat sekä kiväärikaliperisia projektiilejä ja kranaatteja ampuva ase. Kranaatteja ampuva ase voi olla joko 20 tai 40 mm, tai jokin muu valittu kaliiberi. Tämän toimintatyyppin aseessa on yhteisiä toimintakoneiston osia ja aseiden runko on yhteinen [37] sivu 268.

Massan pienentämisen suhteen on vielä työtä jäljellä. Nykyisissä uusissa aseissa tähän suuntaan ollaan siirtymässä, työ on pahasti kesken. Belgialainen F2000 aseeseen massa on 6,5 kilogrammaa ja yhdysvaltalaisen henkilökohtaisen taisteluaseen (Objective Individual Combat Weapon, OICW) massa on 7,0 kilogrammaa. Aseissa tulee olemaan riittävän suuri tulinopeus henkilömaaleja vastaan tarkoitetuissa aseissa sekä riittävä tuhovoima kevyesti panssaroituja kohteita vastaan tarkoitetuissa ampumatarvikkeissa. Jälkimmäiset ampumatarvikkeet sijaitsevat aseeseen integroiduissa syöttöjärjestelmissä tai erillisissä lippaissa. Periaatekuva on alla.

### Tulevaisuuden jalkaväkitaistelijan henkilökohtainen ase



Kuva 18 Tulevaisuuden taistelijan aseiden periaatteellinen kuva [20].



Kuva 19 Esimerkki tulevaisuuden taistelijasta ja hänen aseestaan [9].

Tulevaisuuden asejärjestelmissä elektronisten laitteiden määrä ja valikoima kasvavat huomattavasti. Ammunnanhallintajärjestelmien myötä erilaiset laskimet ja mittarit yleistyvät. Ne integroidaan suoraan järjestelmäkokonaisuuksiin. Tavoitteena on kaikkien ammunnanhallintaan liittyvien toimintojen automatisointi, kuten: etäisyydenmittaaminen, ampuma-arvojen asettaminen sekä aseiden laukaiseminen [37] sivu 269. Taistelija näkee aseiden tähtäinnäkymän joko iirisnäyttöön, kypärän visiiriin tai erilliseen näyttöpäätteeseen välitettynä. Taistelija valitsee maalin ja lukitsee sen, tietokone ja laskinjärjestelmä laskevat ampuma-arvot, valitsevat

käytettävän aseiden ja laukaisten aseiden kun ampuma-arvoja vastaavat suuntaamiset ja ampuma-arvojen laskeminen vallitseviin sääolosuhteisiin on laskettu.



Kuva 20: Periaatekuva tulevaisuuden aseesta.

Erilaisten tähtäinratkaisujen myötä on pyritty parantamaan tulenavausnopeutta sekä parantamaan tulen tarkkuutta [37] sivu 266. Optisilla tähtäimillä on helpompi hahmottaa maali kuin avotähtäimillä. Huonoissa valaistusolosuhteissa optoniikan avulla voidaan valon ominaisuuksia muuttaa ja saada tähtäinkuva näkyvämmäksi. Optisten tähtäinten suurennus tulee säilymään pienenä (1,3-3), sillä pieni suurennos helpottaa nopeaa tulenavausta ja parantaa osumatodennäköisyyttä lähietäisyyksiltä toimittaessa. Optisina tähtäiminä tulevat säilymään aktiiviset punapistetähtäimet sekä erilaiset heijastintähtäimet.

Kevyet itsepuolustusaseet tulevat säilymään tukitehtävissä toimivalla henkilöstöllä. Aseiden käyttäjinä ovat esimerkiksi erilaiset erikoisajoneuvojen kuljettajat, huollon henkilöstö, panssarivaunumiehistö ja erikoisjoukkojen sotilaat. Tyypillisimpiä aseita tässä kategoriassa ovat Heckler & Kochin valmistama MP7 kaliiberissa 4,6 mm sekä Fabrique Nationalin (FN) valmistama P90 kaliiberissa 5,7 mm. Aseiden käyttäjäryhmä on marginaalinen. Erikoisjoukkojen käytössä aseista saadaan paras hyöty irti lyhyillä ampumaetäisyyksillä, asutuskeskustaisteluissa. Aseet voidaan varustaa samanlaisilla optonisilla varusteilla kuin rynnäkkökivääritkin.



Kuvat 21 ja 22: Kevyitä itsepuolustusaseita, vasemmalla Heckler & Koch MP7, oikealla FN P90.

Erikoispatruunoiden käyttöönotolla on pyritty tekemään aseesta kulloiseenkin tilanteeseen soveltuvin taisteluväline. Erikoispatruunoita ovat äänenvaimenninpatruunat ja panssaria läpäisevät ampumatarvikkeet [37] sivu 269. Kiväärikiranattien, kranaattipistoolien sekä aseisiin integroitujen kranaattiputkien käyttöönotolla on saavutettu mahdollisuus tuhota asepesäkkeitä ja kevyesti panssaroituja kohteita sekä erikoisampumatarvikkeiden (savu, valaisu, kyynelkaasu, sirpalekranaatit, panssarikranaatit) ampuminen. Tulevaisuudessa erikoisampumatarvikevalikoima lisääntyy.

Tarkkuuskiväärien osalta aseistus jaetaan henkilömaaleja ja materiaalin tuhoamiseen tarkoitettuihin järjestelmiin. Henkilömaalien (anti-personnel) kategoriaan kuuluvat aseet kalibereissa 7,62 ja .338 Lapua Magnum sekä .50 kalibereissa. Muut kaliiberit ovat lähinnä marginaalisia tässä käytössä. Henkilömaalien tuhoamiseen tarkoitettujen aseiden massat ovat noin kuusi kilogrammaa [37] sivu 269.

Henkilömaalien tuhoaminen tapahtuu tulevaisuudessa etäisyyksillä 500 – 1000 metriä taistelukentän lisääntyvän sensoriverkon ja valvontalaitteiden toiminnan takia. Aseet ovat pulttilukkoisia paremman rakenteellisen tarkkuuden saavuttamiseksi. Aseiden tukkien materiaalina ovat pitkään olleet synteettiset muovitukit. Taittoperäisten tarkkuuskiväärien lukumäärä tulee yleistymään, sillä tilan ja massan säästö koskee myös tätä aseluokkaa. Alumiinin ja kevytmetalliosien käyttäminen aseessa lisääntyy teknisen tietämyksen ja valmistustekniikoiden kehittyessä. Äänenvaimentimien käyttö lisääntyy. Äänenvaimennin heikentää ase-

suupamausta merkittävästi estäen aseiden paljastumista tuliaseissaan. Äänenvaimennin heikentää merkittävästi aseiden ruutikaasujen jättämää hetkellistä lämpöjälkeä, jolloin tarkka-ampuja ei aseiden suupamauksen myötä paljastu niin helposti.

Nykyisin tarkka-ampujien käytössä on lasersuojattu tähtäinkaukoputki, joka voidaan liittää valonvahvistimeen tai lämpötähtäimeen. Tähtäinkaukoputken suurennuskerroin on vakiintunut kymmenkertaiseksi [37] sivu 268. Taistelukentän muutoksen takia tarvitaan säädettävällä suurennuskertoimella varustettuja kiikaritähtäimiä. Suurennuskertoimet ovat tavallisesti 3 - 10 kertaisia [37] sivu 268.

Tulevaisuudessa tähtäinlaitteiksi muodostuvat aluksi jäädyttämättömät lämpötähtäimet, joilla kohde voidaan havaita kauempaa ja siihen voidaan kohteen tunnistamisen ja luokittelun jälkeen vaikuttaa. Tähtäinlaitteissa on automaattinen etäisyysmittari, sääasema sekä tietokone. Aseeseen tulee äly ja sensorijärjestelmä joka mittaa taistelukenttää. Järjestelmä varoittaa tarkka-ampujaa kulloisestakin uhasta. Ase laskee tarvittavat arvot tuhottavaan kohteeseen, ampuja valitsee maalin ja lukitsee sen näytöllä. Tietokone ja aseiden elektroniikka huolehtivat aseiden laukaisusta, kun luodilla on tietokoneen laskema suurin osumatodennäköisyys kohteeseen. Raskaiden tarkkuuskiväärien massa voidaan lisääntyvästä elektroniikasta huolimatta säilyttää 10 - 15 kilogrammassa [37] sivu 269.

Materiaalin tuhoamiskivääreinä tullaan näkemään edelleen 12,7 millimetrin aseet, 14,5 x 114 KPV ja mahdollisesti eräitä muita 15 - 20 millimetrin nuoliammuksia ampuvia aseita. Luotien lähtönopeudet tulevat säilymään nopeusalueella 850 – 1100 m/s alueella, ellei ajoaineissa tapahdu jotain todella radikaalia muutosta. Aseiden käyttöpaineiden nostaminen nykyisestä vaatii lujemmat rakenteet, joten tämä ilmiö ei ole todennäköinen, sillä aseiden massaa ei ole järkevä kasvattaa nykyisestä. Nuoliammusten lähtönopeudet tulevat edellä mainitusta syystä pysymään nopeusalueella 1200 - 1600 m/s, aseiden kaliiberista riippuen. Panssarinläpäisyssä nykyisellä tasolla 12,7 millimetrin halkaisijaltaan olevalla AP-projektiililla saavutetaan 90 asteen iskukulmilla (NATO 0 astetta) noin 20 millimetrin läpäisy RHA 350 teräkseen 1000 metrin etäisyydellä. Nuoliammuksilla, joiden lähtönopeus on, noin 1200 m/s saavutetaan vastaavissa olosuhteissa 25 millimetrin läpäisyjä [37] sivu 269.





Kuvat 23 ja 24 Kranaattipatruunaa ampuvat aseet. Vasemmallalla XM 307 (25 mm) ja perinteinen M203 (40 mm) kranaattiputki [20].

Ampumatarvikkeiden osalta erikoisampumatarvikevalikoima lisääntyy merkittävästi. Ampumaetäisyyksien todennäköisen kasvamisen myötä nuoli- ja muiden erikoisampumatarvikkeiden määrä kasvavat. Lentävälle projektiilille on saatava mahdollisimman lyhyt lentoaika, mahdollisimman laaka lentorata, suuri osumatodennäköisyys ja vaikutus kohteessa. Ampumatarvike on valittava kohteen koon, sen ominaisuuksien ja uhkakuvan mukaisesti.

Haulikoiden käyttäjäkuntaan kuuluvat tulevaisuudessa erikoisjoukot [37] sivu 270. Syynä tähän on aseiden yksinkertaisuus sekä monikäyttöisyys laajasta ampumatarvikevalikoimasta johtuen. Ampumatarvikevalikoima mahdollistaa aseiden menestyksekkään käytön elävää voimaa ja asutuskeskuksissa olevia kohteita vastaan. Taisteluhaulikoiden rakenne on lyhentynyt, kuten rynnäkkökiväärinkin. Samanlaiset tekniset ratkaisut ovat yleistyneet myös haulikoissa. Haulikkojen toimintaperiaatteina lisääntyvät pumppu- ja revolveriperiaatteella toimivat aseet. Haulikon patruunan matalammista käyttöpainista johtuen haulikon revolverimaisen patruunarummun valmistaminen keveistä komposiittimateriaaleista on mahdollista [37] sivu 270. Haulikot voidaan liittää rynnäkkökivääreihin, joka parantaa niiden käytettävyyttä esimerkiksi asutuskeskuksissa. Haulikon tähtäiminä tullaan näkemään picatinny-kiskoon kiinnitettyinä samankaltaisia muissa asejärjestelmissä havaittuja keveitä optisia ja optronisia tähtäimiä ja maalinosoittimia.

Taistelijan voimankäyttövälineinä tällä hetkellä palveluskäytössä ovat kaasusumutteet (CES- tai Oy-sumuttimet), pyroteknisillä tai ärsyttävillä panoksilla varustetut käsikranaatit sekä vähemmän vaaralliset ampumatarvikkeet 12 kaliiberiseen haulikkoon tai 40 millimetrin kranaattipistooliin. Nykyisin käytössä olevat voimankäyttövälineet perustuvat kineettiseen energiaan. Vähemmän vaarallinen ampumatarvike ammutaan ampumalaitteella kohteeseen.

Tulevaisuudessa voimankäyttövälineinä voidaan nähdä erilaiset lamauttimet. Nykyisin käytössä olevia edustaa Taserit [37] sivu 270. Taserin käyttö voi kohdistua vain yhteen ihmiseen kerrallaan. Laajemmalle alueelle vaikuttavina laitteina nähdään HPM-aseet (High Power Microwave, suurtehomikroaallot) sekä aluevaikutteiset NLW-aseet (mikroaallot) [37] sivu 271. Tulevaisuudessa taistelukentälle jalkautuvat yhdistelmävaikutukseen perustuvia välineitä, kuten kineettisen ja sähkölamautuksen vaikutukseen perustuvia ei-tappavia aseita.

Palveluskäytössä ovat puolustukselliset ja hyökkäykselliset käsikranaatit. Ensin mainitut tuottavat paljon sirpaleita yleensä esisirpaloituneen rakenteensa ansiosta ja niiden käyttö edellyttää käyttäjältään suojautumista. Jälkimmäinen tuottaa vähän sirpaleita ja sen teho perustuu paineeseen muodostuvien sirpaleiden määrän ollessa vähäinen. Nykyisten käsikranaattien maassa räjähtämisominaisuuden rinnalle ollaan kehittämässä sytytintä, jonka myötä käsikranaatti saadaan räjähtämään ilmassa. Etuina on selkeästi parantunut sirpaleiden määrä sekä vaikutussuunta kohteen yläpuolelta alaspäin. Elektronisten taistelukäsikranaattien suunnittelutyötä tehdään koko ajan. Eräänlaisia tiedustelukranaatteja, jotka ovat varustettuina sensorilla, jotka näkevät kohteen lähimaastoon ja jotka kykenevät välittämään tietoa alueesta, kehitetään. Myös eri aallonpituusalueella sokaisevia kranaatteja kehitetään. IR-alueella toimivalla kranaatilla voidaan valaista kohteen alue, jotta siihen nähdään valonvahvistimilla tarkemmin [37] sivu 270 - 271.

Kranaattipistoolin ampumatarvikkeet tulevat säilymään tärkeinä tulevaisuudessa ampumalaitteen lukumäärän ja käyttökohteiden kasvaessa. Ohjelmoitavien ampumatarvikkeiden määrä lisääntyy ja kranaattipistoolit lisääntyvät taistelijan henkilökohtaisiin aseisiin integroiduissa kranaatinampumalaitteissa ja todennäköisesti myös kranaattipistoolleissa [37] sivu 272. Taulukot 14 - 17 kuvaavat tulevaisuuden kehitystä.

Taulukko 14 Taistelijan taisteluvälineiden nykytila [37] sivu 272 - 273.

Teknologia	Ohjelmat, kehityskohteet	Esimerkit aseista
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aseet valmistettu teräksestä, alumiinista ja muoviseoksista</li> <li>- Kaliiperi 5,56</li> <li>- Optiset tähtäimet ovat käytössä</li> <li>- Laser-pointtereita on otettu käyttöön</li> <li>- Pimeätähtäimet ovat yleisiä käsiaseissa</li> <li>- Thermobaric-taistelulatauksia kehitetään</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CRISAT</li> <li>- D/7 dokumentti</li> <li>- Picatinny-kiskon - standardointi</li> <li>- SOPMOD</li> <li>- 40 mm HV ampumatarvike</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HK MP 7</li> <li>- FN P90</li> <li>- HK G36</li> <li>- Colt M4</li> <li>- Barrett M82</li> <li>- Mk 19</li> </ul>

Taulukko 15 Taistelijan taisteluvälineiden kehitys lähitulevaisuudessa (...2010).

Teknologia	Ohjelmat, kehityskohteet	Esimerkit aseista
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Titaania ja komposiitteja aletaan käyttää aseiden materiaalina</li> <li>- Optiset tähtäimet ovat standardi-välineitä aseissa</li> <li>- Lämpötähtäimiä otetaan käyttöön käsiaseissa</li> <li>- Raskaammissa aseissa otetaan käyttöön ammunnanhallinta-järjestelmiä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjelmoitava ampumatarvike</li> <li>- vihreä "eko-ampumatarvike"</li> <li>- Nykyistä kevyemmät ammuksset</li> <li>- Modulaariset asejärjestelmät</li> <li>- Thermobaric ammuksset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSW (Swe)</li> <li>- XM8 (US)</li> <li>- XM25(US)</li> <li>- PDW</li> <li>- Ohjelmoitavat ammuksset</li> <li>- Striker</li> </ul>

Taulukko 16 Taistelijan taisteluvälineiden kehittyminen keskipitkällä aikavälillä (...2015).

Teknologia	Ohjelmat, kehityskohteet	Esimerkit aseista
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kevyet materiaalit aseiden valmistamiseksi</li> <li>- Komposiittien yleistyminen</li> <li>- Sensorifuusio käsiaseiden tähtäimissä (II + TI)</li> <li>- Pienet ammunnanhallinta-järjestelmät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektronisten käsikranaattien kehitystyö alkaa</li> <li>- HPM-kranaattien tutkimus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- XM29 OICW (US)</li> <li>- OCSW (US)</li> </ul>

Taulukko 17 Taistelijan taisteluvälineiden kehittyminen pitkällä aikavälillä (...2020).

Teknologia	Ohjelmat, kehityskohteet	Esimerkit aseista
- Täysin integroidut asejärjestelmät otetaan käyttöön (päivä- ja pimeätähtäimet, sensorifuusio ja integroitu tietoverkko) - HPM-käsikranaatit otetaan käyttöön	- uuden tyyppiset hylsyrakenteet kehitetty tai kehitteillä	

### 3.6 Taistelijan energia

Tällä hetkellä taistelijan laitteet käyttävät voimanlähteenään sähköenergiaa. Sähkön suhteellinen osuus kaikesta energiasta on noin 25 prosenttia ja se tulee kasvamaan vuoteen 2020 mennessä lähes 40 prosenttiin [36] sivu 93. Taistelijan kokonaisjärjestelmä muodostuu varusteista, vaatteista, ase- ja vaikuttamisvälineistä, paikantamisjärjestelmistä, maalinosoitus- ja etäisyydenmittausjärjestelmistä, omatunnistusjärjestelmistä sekä elektronisesta taistelijanasusta, joka sisältää runsaasti elektronisia järjestelmiä sekä sensoreita. Kaikki edellä luetellut kuluttavat energiaa jatkuvasti. Energian kulutuksen taso ja vaihtelu ovat suuria. Eri laitteet ovat samaan tai eri aikaan täydellä teholla, stand-by-tilassa, ne vastaanottavat tai lähettävät tai prosessoivat tietoa. Taistelijan varustusta suunniteltaessa keskeinen tieto on selvittää kaikkien taistelijaan sijoitettujen päätelaitteiden kokonaisenergian tarve niin jännitteen, virran kuin tehonkin osalta. Tällä hetkellä näkemysten kirjo on valtava. Vaihteluväli on 15 Watin maksimikulutuksesta aina 100 Watin huippuihin Toki keskimääräinen energiankulutus ja tehontarve ovat tätä alhaisempia. Keskikulutuksen on arvioitu olevan kahdeksasta Watasta 20 Wattiin. Yhdysvaltain armeijan Irakin operaatiossa vuonna 2003 energian riittämättömyys yllätti kaikki: taistelukentällä olevien sotilaiden käyttämät virtalähteet eivät riittäneet tehtävän suorittamiseen, vaan ne olivat korvattava harjoitusakuilla, joita oli ladattava neljän tunnin välein [36] sivu 92.

Taistelijan elinehto tulevaisuuden taistelukentällä on energia. Mikäli hänen päätelaitteistaan loppuu teho, hän lakkaa olemasta sensori taistelukentällä. Pahimmillaan hän on sokea virran ja energian loppuessa. Mikäli taistelija ei pysty hyödyntämään korkean teknologian päätelaitteita, ne muuttuvat hyödyttömiksi ja

kuolleeksi painoksi, hyödyttömiksi taistelijan varusteiksi, joista taistelija hankkiutuu eroon taistelukentällä.

Tällä hetkellä päätelaitteet käyttävät sähköä voimanlähteenään. Sähkön saannin jatkuvuus ja tuotanto on pystyttävä turvaamaan kaikissa taistelukentän olosuhteissa koko ajan. Sähkön varastoinnissa kyseeseen tulevat erikokoiset paristot ja akut [36] sivu 91. Polttokennoteknologia on lupaava teknologia piensähkön tuottamiseen [19] [36] sivut 91 ja 107. Taistelijan on pystyttävä tuottamaan tarvitsemansa sähköenergia polttokennotekniikalla ja varastoimaan se ladattaviin akkuihin.

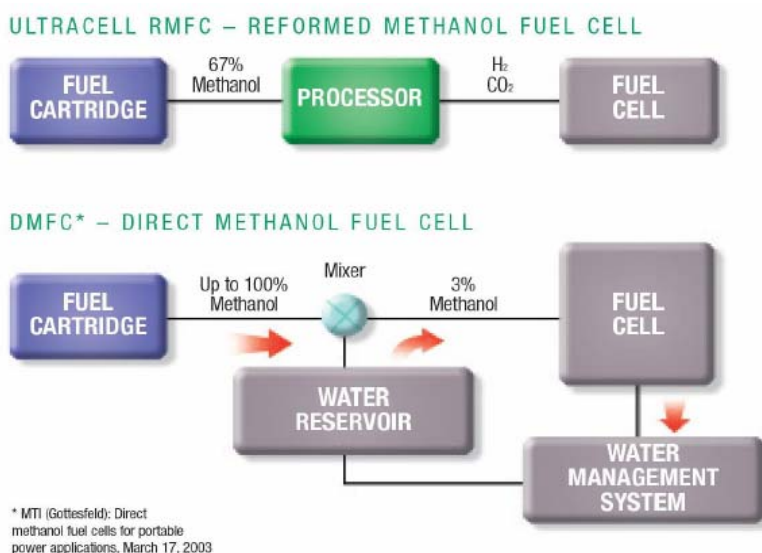
Tarkasteltaessa polttokennoja tehonlähteenä, on keskityttävä matalassa lämpötilassa käytettäviä polttokennoja. Pää tarkastelussa voidaan pitää metanolipohjainen polymeeripolttokenno sekä vetyä käyttävä polttokenno. Jälkimmäisissä on painopiste polymeeripolttokennossa, mutta alkalinen polttokenno on mahdollinen. Polttoaineista käyttökelpoisia ovat ainoastaan vety ja metanoli. Muita polttoaineita ei tässä käsitellä koska niistä ei ole mitään kaupallisia tuotteita tarjolla arvioitavaksi. Teoreettiset kapasiteetit polttokennoille ovat aivan toista luokkaa verrattuna akkuihin. Vetyä ja ilmaa käyttävälle polttokennolle teoreettinen kapasiteetti, kun tehonlähteen painoa ei huomioida, on 32702 Wh/kg. Suorametanolipolttokennolla saavutetaan 6225 Wh/kg. Käytännössä saavutettavat luvut ovat pieni murto-osa teoreettisesta arvosta johtuen systeemin hyötysuhteesta, joka on 30 – 45 % lopun energian muuttuessa lämmöksi. Polttoaineen varastointisäiliön paino laskee varastoinnin murto-osaan vedyn tapauksessa. Tehonlähteen paino alentaa tehotiheyttä erityisesti suorametanolipolttokennolla [19].

Vetyä varastoitaessa pienessä mittakaavassa (alle kWh) on tällä hetkellä metallihydridit ja painesäiliöt suunnilleen samanarvoisia. Varastointitiheydessä päästään arvoon 1.52 % vetyä koko varaston painosta. Tämä tarkoittaisi vielä 460 - 650 Wh/kg energiantiheyttä 100 % hyötysuhteella. Käytännössä helposti saavutettavalla hyötysuhteella 30 % ollaan tasossa 140 - 200 Wh/kg ja vaikeammin saavutettavalla 45 % hyötysuhteella ollaan tasossa 200 - 300 Wh/kg. Voidaan myös antaa nyrkkisääntö että 1 % vetyä varaston painosta vastaa karkeasti 100 - 150 Wh/kg. Tämä on hyödyllinen luku tarkasteltaessa myöhemmin uusia varastointitekniikoita [19].

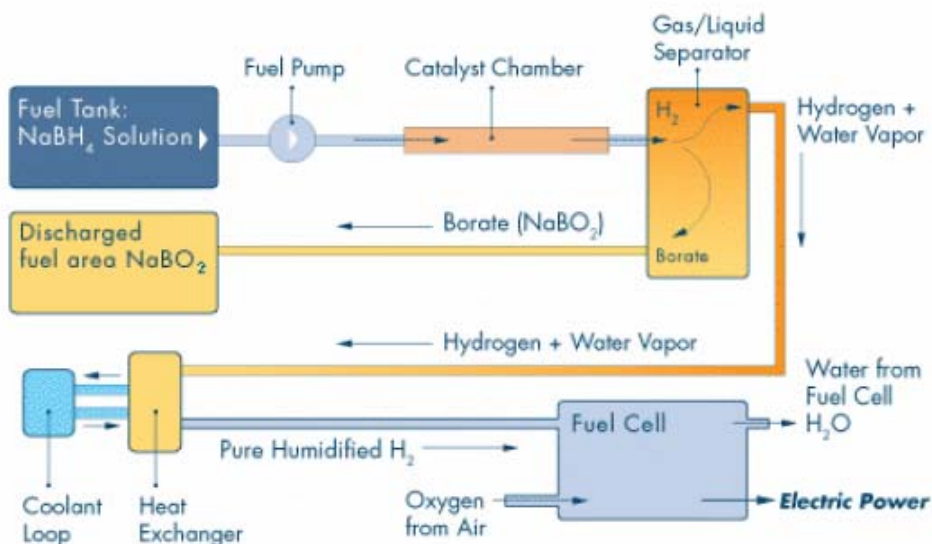
Suorametanolipolttokennolla tilanne on samanlainen, joskin varastoinnin paino ei ole suuri ongelma. Esimerkkinä varastointitiheydestä on Smartin SFC C20, jolla päästään polttoaineen suhteen varastointitiheyteen noin 930 Wh/kg. Kuitenkin 20 W hybridisoitu tehonlähde (huipputeho 36 W / 30 min) painaa 2 kilogrammaa lisää jolloin 24 tunnin 20 W operaatiossa ollaan tasolla 190 Wh/kg. Vastaavasti 72 tunnin 20 W operaatiossa ollaan jo tasolla 405 Wh/kg, joka on jo parempi kuin mikään muu teknologia paristot mukaan lukien. Toinen tapa käyttää metanolia on käyttää pienoisreformeria (polttoainemuunninta) joka tuottaa metanolista vetypitoista kaasua. Tunnetuin tällaisten järjestelmien (RMFC) kehittäjä on UltraCell Corporation, joka pyrkii myös tuottamaan tehonlähteitä sotilaille [19]

Pitkähkössä 72 tunnin 20 W operaatiossa UltraCellin tuotteella päästään tasolle 500 Wh/kg. Vertailtaessa UltraCellin ja Smartin tuotteita havaitaan että laskennallisesti polttoaineen energiasisältö on hieman pienempi (785 Wh/kg) UltraCellin tuotteessa tehonlähteen ollessa 50 % kevyempi. Smartin tehonlähde on kuitenkin hybridisoitu ja siten sillä on suurempi teho lyhytaikaiskäytössä.

Alla olevat kaksi kaaviokuvaa selvittävät energiantuotannon metanolia ja natriumboorihybridiä polttoaineenaan käyttävistä järjestelmistä.



Kuva 25. Yksinkertaistettu vertailu suorametanolipolttokennon ja mikroreformeripohjaisen polttokennon välillä [19].



Kuva 26. Vedyn vapauttaminen natriumboorihydridistä hydrolyysillä [19].



Kuva 27: Markkinoilla oleva polttokennolla energiaa tuottava yksikkö [20].

Ongelmaksi energiantuotannossa muodostuu teknologian kehittymistä ja kaupallistumista on erittäin vaikea ennustaa keskipitkällä aikavälillä. Tämä koskee sekä akkuteknologiaa että polttokennoja. Eräs varteenotettava seikka on että osia sotilasteknologiasta ei välttämättä ole kaupallisesti saatavilla. Tämän voisi arvioida koskevan erityisesti vedyn erikoisvarastointiin (kemialliset hydridit) liittyviä tuotteita, samoin kuin metanolin mikroreformereita. Kyseisiä tuotteita kehitetään lähes yksinomaan sotilastarkoituksiin. Tutkimus- ja kehittämiskustannukset jakautumat kunkin liittouman maksettavaksi, samoin hyöty jakautuu sotilasliittoumille. Siviilipuolen markkinoita eivät saantirajoitukset koske. Korkeintaan joidenkin sotilaspuolelle räätälöityjen tuoteversioiden saatavuus voi olla ongelmallista. Tämä ei kuitenkaan muodosta suurta ongelmaa koska Suomessa voidaan siviilipuolen

tuotteet jatkojalostaa sotilaskäyttöön sopivaksi. Edellä mainittujen seikkojen ja ongelmien vuoksi on tutkimuksen painopiste alkuvaiheessa suunnattava hankkeisiin, joilla saavutetaan mahdollisimman suuri oppimisen määrä hankkeeseen osallistuvien partnereiden keskuudessa. Seuraavissa alakappaleissa hahmotellaan järkeviä tutkimusaiheita seuraavan 5 vuoden ajalle, perusteita valinnoille sekä tapoja joilla voidaan eniten hankkia tietoa.

Taistelijan tarvitseman tehon ja energian määrittäminen on ensiarvoisen tärkeää. Tarkan kulutusprofiilin määrittäminen voi olla mahdotonta, koska myös sähköä käyttävät laitteiston kehittyvät koko ajan sähkön tuotantomenetelmien kehittyessä rinnalla.

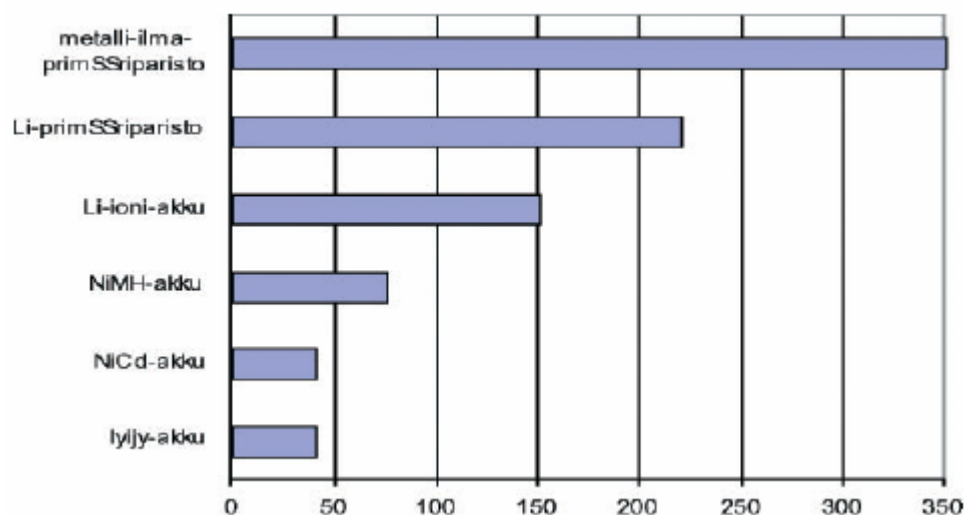
Ohessa on Yksinkertainen esimerkki 72 tunnin operaatiolle. Käytettävä normaali keskiteho 15 Wattia. Korkeamman intensiteetin keskiteho 35 W, kesto 2 h jaksoja 8, jaksojen välissä 4 h. Energiämäärä  $56 \text{ h} \times 15 \text{ W} + 16 \text{ h} \times 35 \text{ W} = 1400 \text{ Wh}$ . Tehonlähteen on pystyttävä tuottamaan 35 W kahden tunnin jaksoissa ja myös lataamaan lisäteholähteen 4 tunnissa. [19].

Akkukehitys erityisesti Li-akkujen (ja paristojen) sekä sinkki-ilma paristojen osalta on ollut nopeaa ja sen voi olettaa jatkuvan. Akkuja paristovalmistajilla on runsaasti testidataa, myös alhaisissa lämpötiloissa. Tätä dataa on todennäköisesti myös saatavana asiakkaille. Ongelma on että akkuja ja paristoja testataan tyypillisesti tietyllä vakiovirralla (esimerkiksi tasainen purku 24 h), joka ei ole se tapa jolla niitä käytännössä tullaan käyttämään. Akkutyypistä ja purkunopeudesta riippuen alenee niiden kapasiteetti 25 – 75 % siirryttäessä lämpötilasta +20 °C lämpötilaan 20 °C. [19].[20] [36] sivut 118 – 119.

Tällä hetkellä todellisuudessa suurin osa taistelijan virtalähteistä koostuu erikokoisista vain yhteen laitteeseen sopivista kertakäyttöisistä primäärikennoista eli paristoista. Tulevaisuudessa näin ei voi olla. Kertakäyttöiset paristot on nähtävä hätäkeinona virran syöttämiseksi päätelaitteelle. Paristoihin sitoutuu huomattava massa, kun niihin lasketaan myös laitteiden tarvitsemat varaparistot. Sotilassovelluksiin on kehitetty litiumpohjaisia paristoja. Näiden kapasiteetti on siviiliparistoja parempi, yhdeksän voltin litiumparisto tuottaa viisi kertaa enemmän energiaa kuin tavallinen alkaliparisto. Litium-mangaaniparistolla saavutetaan tyypillisellä toiminta-alueella 0,5 - 20 Ah ja 6-30 V, -40 -+95 C, kapasiteetin ollessa yli



200 Wh/g [36] sivu 96. Paristo säilyy turvallisena käyttäjälleen kymmenen vuoden ajan. Yhdysvalloissa on sotilaskäyttöön kehitetty sinkki-ilma-paristo, jonka käytännön kapasiteetti on 350 - 400 Wh/kg tai 240 Wh/l, toimintajännitteen ollessa 12/24 V lämpötila-alueella -20-+60 C.



Kuva 28 Käytössä olevien paristojen ja akkujen energianvarastointikapasiteetti (Wh/kg) [36] sivu 97.

Sekundäärikennot eli akut tarjoavat heikomman suorituskyvyn kuin primäärikennot eli paristot, mutta ovat hinnaltaan edullisempia. Tavallisimmat akkutyypit sotilaskäytössä ovat nikkeli-metallihybridi-akkuja. Tulevaisuudessa litium-polymeeriakut korvaavat nämä paremman kapasiteettinsä ansiosta (200 Wh/kg) [36] sivu 98. Yhdysvaltain armeija on siirtynyt jo nyt Afganistanin operaatioissaan ladattaviin litium-akkuihin. Toimenpiteellä on saavutettu akkujen massan väheneminen yli 75 prosentilla litiumakkuihin verrattuna. Informaatioteknologian ja elektroniikan tulo taistelukentälle lisää ladattavien tehonlähteiden merkitystä. Akkujen luotettavuutta pyritään parantamaan ja akkujen valmistuskustannuksia vastaavasti pienentämään, jotta taistelukentälle saadaan parasta akkutekniikkaa.

Taistelut muuttuvat yhä liikkuvammiksi, samoin n tapahduttava sähköntuotannon suhteen. Pyrkimyksenä on sähkön tuotanto ja varastointijärjestelmä mahdollisimman kevyeksi edullisen hinnan ohella [36] sivut 96 ja 100. Taistelijan massaa ei saa lisätä painavilla ja tehottomilla virtalähteillä, vaan virtalähteiden tulee olla mahdollisimman tehokkaita ja kevyitä.

Koska Suomessa aurinkoenergian varastointi on aurinkoisuuden takia vähäistä, siitä ei saavuteta meidän olosuhteissamme energiaa taistelukentälle. Polttokennoteknologian avulla pyritään tuottamaan tulevaisuuden taistelijan tarvitsema sähköenergia [36] sivu 109. Polttokennojen kehitystyö on jo pitkällä Land Warrior-projektissa. Polttokennojen osalta suurimman ongelman muodostaa vedyn käyttäminen polttoaineena. Myös muita polttoaineita kuin vetyä voidaan käyttää, tosin huonommalla hyötysuhteella. Polttokennoakku, joka pohjautuu polymeeripolttokennoin (PEFC), voidaan nähdä tulevaisuuden taistelijan energiateknologisenä ratkaisuna [36] sivu 116.

Taistelijan energiajärjestelmien keskeisin ratkaisumalli saattaa pohjautua hybridijärjestelmien käyttöön. Taistelijan tarvitsema energiamäärä vaihtelee voimakkaasti, joten ennustamattoman, hetkellisesti suurenkin, energiamäärän tyydyttämiseksi tarvitaan luotettava ratkaisu. Yhdistettäessä polttokennoakku tai sähköakku superkondensaattoriin saadaan tarvittava energia. Ensin mainittu tuottaa varastointikapasiteetin ja pienen tehon, jälkimmäisen tuottaessa huipputehon taistelijanjärjestelmiin. Tällä ratkaisulla saadaan virtalähteen ja virrantuottojärjestelmän kokonaisuudessa mahdollisimman lähelle optimia.

Vaikuttaa siltä, että Yhdysvaltain armeija varautuu riittävään huipputehon tarpeeseen, joka on heidän määritysten mukaan 100 Wattia. Tästä heillä on varmasti realistinen käsitys, sillä taistelukokemukset Irakissa ja Afganistanissa ovat antaneet karua palautetta väärin mitoitetuista virtalähteistä. Sähköenergian varastointikapasiteetin miniminä katsotaan olevan 24 tunnin aikajakso. Tarvittavan sähköenergian varastointikapasiteetti riippuu suuresti taistelutehtävästä ja virtaa kuluttavista päätelaitteista. Tavoitetaso liikkunee suuruusluokassa 0,5 – 1 kWh [36] sivu 118.

### **3.7 Johtopäätökset**



Kuva 29 Periaatekuva ja tuoteversio tulevaisuuden taistelijasta [20].

Taistelija on nähtävä järjestelmien järjestelmänä, joka koostuu ihmisestä sekä päälle puettavasta elektroniikasta ja erilaisista päätelaitteista. Koko taistelijan järjestelmä on suunniteltava alusta alkaen toimimaan kokonaisjärjestelmänä, ei osajärjestelmien kautta yhteen sovittamalla, vaan alusta loppuun yhdellä kertaa. Taistelijan järjestelmien päätelaitteiden on voitava korvata toisia päätelaitteita näiden tuhoutuessa, vioittuessa ja irrotessa. Järjestelmän päätelaitteiden on muodostettava yhteinen verkko, jossa päätelaitteet toimivat yhdessä. Järjestelmäarkkitehtuurin suunnittelulla ja rajapintojen yhteensovittamisella on keskeinen tehtävä tässä työssä. Taistelijan järjestelmän on tämän lisäksi kyettävä liittymään toisiin vastaaviin rinnakkaisiin järjestelmiin sekä kahteen tai kolmeen ylemmän tason järjestelmään, ainakin tiedon välittämisen osalta.

Taistelijan vaatetusvarustuksen kehitystyössä on runsaasti haasteita. Tämä johtuu taistelukentän ja uhkakuvien jatkuvasta muutosliikkeestä. Juuri kun on saatu seuraavan sukupolven taisteluasukokonaisuus valmiiksi, se valmistuu ikään kuin vanhaan taistelukentän uhkakuvamallistoon sekä se on valmiiksi jo viidestä kymmeneen vuotta vanhaa teknologiaa. Ilmiö toistuu kaikissa taistelukentän laitteissa ja niiden suunnittelussa sekä valmistuksessa ja käyttöönotossa.

Tulevaisuuden taistelukentän uhkakuvakirjasto on varsin runsas ja kattava. Taistelijan asun on oltava ergonominen, sen on tunnettava mukavalta ja helppokäyttöiseltä, se on antibakteerinen tai itsestään puhdistuva. Taisteluasujen pukeminen ja riisuminen on onnistuttava lyhyessä ajassa. Asukokonaisuuksien on oltava keskenään yhteensopivia, keskenään toisensa korvaavia ja modulaarisia. Taisteluasujen käytön on edesautettava toiminnallaan ja ominaisuuksillaan taistelijaa tehtävässään onnistumisessa. Taistelijan asun ja varustemateriaalin mukana kuljettaminen on onnistuttava eri kantolaitejärjestelmillä.

Taistelijan suorituskykyvaatimukset kasvavat koko ajan tulevaisuuden taistelukentällä. Osasyynä tähän kehitykseen on taistelukentän autioituminen ja sotilaiden lukumäärän väheneminen. Taistelijalle annetaan enemmän vastuuta, parempi aseistus, paremmat valvonta- ja kommunikointivälineet sekä suurempi toiminnan vapaus omaa aseistustaan parhaalla mahdollisella tavalla käyttäen.

Taistelijan on tunnettava omat rajansa ja hänen on uusista varusteista huolimatta levättävä ja huollettava itseään, varusteitaan ja päätelaitteita ja aseistustaan. Hänen on vaihdettava varustustaan puhtaaseen ja tarkistettava varusteiden kunto ja toiminta aika ajoin. Huoltotoimenpiteiden laiminlyöntiin taistelijalla ei ole varaa.

Taistelijan on itse kyettävä määrittämään kulloiseenkin tehtävään tarvittava optimaalinen aseistus sekä varustus. Hänen on mietittävä koko ajan minkä verran materiaalia on tarkoituksenmukaista kuljettaa mukana, sillä materiaalin nimikkeistön kasvamisesta huolimatta hänen kuljetuskykynsä on rajallinen. Keskimääräinen mukana kuljetettava optimimassa suomalaiselle varusmiehelle on noin 22 kilogrammaa. Mikäli tämä massa ylitetään, taistelijan suoritukset taistelukentällä heikkenevät taistelijan väsyessä. Liian suuri mukana kuljetettava kuorma heikentää taistelijan tarkkaavuutta tämän uupuessa. Suuri lisämassa heikentää motorisia kykyjä ja nopeissa taistelutilanteissa siihen ei ole varaa. Maasta nouseminen, syöksymiset, kiipeäminen ja juokseminen ovat hitaampia suorittaa kantamuksen kera.

Kokonaisarkkitehtuurin suunnittelun ja integroinnin ja taistelijan järjestelmän modulaarisuuden kautta taistelijan toimintakykyä pyritään virittämään huippuunsa. Sotilaan liikkuvuus parantuu, hänen elossapysymistodennäköisyytensä on hyvä sekä taistelumotivaatio on korkea. Sotilaan voidessa luottaa varustukseensa ja käyttämiinsä välineisiin, tällä on suurempi todennäköisyys täyttää hänelle annettu tehtävä ja selviytyä siitä hengissä. Tässä yhteydessä havaitaan myös kunkin taistelijan erikoisvarustuksen tarve. Kullekin taistelijalle ei ole varaa kehittää juuri hänelle sopivaa varustusta, vaan joudutaan tyytymään kompromisseihin taloudellisten reunaehtojen rajoittamina.

Tulevaisuudessa on sijoitettava entistä enemmän resursseja tutkimus- ja kehittämistoimintaan, jotta voidaan turvata taistelijan varustuksen ajanmukaisuus. Loppukäyttäjän edustajan on pysyttävä selvillä mihin kunkin aikakauden materiaalit, valmistustekniikat ja teknologia kykenevät, jotta taistelija saa ansaitsemansa parhaan varustuksen. Kasvavat kustannukset niin materiaalien kuin valmistustekniikoiden saralla tulevat rajoittamaan valmistettavien taistelijan asu- ja varustekokonaisuuksien määrää. Lopputuotteiden laatu ja tarkoituksenmukaiset tuotteet on kyettävä tarjoamaan taistelijoille jatkossakin, jottei huonoja ja sopimattomia lopputuotteita makseta omien taistelijoidemme verellä.

Taistelijan päätelaitteiden lisääntyessä, energiantarve lisääntyy merkittävästi tulevaisuudessa. Taistelijan on kannettava sähköjärjestelmänsä itse, jolloin ominaiskapasiteetti ja -teho ovat valintoihin vaikuttavia tekijöitä. Taistelijan on kyettävä tuottamaan ainakin osa tarvitsemastaan energiasta itse.

## 4 TAISTELIJAN APUVÄLINEET JA MATERIAALITEKNOLOGIA

### 4.1 Johdanto

Taistelijan on pystyttävä itsenäisesti hankimaan perinteisillä henkilökohtaisilla taistelukentän valvontavälineillä tarvitsemansa tieto. Tässä ovat keskeisiä päätelaitteita taistelijalle kohdennettavat välineet.



Kuva 30 Perinteisiä ja uusia taistelijan henkilökohtaisia valvontavälineitä [34].

Taistelukentän luonteesta johtuen, taistelija ei itse aina pysty hankkimaan tarvittavaa tietoa päätöksen ja toiminnan tueksi. Tulevaisuuden taistelukentällä yksittäinen jalkaväkitaistelija tulee toimimaan miehittämättömien ilmassa ja maassa itsenäisesti liikkuvien ajoneuvojen vaikutuspiirissä. Miehittämättömien ajoneuvojen käyttöönotolla pyritään parantamaan kokonaisjärjestelmän tilannetietoisuutta sekä jakamaan saatua tietoa tietoverkossa sitä tarvitseville, tarvittaessa samanaikaisesti. Miehittämättömiä ajoneuvoja ovat maassa sekä ilmassa itsenäisesti tai ohjattuna liikkuvat ja toimivat ajoneuvot, joissa on tekoälyä ja tiedustelulaitteistoa mukana. Näitä laitteita käyttävät omat joukot ja vihollinen [7] sivut 79 - 81. Taistelijan on tunnettava ainakin karkeasti

miehittämättömien ajoneuvojen vaikutuspiirissä toiminta sekä niiden tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntäminen.

## 4.2 *Miehittämättömät ilma-alukset*

Miehittämättömien ilma-alusten merkitys tulevaisuuden taistelukentällä kasvaa. Niitä tullaan käyttämään tiedustelussa ja valvonnassa nykyistä enemmän. Tiedonsiirron nopeus, luotettavuus ja salattavuus ovat keskeisellä sijalla. Miehittämättömien ilma-alusten toiminta- ja suorituskykyvaatimukset on yksittäisen taistelijan tiedettävä ja tunnettava. Taistelijan on kyettävä väistää vihollisen miehittämättömän ilma-aluksen toiminta sekä hyödyntää omilla vastaavilla laitteilla saatavan hyödyn mahdollisimman nopeaksi toiminnan tasolle.

Taistelijan toimintaympäristössä hänen ryhmälleen voidaan antaa käyttöön pienikokoinen miehittämätön, tiedusteluun kykenevä joko kauko-ohjattava tai itsenäisesti toimiva ilma-alus, jolla hän voi hankkia tarvitsemansa tiedot lähialueelta. Miehittämätön ilma-alus voi olla tyypiltään joko kiinteäsiipinen, pyöriväsiipinen tai ilmaa kevyempi alus [36] sivu 379.

Taulukko 18: Miehittämättömistä ilma-aluksista käytettyjä lyhenteitä [36] sivu 379.

Lyhenne	Selvennys	Toimintasäde [km]	Lentokorkeus [km]	Toiminta-aika [h]
MAV	Mikroilma-alus	< 10	< 0,3	1
Mini UAV	Pienikokoinen taktinen UAV	< 10	< 1	2
TUAV CR	Taktinen UAV lähietäisyydelle	10 – 30	< 3	2 - 4
TUAV SR	Taktinen UAV lyhyille etäisyyksille	30 – 70	< 3	3 – 6
TUAV MR	Taktinen UAV pitkille etäisyyksille	70 – 200	2,7 - 5	6 – 10

Nykyiset miehittämättömät ilma-alukset kykenevät tiedusteluun ja valvontaan. Niissä on hyötykuormana VIS, NIR, TIR-alueen valvontajärjestelmiä, jotka kykenevät lähettämään tiedot reaaliaikaisesti vasta-asemalle. Tulevaisuudessa

miehittämättömistä ilma-aluksista ollaan valmistamassa kaikkiin taistelukentän tehtäviin kykeneviä taisteluvälineitä.

### 4.3 *Miehittämättömät maa-ajoneuvot*

Miehittämättömät ajoneuvot voivat toimia useassa eri tehtävässä. Ne voivat toimia tiedusteluajoneuvoina, materiaalinkuljetus- ja evakuointitehtävissä sekä reitinvarmennustehtävissä. Mikäli ajoneuvoissa on aseistus, niitä voidaan käyttää taistelu- ja tulitukitehtävissä. Pienikokoisten taisteluajoneuvojen merkitys kaupunkisodankäynnin lisääntymisen myötä kasvaa. Niitä voidaan käyttää erilaisissa tiedustelutehtävissä ja muissa vaarallisissa tehtävissä, joissa miehistötappioiden todennäköisyys on suuri.



Kuvat 31 ja 32 Maassa liikkuvaksi tarkoitettuja, itsenäiseen tiedusteluun kykeneviä autonomisia laitteita pienimmästä päästä [21].

Taistelukentän teknisiä miehittämättömiä ajoneuvoja suunniteltaessa on huomioitava ainakin seuraavat seikat: Liikkuvuus. Itsenäinen liikkuminen maan pinnalla asettaa varsin korkeita teknisiä vaatimuksia järjestelmälle. Sen on kyettävä saavuttamaan ja ylläpitämään riittävä etenemisnopeus kaiken tyyppisessä maastossa. Eteenpäin katsovien sensorien on havaittava riittävän ajoissa ja ajoneuvon on osattava kiertää ne riittävän ajoissa. Liikkuvien esteiden, kuten liikenne ja ihmiset, havaitseminen ja kiertäminen niihin törmäämättä aiheuttavat haasteita. Taktisista syistä johtuen laitteen erilaisten sensorien käyttö ei ole perusteltua ja ne on sammutettava. Tutkalla ja laserilla voidaan kuitenkin havaita ajoneuvon reitille tulevat vaijerit ja verkot [36] sivu 379. Muuttuvien olosuhteiden takia yksittäisellä sensorilla ei aina pystytä havaitsemaan ympäristöä riittäväällä tarkkuudella, joten itsenäisesti toimivien

järjestelmien ympäristön havainnoinnin tulee perustua sensorifuusioon [36] sivu 379. Laitteen talteenotto sen mahdollisen vikaantumisen takia voi olla mahdotonta.

Laitteen on kyettävä kuljettamaan ainakin omat sensorinsa ja tiedonsiirtovälineet (kamerat, sensorit, tunnistimet, kommunikointijärjestelmänsä), hyötykuorman mukana kuljettaminen riippuu laitteen koosta ja muista ominaisuuksista. Laitteen aseistaminen vaatii pitkälle kehitetyn tekoälyn järjestelmät, jotta omilta tappiolta voidaan välttyä. Laitteen on osattava suunnistaa itsenäisesti sekä ennalta määrättyä reittiä pitkin että taistelukentän maastossa.

Ajoneuvon on kestettävä taistelukentän kulutusta ja jonkin verran asevaikutusta. Laitteen on oltava kenttähuollon piirissä huollettavissa ja osien vaihtoon ei saa kulua liikaa aikaa. Ajoneuvon toiminta ihmisen vaikutuspiirissä aiheuttaa haasteita keinoälyyn liittyvissä määrityksissä [36] sivu 380.

Taulukko 19: Miehittämättömien ajoneuvojen luokittelu koon mukaan [36] sivu 379.

<b>Luokka</b>	<b>Massa</b>
Mikro	alle 4 kg
Mini	4 - 15 kg
Pienet kevyet	15 - 200 kg
Pienet keskikevyet	200 - 1300 kg
Pienet raskaat	1300 – 10000 kg
Keskikokoiset	10 - 15 tn
Isot	> 15 tn

Miehittämättömien ajoneuvojen suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisimman alhainen havaittavuus kaikilla sähkömagneettisen spektrin alueilla (UV, VIS, NIR, TIR). Ajoneuvon herätteet (akustinen, sähkömagneettisen ja visuaalinen heräte) saattavat paljastaa ajoneuvon vihollisen valvontajärjestelmille. Ajoneuvon voimanlähteen akustisen herätteen taso on oltava alhainen. Tämä johtaa sähkökäyttöisten ajoneuvojen suosimiseen, koska polttomoottorikäyttöiset voimanlähteet aiheuttavat voimakkaamman infrapunaherätteen. Miehittämättömien ajoneuvojen voimansiirto voi olla toteutettu 4x4, 6x6 ratkaisulla tai ajoneuvo voi olla telavetoinen. Ajoneuvon voimansiirtoa suunniteltaessa on harkittava kaikkien herätteiden voimakkuustasot ja valittava paras vaihtoehto.

Yksittäinen jalkaväkitaistelija toimii todennäköisesti pienten, alle 30 kilogramman massan omaavien teleoperoitujen ajoneuvojen kanssa. Tällainen tiedustelukäyttöön



soveltuva ajoneuvo voi etsiä ja paikantaa miinoja, räjähtämättömiä ampumatarvikkeita sekä erilaiset tiedustelu ja valvontatehtävät. Ajoneuvojen koko, muoto ja tekniset ajoneuvokohtaiset ratkaisut voivat olla mitä moninaisimmat. Käyttötarkoitus määrittelee ajoneuvon etenemistavat, jotka toimivat joko jalkojen avulla, pyörillä, telaketjuilla tai näiden yhdistelmillä. Asutuskeskustaistelu ympäristön vaatimuksista johtuen ajoneuvon on pystyttävä etenemään rappusissa. Ympäriajon tai kaatumisen jälkeen laite on kyettävä itsenäisesti ja automaattisesti nousemaan ylös ja jatkamaan tehtäväänsä.

Yksittäisen jalkaväkitaistelijan tukena olevan robotin massan on oltava hallintalaitteiden kera yhden miehen kannettavissa oleva. Käyttäjällä on näyttö ja hallintalaitteet, kommunikointi laitteen kanssa voi tapahtua langallisella kiinteällä yhteydellä tai langattomasti radiolla ja yhteyden tulee olla jatkuva. Ajoneuvon yhteyden katkettua tai sen vaurioituttua laite kytkee itsensä suojattuun tilaan.

Miehittämättömän ajoneuvon on kyettävä toimimaan kaikissa valaistusolosuhteissa sisä- ja ulkotiloissa. Sen on pystyttävä toimimaan rajoitetuissa sääolosuhteissa. Laitteen toiminta-ajan on oltava riittävä, jotta se pystyy tutkimaan 10 kerroksisen rakennuksen tai kilometrin mittaisen tunnelin takaisin palaten [36] sivu 381. Pidemmälle kehitetyissä ajoneuvoissa tulee olla manipulaattori, jolla se voi tarttua pieneen kohteeseen ja siirtää sitä. Ajoneuvoihin tultaneen integroimaan puhegeneraattori ja mahdollisesti jonkinlainen ei-tappava omasuojajärjestelmä.

Etulinjassa taistelevien jalkaväkisotilaiden tukena voi olla autonomisia kuormaajoneuvoja. Nämä ajoneuvot toimivat ryhmä-joukkueetasolla. Ajoneuvon maksiminopeuden tulee olla noin 40 km/h ja toimintasäteen minimin 50 kilometriä. Kuormankuljetuskyvyn tulee olla noin 500 kilogrammaa [36] sivu 382. Nämä etenevät hyökkäyksessä heti joukkojen takana, tuovat ampumatarvikkeita evakuoitettuihin haavoittuneet ajoneuvoissa oleviin joukkosidontapaikkoihin, jonka jälkeen palaavat uudet ampumatarvikkeet mukanaan seuraamaan hyökkäviä joukkoja. Kuormaajoneuvolle voidaan antaa myös tiedustelu- ja valvontatehtäviä, riippuen sen sensorivalikoimasta. Taistelukentällä saattaa olla myös alemmalla tekoälyllä varustettuja miehittämättömiä ajoneuvoja, jotka seuraavat kauempana kulku-urilla ja kuljettavat ryhmän ja joukkueen materiaalia [36] sivu 400.

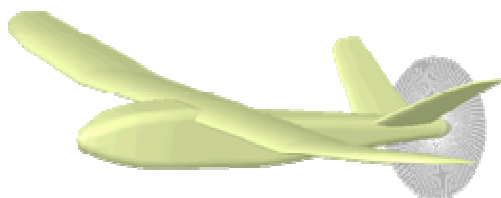
Pitkälle kehitetyllä tekoälyllä varustetut autonomiset ajoneuvot kykenevät tiedustelu- ja taistelutehtäviin. Laite voi edetä muutamia kilometrejä etenevien joukkojen edellä tiedustellen siihen integroiduilla sensoreilla ympäristöä ja välittää kerätyt tiedot automaattisesti komentokeskukseen. Kaukosensorina toimiva ajoneuvo voi toimia myös laukaisualustana pystysuoraan nousevalle miehittämättömälle lentolaitteelle ja toimia samalla sen tukiasemana [36] sivu 382.

Tulevaisuudessa panssaroidut raskaat ja panssaroidut robottiajoneuvot liittyvä verkkokeskeiseen sodankäyntiin. Taistelija voi joutua toimimaan ajoneuvojen vaikutuspiirissä tai yhteistyössä niiden kanssa. Tulevaisuudessa miehittämättömien ajoneuvojen teknisen kehityksen oletetaan kehittyvän alla olevan taulukon mukaisesti. Taistelijan käyttöön tulevat luultavasti alla olevassa taulukossa mainittuja Searcher- sekä Donkey-tyyppisiä taisteluvälineitä [36] sivut 384 ja 385.

Taulukko 20 Miehittämättömiä tulevaisuuden ajoneuvoja.

Searcher (2005)	Donkey (2010)	Wingman (2015)	Hunter-killer (2020)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- pieni energialähde</li> <li>- lähellä maata liikkuva alusta</li> <li>- tehtäväkohtaiset sensorit</li> <li>- tehokas sotilas-robotti rajapinta</li> <li>- manipulaattorit ja työkalut etsintää varten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- täysin säänkestävä rakenne</li> <li>- tehokas energiajärjestelmä</li> <li>- elektroninen reitinmerkitsemisjärjestelmä</li> <li>- kyky ylittää maastoesteet</li> <li>- alkeellinen omasuojajärjestelmä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- edistyneellinen energiajärjestelmä</li> <li>- intuitiivinen sotilas-robotti rajapinta</li> <li>- alkeellinen itsesuojelu</li> <li>- tuhovoiman omaavien aseiden hallinta</li> <li>- esteiden tunnistus ja väistäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- edistyneellinen asejärjestelmien käyttö</li> <li>- paikallisverkko ja tietoverkon rajapinnat</li> <li>- kyky kuljettaa muita ajoneuvoja</li> <li>- amfibioajoneuvo</li> <li>- selviytymisajoneuvo</li> <li>- alkeellinen itsekorjaamiskyky</li> </ul>

Järjestelmäintegroinnilla on saatettava laite toimimaan taistelukentän viestintäjärjestelmien ja tietoverkkojen kanssa saumattomassa yhteistoiminnassa. Tiedonsiirron ja -kulun osalta järjestelmät on varmistettava ja salattava. Taistelijan tilannetietoisuuden kasvattamisen kannalta laitteelta saatava tieto esimerkiksi tunnelirobotilta taistelijalle, on keskeistä. Tiedonsiirrossa ei saa tapahtua merkittävää viivettä eikä tiedon tulkintaan saa mennä liian kauan aikaa.



Kuva 33: Periaatekuva ryhmä-joukkue tasolla toimivasta miehittämättömästä tiedustelulennokista [34].

Miehittämättömät ajoneuvot tarjoavat kustannussäästöjä tulevaisuuden taistelukentän varustamisessa. Henkilöstöä vapautuu taistelu tehtäviin koneiden ja laitteiden tehdessä vaarallisimpia tiedustelutehtäviä. Miehittämättömän teknologian laitteiden kalliit tuotekehitys- ja hankintakulut säätelevät voimakkaasti laitteiden esiintymistiheyttä taistelukentällä. Miehittämättömien koneiden ja laitteiden vaurioitumisen ja tuhoutumisen myötä niitä ei välttämättä pystytä heti korvaamaan uudella, vaan uuden laitteen saaminen tuhoutuneen tilalle saattaa vaatia aikaa.

#### **4.4 Materiaalitekniikka ajoneuvotekniikoissa**

Materiaalikehityksellä pyritään saavuttamaan kustannushyötyä laitteita valmistettaessa sekä säästöjä ja parannuksia miehittämättömien ajoneuvojen rakenteellisiin, optisiin tai elektronisiin ominaisuuksiin. Kustannustehokkuus on miehittämättömien järjestelmien käyttöperusteita. Kokonaisedullisten ratkaisujen tavoittelu yhdistettynä kustannustehokkaaseen valmistamiseen parantaa laitteen valmistuksessa saatavia hyötyjä. Tästä johtuen kertamuovipohjaiset materiaalit tulevat olemaan pääasemassa raaka-ainemateriaalin osalta. Kestomuoviksi polymeroituvia, nestemäisiä ogliomeerejä voidaan prosessoida kertamuovihartsien tapaan ja nopeuttaa valmistusprosessia. Niiden käyttö ei valmistusprosessissa saaduista hyödyistä huolimatta tuo lisäarvoa pienten valmistuserien tuotannossa [36] sivut 421 ja 424.

Pienten miehittämättömien kulkuneuvojen tulee olla kevytrakenteisia, mutta silti vauriosietoisia [36] sivu 363. Muovikomposiittien räätälöintiä tullaan hyödyntämään nykyistä enemmän. Lopputuotteeseen on saatava lisää keveyttä sekä integroitua lisälaitteita ja lisäominaisuuksia. Näitä ovat sisäänrakennetut antennit, sensorit ja

energianvälitys sekä laitteen häivetekniset ominaisuudet ja sen rakenteellinen lujuus. Tulevaisuudessa rakenteellisista komposiittimateriaaleista kiinnostavimpia ovat bio-jäljittelevät materiaalit, kuten geenitekniikalla tuotettu hämähäkinseitti (BioSilk) [20]. Polymeerikuitu on hyvin lujaa, mutta taloudellisesti mahdotonta hyödyntää kustannussyistä [17].

Itsekorjautuvien materiaalien käyttö autonomisten järjestelmissä saattaa lisääntyä. Esimerkiksi mirokapseloiduilla disyklopentadieenillä (DCPD) voidaan saavuttaa materiaalin itsekorjautuva rakenne. Vaurion tapahtuessa hyvin juokseva monomeeri tunkeutuu särön reagoiden katalyytin kanssa ja estäen siten vaurion etenemisen [36] sivu 364. Ballististen materiaalien yhteydessä tuttujen PBO ja PIPD (M5-kuitu) materiaalien käyttö saattavat tulla kyseeseen näissä laitteissa. Varmaa on älykkäiden materiaalien lisääntyminen autonomisissa laitteissa. Materiaalityypeistä, joiden mekaanisia ominaisuuksia voidaan muuttaa halutulla tavalla, ovat muisti- ja magnetomuistimetallit, polymeeriset keinolihakset, piezosähköiset ja magnetostriktiiviset materiaalit. Värähtelynhallinnan menetelmillä voidaan tulevaisuudessa estää lentävien laitteiden siipien jäätyminen [10].

Tiedonsiirtokyvyn merkitys miehitettyjen järjestelmien kohdalla on keskeistä. Kaikkien autonomisten laitteiden on pystyttävä korkeatasoiseen ja reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, jotta laitteista saatava hyöty voidaan siirtää päätöksenteon tueksi niin taistelija kuin taistelujohtokeskustasollakin.

#### **4.5 *Materiaalitekнологia taistelijan varusteissa ja vaatetuksessa***

Tulevaisuuden taistelijan varusteiden ja vaatetuksen osalta keskeisiä haasteita ovat materiaaleille ja varusteille kohdennetut uudet, entistä kattavammat vaateet taistelijan suojaamiseksi ja hänen suoritusmahdollisuuksiensa lisäämiseksi. Tämän haasteen ratkaisemisessa materiaalitekнологia on erityisen keskeisellä sijalla. Taistelijan varusteiden ja vaatetuksen kyseessä ollessa tarvitaan uusimpia innovaatioita ja ratkaisuja materiaalitekнологiasa sekä uusien materiaalien kehittämisessä ja suunnittelussa. Rakenteet voidaan perinteisen kategorian mukaan jakaa rakenteiden (orgaaniset- ja epäorgaaniset rakenteet, metallit, komposiitit, puolijohteet, pinnoitteet) sekä käyttökohteiden mukaisesti (sähkötekniset-, bio-, panssari- ja rakennusmateriaalit sekä tekstiileissä käytettävät materiaalit). Tämän

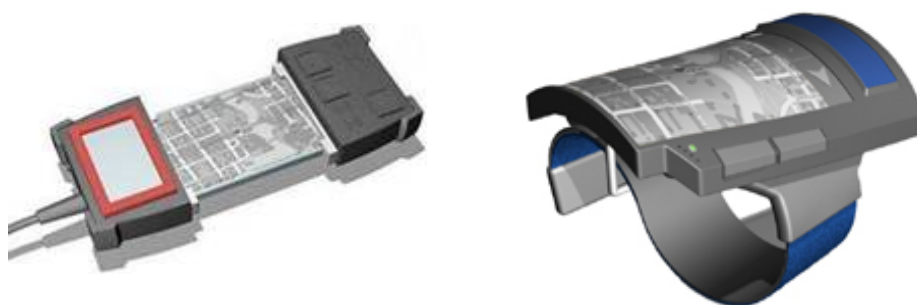
lisäksi oman ryhmänsä muodostavat konstruktiomateriaalit, joka on keskeinen materiaalityyppi aseiden, lavettien ja kuljetusvälineiden valmistuksessa [36] sivu 403.

Taulukko 21: Materiaalityypit ja ominaisuudet, joissa on ennustettavissa 20 - 25 % parannuksia vuoteen 2020 mennessä [29].

Materiaalityyppi	Lujuus	Sitkeys	Jäykkyys	Tiheys	Korroosion kestävyys	Korkean lämpötilan kestävyys
Metallit	Ei	Ei	Ei	Ei	Kyllä	+100 C
Metallimatriisi-komposiitit	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Keraamit	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Keraamimatriisi-komposiitit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
Polymeerit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Polymeerikomposiitit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

#### 4.5.1 Näytöt ja päätelaitteet

Taistelijan järjestelmissä tiedonsiirto on keskeistä ja sen oikea-aikainen saaminen loppukäyttäjälle järkevällä tavalla. Tämän lisäksi tieto on pystyttävä oikea aikaisesti esittämään taistelijalle. Nykitekniikka tarjoaa tähän lukuisia ratkaisuja. Älykkäät materiaalit, jotka mahdollistavat sensoreiden ja virransyötön sekä näytön integroinnin lopputuotteeseen mahdollistavat nykyisiä pienempien ja kevyempien laitteiden valmistamisen.



Kuva 34: Tulevaisuuden taistelijan näytöt voivat olla tällaisia.

Tavoitteena puheen ja datan välittämisen osalta taistelijan on pystyttävä toimimaan ilman käsiä. Puheen on välityttävä automaattisesti eri järjestelmiin. Tällöin taistelija saa pidettyä aseensa koko ajan käsissään ja hän pystyy toimimaan uhkaavan kohteen

suuntaan välittömästi. Mikäli taistelija joutuu irrottamaan kätensä aseesta, hän ei tunne hallitsevansa tilannetta ja hän on välittömästi alttiimpi vihollisen toimenpiteille, pystymättä itse heti vastaamaan niihin. Datan välittämisen osalta tulevaisuuden teknologiat pystyvät vastaamaan haasteisiin.



Kuvat 35 ja 36 Erilaisia markkinoilla olevia tiedonvälitysjärjestelmiä [61].



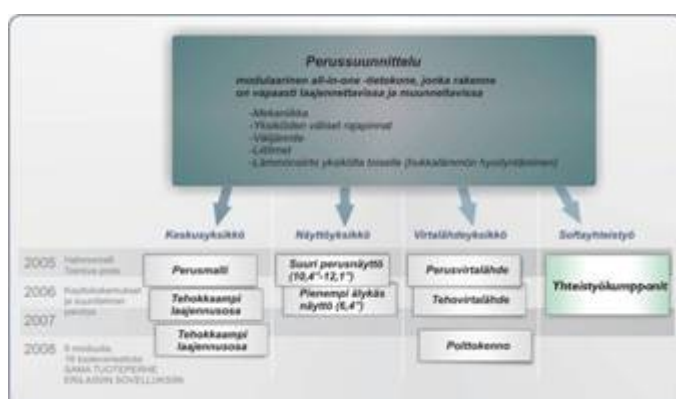
Kuva 37 Markkinoille suunnattuja ja tuotantokäytössä olevia, taistelijalle soveltuvia henkilökohtaisia viestintäjärjestelmiä [61].

Taistelijan varuste- ja vaatetusmateriaalin suunnittelussa on huomioitava niiden rakenteiden mallintamisen ohessa niiden suorituskyvyn ja kulutuskestävyyden sekä oletetun kestoian mallintaminen. Tämä vaatii tietokonesimulaatioiden lisäksi lukuisia

kenttätestejä ja näitä edeltäviä laboratorioissa suoritettavia kokeita ja testejä. Todennäköisesti suurimmat odotukset kohdistuvat komposiittimateriaaleihin, joiden ominaisuuksiin on mahdollisuus vaikuttaa enemmän kuin perinteisillä monoliittisilla materiaaleilla [36] sivu 403.

Multifunktionaaliset materiaalit ovat konstruktiomateriaalien eräs kehityssuunta. Tässä materiaalissa toiminnalliset kokonaisuudet on sisällytetty rakenteen normaaleiden ominaisuuksien lisäksi lopputuotteeseen. Tuotteen funktionaalinen ominaisuus voi olla toiminta aurinkokennona, sähköenergian varastojana, sähköntai lämmönjohtokyky, värin muutos, lämmönsiirto, muodonmuutoskyky ja itsekorjautuvuus. Toiminnalliset ominaisuudet räätälöidään konstruktiomateriaaleihin lisäämällä niihin johtavia tai eristäviä elementtejä, integroimalla niihin sensoreita tai käyttämällä niissä älykkäitä polymeerejä. Komposiitit on nähtävä tulevaisuudessa multifunktionaalisten materiaalien kehitysalustana. Komposiitista voidaan rakentaa paristoja ja kuituihin voidaan rakentaa sähköä johtavat rakenteet. Tämä tuottaa mahdollisuuden suunnitella taistelijalle päällepuettavan elektronisen taisteluasun. Multifunktionaalisten materiaalien käyttöönoton myötä saavutettaisiin säästöä tuotteen massassa ja sen tarvitsemassa tilassa.

Tulevaisuuden taistelukentällä tilannetietoisuutta lisäävien päätelaitteiden lukumäärä ja lajikkeista kasvavat. Erialaisten sensorien ja teknisten apuvälineiden määrä kasvaa vääjäämättä.



Kuva 38 Taistelijan henkilökohtainen tietokone.



Kuva 39: Taistelijan sensori saastuneen ympäristön muuttujien mittaamiseksi [61].

#### 4.5.2 Älykkäät materiaalit

Älykkäät materiaalit kuuluvat multifunktionaalisiin materiaaleihin. Niistä voidaan käyttää myös nimitystä adaptiiviset tai aktiiviset materiaalit. Älykkäät materiaalit ovat lisänneet kiinnostavuuttaan. Oletuksena on tämän materiaalityhmän lopputuotteiden läpimurtoja useilla rintamilla 2020-luvulla. Älykkäiden materiaalien keskeisimpinä sovelluskohteina voidaan nähdä laitteiden sensoreina sekä häiveteknisissä sovelluksissa [36] sivu 425. Materiaali tai tuote on älykäs, mikäli se kerää informaatiota ympäristöstään ja reagoi siihen loogisella ja toistettavalla tavalla [36] sivu 441.

Materiaalin älykkyydellä ymmärretään sen kykyä reagoida ennalta määritetyllä tavalla ulkoiseen ärsykkeeseen. Ärsykkeenä voi toimia materiaaliin kohdistuva muutos valon määrässä tai laadussa, paineessa, sähkövirrassa, lämpötilassa, pH:ssa tai liikkeessä. Materiaali voi muuttaa ulkoisten olosuhteiden muutoksen vaikutuksesta esimerkiksi muotoaan, väriään, sähkönjohtavuuttaan tai jotain muuta haluttua ominaisuutta. Ulkoinen ärsyke voi olla ympäristöstä aiheutuva tai se voi olla välillisesti erillisen ohjausjärjestelmän kautta toteutettu. Älykkäiden materiaalien kehitystyö suuntautuu kahteen erilliseen suuntaan toisen keskittyessä älykkäiden materiaalien ja modernien säätö- ja ohjaustekniikoiden yhdistämiseen, toisen keskittyessä älykkyyden rakentamiseen suoraan materiaaliin. Kummassakin kehityssuunnassa keskitytään äänen- ja värähtelyhallintaan, jäykkyyden- ja muodonhallintaan sekä rakenteen kestoian pidentämiseen ja materiaalin itsekorjautuvuuden ja monitoroinnin kehittämiseen [36] sivu 425.



Äänen- ja värähtelyhallinnassa on kyse kohteen tai laitteen tuottaman äänen tai värähtelyn vaimentamisesta. Tästä on merkittävää etua, kun laitteen tai välineen ei haluta lähettävän aktiivista herätettä ympäristöön (äänenä, värähtelynä tai värähtelynä). Yksittäisen taistelijan vaatetuksen äänettömyyden valmistamisessa tämä on yksi vaihtoehtoinen menetelmä, samoin ajoneuvojen äänettömyyttä rakennettaessa. Jäykkyyden- ja muodonhallinnassa kyse on sekä ballistisen suojauksen että lämmöneristävyuden takaamisesta. Rakenteen kestoajan elinkaarta sekä itsekorjautuvuutta voidaan merkittävästi pidentää ja edistää tällä kehityssuunnalla. Itsensä korjaavien materiaalien tutkimus kuuluu myös tähän kehityssuuntaan. Pietsosähköiset materiaalit keskittyvät komposiittirakenteiden värähtelyominaisuuksien hallintaan ja värähtelyn vaimentamiseen. Elektroaktiiviset polymeerit edustavat uusia älymateriaaleja. Näillä pyritään tuottamaan uusia sovelluksia lukuisilla kehityssuunnilla. Keinolihassovellukset vaikuttavat lupaavilta. Tällä teknologialla taistelijan voimaa voidaan lisätä ja hänet voidaan varustaa keinotekoisilla jäsenillä, jotka takaavat paremman liikkuvuuden taistelukentällä sekä tarvittaessa lisää voimaa suorituksiin.

Muistimetallien käyttö on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämän teknologian merkittävimmät sovellukset ovat konkretisoituneet ballistisissa suojarakenteissa. Ne ovat entistä kevyempiä ja paremmin muotoiltuja. Muistipolymeerit ovat verraten uusi materiaaliryhmä. Tämän käyttö on kohdistunut muodon- ja värähtelyn muutoksiin. Kosteuden hallinnassa ja sen syrjäyttämistekniikoissa on saavutettu menestystä [36] sivu 428. Muistipolymeerien ominaisuuksia tullaan hyödyntämään komposiittirakenteissa. Taistelijan varustuksen osalta nämä tuovat uusia mahdollisuuksia kosteuden ja lämmöneristävyuden parantamiseen.

Taistelijan kohdalla älykkäiden materiaalien sovelluksia ovat adaptiivisista tekstiileistä valmistetut tuotteet. Näitä ovat älykkäät tekstiilit, monitoroivat tekstiilit, nestekide- ja polymeerinäytöt, sähköpaperit, viritettävät fotonikiderakenteet (PBG=Photonic Band Gap), transitiometallioksidit ja harvinaisten maametallien hybridit. Viimemainittuja materiaaleja voidaan virittää sähkövirralla, materiaalit sopisivat hyvin naamiointiin.

Älykkäät tekstiilit edustavat seuraavan sukupolven kuituja ja kankaita sekä niistä valmistettuja tekstiilejä [36] sivu 442. Tuotekehittelyn kohteena ovat muun muassa kylmätyöskentelyyn soveltuva vaatetus ja varustus, joka pystyy mukautumaan

ympäristöönsä vaihtamalla väriä. Näitä materiaaleja kutsutaan kameleonttikuiduiksi [36] sivu 442. Älykkyyks pyritään integroimaan vaatteeseen, mikäli mahdollista. Etuina ovat säästöt tuotteen tarvitsemassa fyysisessä tilassa ja massassa. Vaatteen lämmönsäätelyominaisuuksien toteuttaminen voidaan räätälöidä tuotteeseen älykkäällä materiaalilla, joka mukauttaa sen toimimaan optimaalisesti kulloisissakin olosuhteissa. Vaate voi päästää taistelijan kuormittuneena tuottamaa lämpöä ja hikeä läpi säätelemällä itse ominaisuuksiaan saamiensa sensoritietojen pohjalta. Tuote voi vastaavasti lisätä lämmittäviä ominaisuuksiaan kylmissä olosuhteissa, esimerkiksi sulkemalla vaatteen huokokset tai muuttamalla vaatteen muita lämpöä sääteleviä ominaisuuksia. Vaatteet varustetaan taistelijan elintoimintoja ja ympäristön muutoksia tarkkailevilla sensoreilla, jotka ovat integroituna vaatteen kokonaisjärjestelmään [36] sivu 443.

### 4.5.3 Nanomateriaalit

Nanohiiliputkista on ennustettu tulevaisuuden lujitemateriaaleja komposiitteihin juuri mekaanisten arvojensa ansiosta. Hiili-nanoputkien käyttö täyteaineena on voimakkaan kiinnostuksen ja tutkimustyön kohteena, mutta sen käyttö on vasta tutkimusasteella. Pienillä täyttöasteilla hiili-nanoputkilla lujitetut komposiitit omaavat ylivoimaiset arvot lujuus- ja sähköisten ominaisuuksien osalta. Lähitulevaisuudessa markkinoille ennustetaan saapuviksi tietokoneiden muistit sekä kenttäkelpoiset litteät näytöt. Komposiitti- ja suojarakenteet, kestävät tekstiilit, luotisuojaliivit sekä herkäät sensorit voivat olla lopputuotteita nanohiiliputkiteknologiassa. Myös tulevaisuuden taistelijanjärjestelmien polttoaineen, vedyn, varastointi saattaa tulla kyseeseen näistä materiaaleista valmistetuista tuotteista. Nanokiteiset materiaalit ovat myös huomion arvoinen materiaali konstruktio materiaaleja suunniteltaessa sen lujuuden ansiosta. Myös nanoteknologiasta odotetaan paljon. Suurimmat konkreettiset odotukset kohdistuvat nanohiiliputkiin, joilla on mitattu suuria lujuusarvoja sekä erikoisia sähköisiä ja magneettisia ominaisuuksia [36] sivu 404.

Nanohiiliputket ovat yksi vaihtoehto tulevaisuuden laitteiden, varusteiden ja vaatteiden valmistuksessa. Syynä tähän ovat nanohiiliputkien poikkeuksellisen hyvät ominaisuudet, joita ovat yli 1 TPa:n mitatut kimmomoduulusarvot ja 30 GPa:n vetolujuudessa saavutetut arvot. Materiaalin sitkeys on silti erinomainen. Nanohiiliputkien on todettu olevan joko erittäin hyviä sähkönjohteita tai puolijohteita. Ominaisuus riippuu atomien järjestyksestä putken pituussuuntaan nähden.

Lämmönjohtavuudessa saavutetut arvot ovat samoin hyviä. Nanohiiliputkien on todettu toimivan myös sensorielementteinä joillekin kemiallisille aineille [36] sivu 415.

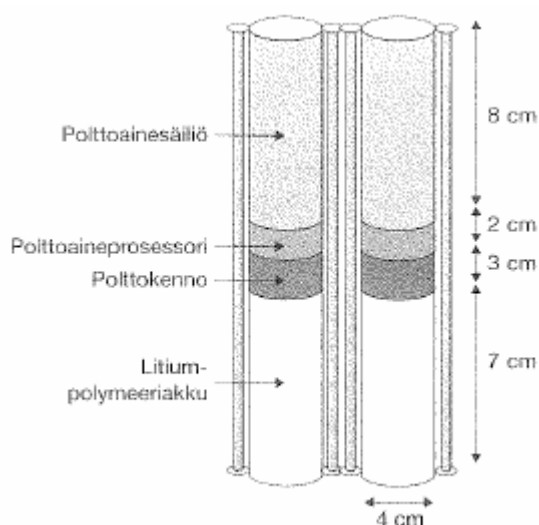
Tulevaisuuden materiaalien suunnittelussa on varauduttava pitkään tuotekehittelyaikaan. Nanohiiliputkien kohdalla este on niiden valmistettavuudessa. Parhaiden ominaisuuksien saavuttamiseksi on rakennettava yksiseinäisiä putkia, mutta toistaiseksi niitä ei ole pystytty valmistamaan merkittäviä määriä. Tuote on käytännössä vain laboratorioden testausmateriaalia tällä hetkellä. Ennusteet massamaisesta nanohiiliputkien valmistamiskyvyn saavuttamisesta vaihtelevat useista vuosista kymmeneen vuosiin [36] sivu 416. Nanomateriaaleilla on pyritty parantamaan komposiittimateriaaleja lisäämällä näihin eri maalikerroksia tai käyttämällä sopivia lisäaineita palonsuojausominaisuuksien parantamiseksi. Polymeerihartsien modifioimisen ja epäorgaanisten polymeerien (Nomex-kennot) käytöllä on pyritty parantamaan muun muassa epoksikomposiittien palo-ominaisuuksia. Myös lämmöneristyksen ja akustisten ominaisuuksien säätelyssä voidaan hyödyntää oikeita materiaalivalintoja tavoitteen saavuttamiseksi. Myös älykkäiden materiaalien käyttöä voidaan hyödyntää polymeerikomposiittiteknologiassa.

Nanotekniikan avulla pyritään valmistamaan litteitä näyttöjä taistelijan käyttöön. litteät näytöt voivat sijaita lukuisissa järjestelmissä. Niiden etuina ovat niiden pieni massa, mukautuvuus ja taipuisuus sekä pieni energiankulutus. Myös hohtavien polymeerien avulla on valmistettu näyttöjä (LEP-näytöt). Tällä tekniikalla on valmistettu videokuvaa toistavia vaatteita. Tekniikan avulla on pyritty tekemään taistelijasta näkymättömiä. Tällä hetkellä tekniikka on kallis ja lopputuotteen toteutukseen kuluu vielä aikaa [36] sivut 444 ja 445. Kokonaistavoitteena on valmistaa naamiointijärjestelmä, joka reagoi reaaliajassa valaistuksen muutokseen. Yhtenä vaihtoehtona kyseeseen tulevat viritettävät fotonikiderakenteet (Tunable photonic band gap). Koska värinmuutos perustuu näillä materiaaleilla taitekertoimen muutokseen, fotonikiderakenteen tulee olla säädettävä. Tällöin vaatteen jonkin valmistusmateriaalin tulee olla sähköisesti viritettävä [43].

#### **4.5.4 Polymeerimateriaalit**

Polymeerimateriaalit, joita ovat muovit, kumit ja niiden komposiitit, ovat nousseet merkittäviksi valmistusmateriaaleiksi keraamien ja teräksen rinnalle. Polymeerit voidaan käyttötarkoituksensa mukaan jakaa käyttötarkoituksensa mukaisesti

kolmeen pääryhmään, joita ovat massamateriaalit, tekniset- ja erikoispolymeerit [36] sivu 417. Polymeerimateriaaleissa materiaalien ominaisuudet voivat vaihdella laaja-alaisesti. Ominaisuudet saadaan tuotteen suunnittelun ja prosessoinnin kautta. Lopputuotteen ominaisuuksien muuttaminen on jälkeinpäin mahdotonta. Polymeerimateriaalien käytössä on huomioitava niiden olevan orgaanisia materiaaleja. Tämän takia niiden ominaisuudet ja rakenne voivat muuttua ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta ajan funktiona. Näitä ulkoisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi muutokset lämpötilassa, kuormituksessa sekä säteilyssä.



Kuva 40 Sotilaskäyttöön tarkoitettua kannettavaa tehonsyöttöjärjestelmän periaatekuva. Järjestelmä rakentuu litium-polymeeriakuista, polttokennoista sisältäen polttoaineprosessorin ja polttoainevarastot [43].

Polymeerimateriaalien mielenkiintoa potentiaalisina valmistusmateriaaleina lisää niiden monimuotoisuus ja muokattavuus. Erilaisina kehityssuuntina voidaan nähdä uusien polymeerien kehittäminen (sähköä johtavat polymeerit ja puolijohtavat materiaalit), tunnettujen polymeerien laajempi hallinta sekä erilaiset muoviseokset. Näillä pyritään saavuttamaan materiaaleissa ja niistä valmistettavissa lopputuotteissa parempi sähkönjohtavuus, enemmän lujuutta tai älykkäitä ominaisuuksia. Älykkäillä polymeereillä saavutetaan lopputuotteelle etukäteen haluttuja ja määriteltyjä toimintoja ja ominaisuuksia. Materiaalien älykkyys voi ilmetä esimerkiksi sen muuttaessa muotoa, väriä tai ominaisuutta sähkönjohtavuudessa tai lujuudessa.

#### 4.5.5 Ballistiset materiaalit

Taistelijan varustuksessa ballistista materiaalia tarvitaan kriittisten kehon osien suojaamiseksi. Lopputuotteina ovat kypärä, että vartalon suojaksi tarkoitetut suojaliivit. Suojaliivit voivat olla joko sirpale- tai luotiliivejä, suojaustasovaatimusten mukaan. Keraameista käytetyin on 99,6 % alumiinioksidi. Käytetyin yhdistelmä on alumiinioksidilevy yhdistettynä aramidi-luotisuojalevyyn. Tätä rakennetta käyttää myös Suomen puolustusvoimat yksittäisen sotilaan suojaliivissä. Rakenne pysäyttää pehmytdinsydän luodit. Tämä rakenne ei pysty pysäyttämään kovametalliytimisiä luoteja. TiC-karbidin perustuva Exote-luotisuojalevy kykenee pysäyttämään kovametalliytimiset luodit. Haittana on noin 3 kilogrammalla kasvava taistelijan kokonaisuudessa [36] sivu 430. Suurimman massatehokkuuden antaa boorikarbidin, joka yhdistettynä polyeteenikomposiittitaustaan antaa arvoksi 4,3. Tuotteen suurin heikkous on sen huono moniosumakestävyys, joka taistelijan suojavarusteissa on haluttu ja tarpeellinen ominaisuus.

#### 4.5.6 Komposiittimateriaalit

Komposiittimateriaalit ovat kahden tai useamman aineen yhdistelmä, jossa aineet toimivat yhdessä, mutta ne eivät ole toisiinsa sulautuneina tai liuenneina. Tyypillisimpiä komposiitteja ovat muovi-, metalli-, ja muut komposiittimateriaalit (betoni, puu). Puhuttaessa komposiiteista, tarkoitetaan yleensä muovikomposiitteja. Perusratkaisussa muovikomposiitti eli laminaatti koostuu kahdesta komponentista: muoviaineesta eli matriisista ja lujitteista. Näiden kahden komponentin raaka-aineiden valinnalla ja valmistusprosesseilla säädellään kaikki materiaalin ominaisuudet. Lisäksi käytetään erilaisia lisämateriaaleja, kuten ydinaineita kerroslevyrakenteissa sekä erilaisia täyteaineista. Hartseista yleisimmin ballistiikkatuotteiden valmistukseen käytetään epokseja ja fenoleita. Komposiittien lujittamiseen käytetään lasikuitua, hiilikuitua, kestokuitua sekä erityisesti ballististen kuitujen osalta aramideja.

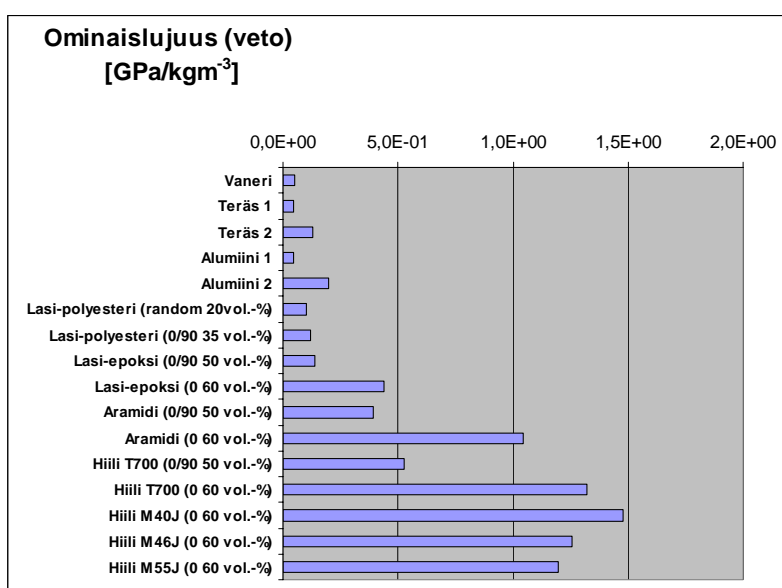
Komposiittien osalta tuotteen valmistuksessa merkittävänä etuina on huomioitava valmistusprosessin nopeus, edullisuus ja materiaalin kierrätettävyyden. Tuotteen ominaisuudet lähestyvät kertamuovikomposiittien ominaisuuksia koko ajan.

Valmistusprosessi on kestumovien osalta ladonta, lämmitys, puristus sekä jäähdytys. Tuotteessa voidaan hyödyntää samoja kuitumateriaaleja kuin kertamuovikomposiiteissa. Raaka-aineet ovat perinteisten muovien johdannaisia. Tämä mahdollistaa kohtuuhintaisten raaka-aineiden saannin ja materiaalin monikäyttöisyyden useisiin tuotteisiin.



Kuvat 41 ja 42 Nykyaikaisia komposiitista valmistettuja kypäriä. K-99 vasemmalla, K-96 oikealla [12].

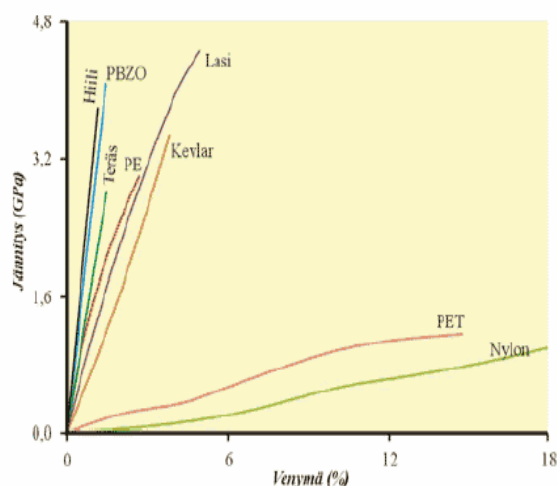
Käytettäessä polymeerikomposiitteja taistelijan suojarusteina, voidaan metallien käyttöä korvata ballistisena suojamateriaalina, ainakin osittain. Polymeerikomposiitit ovat yhdistelmämaterialleja, joiden valtteja ovat keveys ja lujuus sekä väsymisenkestokyky.



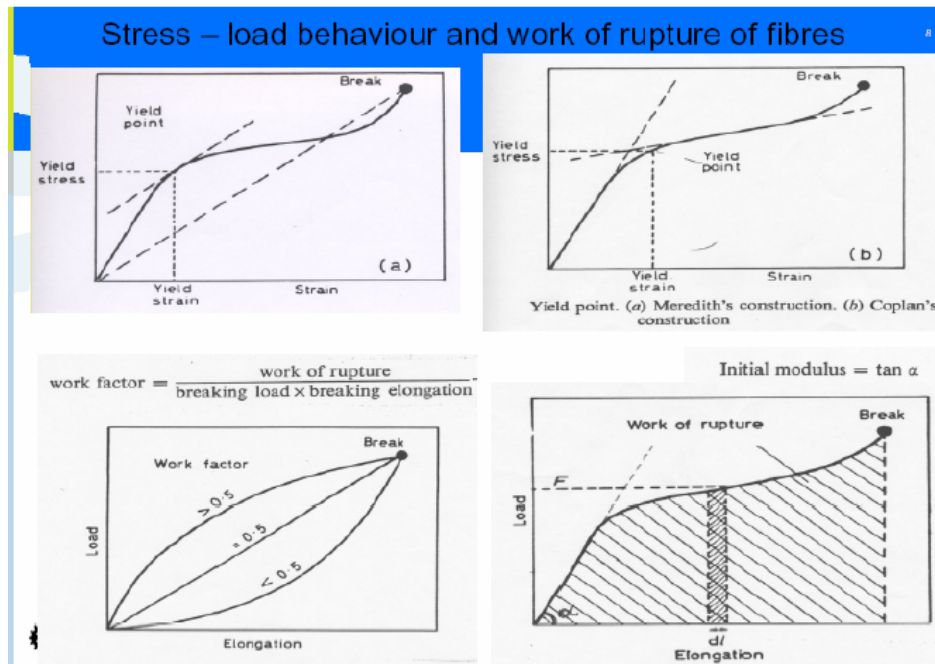
Kuva 43: Komposiittimateriaalien edut suhteessa vetolujuuteen [12].

Esimerkiksi polyeteenistä (UHMWPE) saadaan valmistettua erittäin kevyitä kuituja. Teknisten erikoiskuitujen käyttö ballistisessa suojauksessa tulee kasvamaan. Näillä saavutetaan kuitujen monikerrosrakenteesta johtuen vähittäinen energian absorbointi ja sen levittäminen suojaavaan rakenteeseen. Kuituihin voidaan rakentaa kuitujen väliset optimaalisen sijainnin ja rakenteen omaavat sidospisteet, joiden kautta rakenteen lujuutta voidaan säädellä. Myös lankojen välinen kitka on maksimoitava sirpaleen ja luodin pysäyttämiseksi. Nykyisin käytössä olevat kuidut ovat aramideja (Twaron, Kevlar, (Technora)), UHMWPE, polyeteeni (Spectra, Dyneema, Tekmilon), termotrooppinen LC polyesteri (Vectran) sekä Zylon (PBO, (poly(p-fenyleeni-2,6-benzobisoxazoli))). Hinnoiltaan sekä polyeteeni- että PBO-kuidut ovat edelleen korkeita ja lähinnä erikoissovelluksissa käytettyjä.

Kuvassa on esitetty erilaisten kuitumaisten materiaalien jännitys-venymäkäyriä. Polymeerikuidut (Kevlar, PBZO ja UHMWPE) käyttäytyvät kuten keraamiset kuidut (hiili- ja lasikuitu) tai lujat metallikuidut (teräs). Ormielienkiintoista havaita kuinka samanlaisia kaikki materiaaliyryhmät käyttäytyvät lujina kuituina.

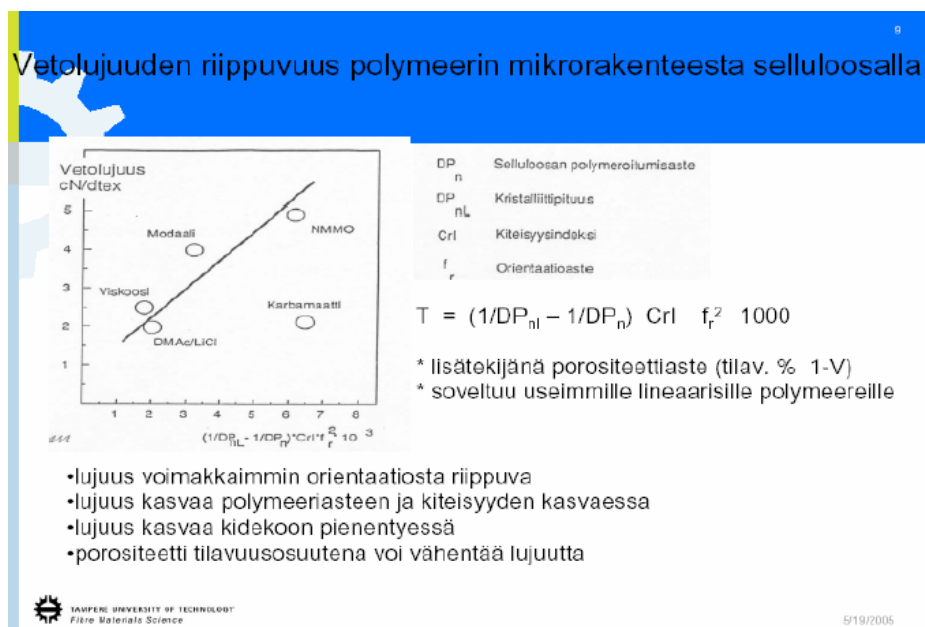


Kuva 44: Erilaisten kuitumateriaalien jännitys- ja venymäkäyriä [17].



Kuva 45: Kuitumateriaalien venymä- ja lujuuskäyriä [17].

Iskulujuutta vaativissa kohteissa (ballistiset suojarusteet), parhaisiin lopputuotteisiin voidaan saavuttaa käyttämällä räätälöityjä polymeeriseoksia sekä erityisesti itselujitetuilla polymeereilla.



Kuva 46 Vetolujuuden riippuvuus polymeerin mikrorakenteesta [17].





Kuva 47: Monisuojalevy taistelijan suojana, kuva FY-Composites [12].

FY-Composites on valmistanut vuosien ajan Suomen puolustusvoimille sekä kypäroitä (K99) että monisuojaalevyjä taistelukentän sirpaleita ja sekundääriammuksia vastaan. Rakenteissa on käytetty viimeaikaisinta komposiittiosaamista. Monisuojaalevyt toimitetaan elementteinä. Näiden kiistaton etu on niiden kohtuullinen massa ja nopea pystytys että purkaminen. Loppukäyttäjää voi rakentaa suojusta kutakin uhkakuvaa vastaavan suojan.

#### **4.6 Johtopäätökset**

Tulevaisuuden miehittämättömien ajoneuvojen käyttöönotto tarjoaa mullistavia mahdollisuuksia tulevaisuuden taistelukentälle. Osa näistä on jo nyt tiedossa, sillä ne ovat haluttuja ja tavoiteltuja ominaisuuksia laitteiden suunnitteluspesifioissakin. Loppukäyttäjää keksii uusia käyttötapoja välineelle. Liikkuvat sensorit, robottiajoneuvot, saavat merkittävimmän roolin tulevaisuuden sodissa ja erikoisoperaatioissa. Laitetta käytettäessä merkittävässä roolissa on tappio-identifikaatio: menetetty laite voidaan korvata toisella laitteella, ihmishenkien säästyessä. Autonomiset koneet ja laitteet voidaan lähettää vaarallisiin paikkoihin, joista ei aina ole paluuta, vaikka laitteen palautuminen käyttäjälle on haluttu tavoitetilä. Laitteen käyttö tiedustelutehtävissä kemiallisten, biologisten ja radiologisten uhkatekijöiden etsimiseen ja luokitteluun on keskeisellä sijalla. Mekaaninen laite kestää vihamielistä ympäristöä elävää ihmistä huomattavasti paremmin.

Tulevaisuuden miehittämättömien ajoneuvojen mukanaan tuomat haasteet ja mahdollisuudet tulevaisuuden taistelijalle on havaittava riittävän aikaisessa vaiheessa. Taistelijan toiminta laitteiden parissa ehditään suunnitella ja harjoitella maksimaalisen hyödyn saavuttamiseksi. Omat miehittämättömät ajoneuvot tarjoavat taistelijalle mahdollisuuden tilannetietoisuutensa parantamiseksi sekä omien tappioiden minimoimiseksi. Miehittämättömät ajoneuvot voivat antaa tiedustelu- ja valvontatietoja alueilta, jonne taistelija ei voi mennä joko fyysisen tilan pienuuden takia (asutuskeskuksissa putket, käytävät) tai tilan vihamielisyyden takia (vihollisen ylivoima ja edullinen sijoittuminen tai saastunut alue).

Yksittäisen jalkaväkitaistelijan on tunnettava miehittämättömien maa- ja ilma-ajoneuvon toimintatavat ja käyttöperiaatteet, jotta hän osaa itse väistää laitteiden toiminnan. Vastustajalla on samalla toimintaperiaatteella olevia laitteita käytössään. Miehittämättömät ajoneuvot muodostavat uuden uhkan taistelijalle. Miehittämättömien ajoneuvojen kohdalla tappioidensietokyky on suurempi kuin perinteisen taistelijan kohdalla.

Miehittämättömien ajoneuvojen käytöllä voidaan oikein suunniteltuna vapauttaa taistelijoita taistelutehtäviin ensin mainittujen keskittyessä tiedustelu- ja valvontatehtäviin. Miehittämättömien ajoneuvojen suunnittelu- ja valmistuskustannukset ovat korkeita, joten laitteen menettämisen tai sen rikkouduttua, uuden laitteen saaminen taistelukentälle voi kestää jonkin aikaa. Miehittämättömien ajoneuvojen suunnittelutyössä järjestelmäintegraatio on keskeinen asia. Tiedonsiirto salattuna on keskeinen tekijä. Miehittämättömien ajoneuvojen tulee olla hiljaisia, mahdollisimman näkymättömiä ja riittävän korkealla älyllä varustettuja.

Tulevaisuuden taistelijan kehitystyön kannalta materiaaliteknologia tarjoaa tilannetietoisuutta parantavien laitteiden ohella merkittävää lisäarvoa taistelijalle. Vaatteiden ja varusteiden suunnittelulla voidaan merkittävästi parantaa lopputuotteiden ergonomiaa, mukavuutta, tarkoituksenmukaisuutta, pienentää varusteen ja vaateen massaa. Varusteeseen tai vaatteeseen saadaan räätälöityä ominaisuuksia, joita siinä ei aiemmin ole ollut tai lisäominaisuudet on täytynyt tuottaa lisävarusteella tai erillisellä massaa lisäävällä teknisellä laitteella. Materiaaliteknologia avaa mahdollisuudet kehittää tulevaisuuden taistelijalle tarkoituksenmukainen ja suojaava materiaali-, vaate-, ja varustevalikoima uusia taistelukentän haasteita varten.

Konstruktiomateriaalien kannalta merkittävää kehitystä odotetaan tapahtuvaksi materiaalien mallintamisessa, materiaalien multifunktionaalisten ominaisuuksien lisääntymisessä sekä komposiittimateriaalien kehityksessä yleensäkin. Materiaalien suunnittelussa ja mallintamisessa tapahtuva kehitys vie tuotekehitystä eteenpäin parantaen lopputuotteen materiaalien suunnittelua ja kestoajan arviointia. Konstruktiomateriaaleja pyritään kehittämään ominaisuuksiltaan multifunktionaaliseksi. Monitoimiominaisuudet pyritään lisäämään materiaalin ominominaisuuksien rinnalle lopputuotteeseen. Tämä näkyy lopputuotteen uusina ominaisuuksina, joita voivat olla sen toiminta aurinkokennossa, energian varastoina tai värin tai muiden havaittavien ominaisuuksien muuttumisena. Funktionaalisia ominaisuuksia pyritään lisäämään materiaaleihin upottamalla niihin sensoreita, johtavia tai eristäviä elementtejä sekä käyttämällä niissä uusia älykkäitä polymeerejä. Näihin materiaaleihin kuuluvat myös älykkäät materiaalit, joilla on rakenteellisia ominaisuuksien lisäksi kyky monitoroida rakennetta, muuttaa muotoaan ja tulevaisuudessa mahdollisuus korjata itseään. Tulevaisuuden potentiaalisina lopputuotteina älykkäissä materiaaleissa on nähtävä miehittämättömät lennokit.

Perinteisissä materiaaliryhmissä, metallit, polymeerit, keraamit, komposiitit on odotettavissa 20 - 25 prosentin ominaisuuksien paranemista seuraavien 15–20 vuoden aikana. Suurimmat ennako-odotukset kohdistuvat komposiittimateriaaleihin niiden monipuolisten ominaisuuksien ja muokattavuuden ansiosta. Funktionaalisten ominaisuuksien lisääminen komposiittirakenteisiin onnistuu helpoimmin. Tulevaisuudessa näiden ominaisuuksien lisäämisellä voidaan valmistaa taistelijalle sopivia ja päällepuettavia aktiivisia ballistisia suojarakenteita, joissa on isku- ja vikaanturointi integroituna taistelijan kokonaisjärjestelmään.

Nanorakenteisten metallien ja keraamien käyttö kompakteina materiaaleina ei vaikuta todennäköiseltä vuoteen 2020 mennessä. Todennäköistä on sen sijaan komposiitteihin lisättävien nanorakenteisten partikkelien käytön lisääntyminen ja niistä keksitään uusia sovelluksia. Näitä voivat olla häiveominaisuuksien lisääminen polymeerikomposiitteihin. Äkillisiä läpimurtoja näissä tekniikoissa ei kannata odottaa.

Konstruktiomateriaalien käytöllä pyritään saavuttamaan entistä kevyemmät, lujemmat, jäykemmät ja paremmin korkeita lämpötiloja kestävät materiaalit. Lopputuotteiden suorituskyvyn lisääminen, ergonomisuuden lisääminen sekä

lopputuotteen liikkuvuus sekä sen kantama hyötykuormakapasiteetti ovat tärkeitä. Massan vähentäminen yksittäisen jalkaväkisotilaan vaatteissa ja varustuksessa on avainasemassa. Taistelijan henkilökohtaisen aseiden massan muodostaessa huomattavan osan kokonaisuudesta, on tärkeää keventää myös aseiden ja sen ampumatarvikkeiden kokonaisuutta uusien materiaalien avulla. Toinen suuri kokonaisuus taistelijan massasta muodostuu ballistisista ja ABC-suojaukseen tarkoitettuun materiaaliin. Näiden ominaisuuksien integroimisella varusteisiin ja vaatteisiin saavutetaan huomattavaa säästöä massasta ergonomian parantuessa ja taistelijan suorituskyvyn parantuessa, jolloin hän pystyy täyttämään annetun tehtävän käsketyllä tavalla, minimaalisin tappioin.

## **5 TAISTELIJAN JÄRJESTELMÄ 2020 KOKONAISUUS**

### **5.1 *Kärkitaistelija 2020 - taistelijan järjestelmän tavoitella***

Taistelijan varustuksen suunnittelutyö tulevaisuuden armeijoita varten on aloitettu lukuisten valtioiden armeijoiden osalta jo 1990-luvun alkupuoliskolla [289]. Suunnittelutyön hedelmiä on kerättävissä vasta nyt, lähes 15 vuotta myöhemmin. Suunnittelutyö vaatii oman aikansa. Tuotekehitys ei ole suoraviivainen prosessi, vaan siinä tulee jatkuvasti yllätyksiä, vastoinkäymisiä ja tuotteen spesifikaatiot voivat muuttua useaan otteeseen matkan varrella.

Tulevaisuuden taistelijan spesifikaatioiden määrittämisessä on huomioitava tulevaisuuden taistelukentän olosuhteet ja toimintatavat nykyisen tietämyksen valossa. Varmaa on se, että lopputuotteiden määrittelyitä muutetaan tuotekehityksen mukanaan tuomin mahdollisuuksin yhdessä uusien ja älykkäämpien sekä parempien materiaalin saapuessa laboratorioista markkinoille.

Taistelijan tulee pystyä vaativampiin suorituksiin lyhyemmässä ajassa totuttuun verrattuna. Tämä edellyttää taistelijan tilannetietoisuutta lisäävien päätelaitteiden määrän ja laadun lisäämistä sekä parantamista. Näiden päätelaitteiden lukumäärä ja tyyppi määräytyvät tuotekehityksen myötä. Nykysuuntauksen mukaisesti päätelaitteisiin pyritään integroimaan mahdollisimman paljon ominaisuuksia, mikäli tämä on laitteen toimintaperiaatteen mukaista ja järkevästi toteutettuna mahdollista [36] sivut 441 – 446 [7] sivut 79 - 81. Päätelaitteiden koon ja massan sekä lukumäärän on säilyttävä kohtuullisina, jotta taistelija ei kuormitu liikaa.

Taistelijan tilannetietoisuutta lisääviä laitteita ovat pään ja kypärän alueelle sekä muualle taistelijan vaatevarustuksen ulko- ja sisäpuolelle kulloistakin ympäristöä ja toimintoja mittaavat sensorit. Sensoreiden avulla saadaan tietoa taistelijan omasta tilasta sekä niiden avulla voidaan nopeasti ja luotettavasti määrittää ympäristön tila, josta edelleen syntetisoidaan tietojenkäsittelyjärjestelmän avulla eri uhkakuvamalleja [7] sivut 61 - 64. Tämä helpottaa taistelijan varautumista erilaisiin uhkakuviin. Riittävän aikaisessa vaiheessa suoritettavat suojaustoimenpiteet muuttavat tehtävässä suoritustodennäköisyyttä merkittävästi. Liian myöhään suoritettavat suojaustoimenpiteet johtavat helposti taistelijan toimintakyvyttömyyteen ratkaisevalla hetkellä (sirpaleet, luodit, polttotaisteluaaineet) tai taistelija menehtyy heti tai jonkin ajan kuluttua, koska taisteluaaineet, säteilyn saastuttamat aineet tai biologiset aseet ehtivät jo tarttua taistelijaan [37] sivu 277 ja 287.

Taistelijan mukanaan kuljettamaa kokonaismassaa on pystyttävä merkittävästi vähentämään. Tavoitearvona on tulevaisuuden taistelijan varusteiden ja vaatteiden kokonaismassan vähentäminen 22 kilogrammaan. Kiinalaiset suosittelevat taisteluvarustuksen enimmäismaasaksi 20 kilogrammaa [27] sivu 43. Tämän arvon ylittyessä keskimääräinen taistelija pystyy kuljettamaan materiaalin mukanaan, pystymättä taistelutehtäviin motoriikan merkittävästi huonontumisen myötä. Taistelijan optimaalinen varusteiden massa on mallinnettava kunkin tyyppistä taistelutehtävää silmällä pitäen. Kukin taistelutilanne on ainutlaatuinen, joten viimekädessä taistelijan on tunnettava omat rajansa, jotta hän ei ylitä niitä. Mikäli taistelija mitoitaa kapasiteettinsa väärin, hän aiheuttaa itselleen ja kumppaneilleen merkittävän epäonnistumisriskin tehtävässä. Tehtävien suorittajien vähentyessä taistelukentän autioituessa tähän ei ole varaa. Taistelijan kokonaismassaa on pystyttävä pienentämään. Merkittävässä asemassa ovat tulevaisuuden materiaali- ja valmistusteknologiat [37] sivut 277 ja 287.

Taistelijan huoltojärjestelmä on suunniteltava eteen työntäväksi ja ennakoivaksi rakenteeksi. Taistelijan toiminta-aikaa taistelukentällä halutaan lisätä kulloisestakin tehtävästä ja sen erityisluonteesta johtuen vuorokaudesta kolmeen vuorokauteen. Tämä vaatii lukuisten huoltotoimenpiteiden suorittamista tehtävän kestäessä. Normaalit taistelijan huoltotoimenpiteet säilyvät (varusteiden-, vaatteiden-, aseiden ja joukkue-, ryhmä-, tai solukohtaisten materiaalien huoltaminen). Tämän lisäksi taistelijan on entiseen tapaan huolehdittava omasta terveydestään ja kehostaan sen

kuntoa tarkkailemalla ja välittömiä hoitotoimenpiteitä vaativat vammat itsenäisesti tai taistelijaparin avustuksella hoitaen. Erilaiset kehon toimintoja mittaavat sensorit ovat tässä merkittävänä apuvälineinä. Taistelijan on levättävä jossain vaiheessa sekä suoritettava muut ihmisen normaaliin toimintaan liittyvät toimenpiteet. Taistelijan on ruokailtava sekä nautittava nestettä riittävät määrät riittävän useasti, jotta hänen elintoimintojensa taso säilyy riittävässä toimintakunnossa. Aivojen toiminta korostuu sensorien täyttämässä taistelutilassa.

Lukuisat päätelaitteet tarvitsevat runsaasti energiaa. Energiantarve ei ole tasaista, vaan energian kokonaiskulutus kunakin ajan hetkenä riippuu taistelijan toiminnasta. Tämä puolestaan saattaa johtua taistelutilanteesta ja sen kehittymisestä. Energian kulutus on jaksottaista ja kulutushuippujen ajoittumisen ja lukumäärän osalta vaikeasti ennustettavaa. Taistelutilanteiden nopeasta muutoksesta ja taisteluiden runsaasta liikkuvuudesta johtuen, taistelijan on pystyttävä tuottamaan osa tarvitsemastaan energiasta itse mukanaan kuljetettavalla ja taistelijanjärjestelmään integroidulla järjestelmällä. Vuonna 2020 taistelijan tuhannen Wattitunnin (12V, 80 Ah) energiapaketti voisi olla massaltaan lähellä yhtä kilogrammaa. Polttoaineena järjestelmässä olisi metanoli sen korkean hyötysuhteen ansiosta. Laitepaketti koostuisi polttokennosta ja litium-ioniakusta sekä superkondensaattorista. Polttokenno, joka on joko vety-PEFC yhdistettynä metanolimeri tai suorametanolipolymeeripolttokennoon (DMFC) turvaisi jatkuvan perustehon tuottamisen, akku yhdessä superkondensaattorin kanssa kokonaisjärjestelmän tarvitseman huipputehon [19].

Taistelijan energiajärjestelmä ja sen käyttämät polttoaineet tarvitsevat oman huoltologistiikan. Tulevaisuudessa metanolin rinnalla saattaa olla esimerkiksi yleisempiä polttoaineita, joita käytetään muissa laitteissa ja joilla on korkea energia-arvo. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi lentokonepolttoaineet, kuten Yhdysvaltain armeijan ja ilmavoimien käyttämä JP-8 [19]. Tulevaisuudessa taistelevilla joukoilla voisi olla käytössään ryhmä- tai partiokohtaiset kannettavat sähkögeneraattorit joissa taistelijoiden akut voitaisiin varata uudelleen normaaliin huoltotoimenpiteiden yhteydessä tai vaihtoehtoisesti moottorimarssilla.

Energian saatavuus on turvattava. Vaihtoehtoisina virtalähteiden varausmenetelminä kansainvälisissä tehtävissä, aurinkoisilla alueilla voisivat olla ohutkalvoiset aurinkopaneelikelmut. Kylmissä olosuhteissa kyseeseen tulisivat yön tai levon ajaksi

kamiinan tai muun lämmönlähteen päälle tai välittömään läheisyyteen sijoitettu 30 - 50 Watin 3 - 4 kilon massa omaava termosähköinen generaattori [19].

Taistelijan vaikuttamisvälineenä toimii edelleen konventionaalisen teknologian ratkaisuihin perustuva henkilökohtainen ase. Pääsääntöisesti se on tehtävän mukainen yhdistelmäase, joka ampuu luoteja sekä kranaatteja. Aseella voidaan ampua pehmeisiin kohteisiin kineettiseen iskuenergiaan perustuvia henkilömaalien tuhoamiseen tarkoitettuja perinteisiä pehmytsydämiä kiväärikaliiberisia ampumatarvikkeita [36] sivut 129 ja 130 [7]. Puolikovien ja kovien kohteiden tuhoamiseksi käytetään aseiden kranaattipatruunoita ampuvaa asejärjestelmää. Kyseinen ase on älymateriaaleista rakennettu, jossa on runsaasti elektroniikkaa ja automatisoituja toimintoja. Aseessa on yksi käyttövalikko, jolla aseiden eri järjestelmiä käytetään. Ammunnanhallintajärjestelmä on vakiona. Ase laukeaa vasta kun kohde, ballistiset tekijät ja aseiden piippulinjat yhdessä tähtäimen kanssa ovat samassa avaruudellisessa koordinaatistossa korkean osumatodennäköisyyden varmistamiseksi. Ase on järjestelmänä mahdollisimman pitkälle automatisoitu. Aseiden tähtäinkuva voidaan heijastaa kypärään tai erilliseen näyttöön, tähtäinkuvaa voidaan myös lähettää verkossa eteenpäin. Ase voi ehdottaa ampujalle eri toimintavaihtoehtoja taistelijalle, joka päättää ja valitsee vaikutustavan. Aseessa voi olla vain vähän kuluvia toimintakoneiston osia. Ase monitoroi samalla ympäristöä kommunikoiden aseiden käyttäjän kanssa. Aseessa on omatunnistinautomaatiikka: se ei toimi joutuessaan vihollisen käsiin. Ase tunnistaa taistelijan asusta ja muista järjestelmistä omat ja vihollisen sotilaat. Ase tunnistaa syöttökoneistoissa jäljellä olevat ampumatarvikkeet, samoin se ilmoittaa taistelijalle milloin tämän on aika täydentää aseiden ja taistelijan mukana kuljettamat ampumatarvikkeet. Ampumatarvikkeista kranaattiputkesta ammuttavat ampumatarvikkeet ovat ohjelmoitavaa tyyppiä, pääsääntöisesti ohjelmointi tapahtuu aseiden toimenpitein, mutta myös manuaalinen ohjelmointi on mahdollinen toimenpide.

Erikoistaistelijat, kuten tarkka-ampujat ja erikoisjoukkojen sotilaat varustetaan tehtävän edellyttämällä erikoisasein ja ampumatarvikkein [36] sivut 165 - 167 [7]. Kyseisissä aseissa on automaattiset etäisyysmittarit, havaitsemis- ja tunnistamis- ja luokitteluautomaatiikka. Aseet asettavat automaattisesti ampuma-arvot ja ampumatarvikkeet aseisiin, automaatiikka voidaan ohittaa tarvittaessa tai aseiden vikaannuttua.

Ei-tappavien henkilökohtaisten aseiden lukumäärä on vähäinen. Osalla tavallisissa taistelutehtävissä toimivista taistelijoista kantaa hermojen lamauttamiseen perustuvia aseita. Kansainvälisissä tehtävissä toimivilla sotilailla on käytössään useita ei-tappavia aseita mukaan lukien erilaiset käyttökohteen liukastavat ja tahmaavat aineet. Erilaisten hermovaikutukseen perustuvien kaasujen käyttö on yleistä. Ääni- ja infraäänikranaatit sekä voimakkaaseen valoimpulssiin perustuvat ei-tappavat aseet ovat käytössä.

Taistelijoilla on kullakin tasonsa ja hierarkiansa mukaiset varusteet. Tavallisella yksittäisellä jalkaväkitaistelijalla on yllään perusvarustus, taistelijanasu, eräänlainen paketti erilaisia varusteita.. Paketti koostuu kameleonttisesta älykkäästä maastopuvusta joka tunnistaa omat ja vihollisen taistelijat ja tiedusteluvälineistä, vaatteissa on äly joka sopeutuu taistelukentän olosuhteisiin ja säätelee itse lämpö-, kosteustasapainoa ja lämmitystä, vaatteet tunnistavat taistelukentän uhkakuvat sekä monitoroivat taistelijan biometrisiä toimintoja, yksinkertaisista VIS-NIR-TIR-aallonpituusalueiden valvonta- ja tiedusteluvälineistä, näkyvän ja näkymättömän valon aallonpituusalueilla toimivat matalatehoiset maalinosoittimet, paikantamisjärjestelmästä, kypäränäytöstä, pään alueen kommunikointi- ja suojavälineistöstä, digitaalisesta kompassista, ABC-suojausjärjestelmästä sekä ballistisesta suojajärjestelmästä. Taistelijanasu adaptoituu ympäristöönsä koko sähkömagneettisen spektrin alueella sopeuttaen puvun heijastusominaisuudet optimaaliseksi häiveominaisuuksien kannalta. Taistelijanasu kykenee pysäyttämään asussa tai varusteessa alkaneen vaurion, muttei pysty sitä korjaamaan.

Partiokohtaisina erikoisvälineinä toimivat tehokkaat laservalaisimet, sähköntuotantojärjestelmä ja vara-akut, partiokohtainen älykäs radio sekä miehittämättömän ajoneuvon tai lennokin ohjaamiseen tarvittava teknologia radioon rakennettuna. Taistelijan varustukseen kuuluu evakuoinnin helpottamiseksi niin sanottu paniikki-nappi, joka aktivoituu painalluksesta. Signaali etenee johtokeskukseen, jossa päätetään evakuoinnin aikataulu. Taistelijan kuollessa, järjestelmä lähettää automaattisesti sanoman taistelunjohtokeskukseen ja taistelijanjärjestelmä lukitsee itsensä. Sen jälleenaktivointi voidaan suorittaa oman ryhmänjohtajan koodiavaimella.

Ryhmän ja joukkueenjohtajalla ovat samat varusteet kuin taistelijoilla, paitsi joukkueenjohtajalla on suuremmalla hierarkialla varustettu radiokalusto, jolla hän voi



olla yhteydessä komppanian komentopaikkaan ja vastaanottaa käskyjä ja ohjeita ylempiltä esikunnilta. Joukkueenjohtajalla saattaa olla alkeellinen digitaalinen taskutietokone. Joukkueenjohtajalla kaksi MULE tai Donkey-tyyppistä kuorma- ja evakuointiajoneuvoa käytössään [36] sivut 399 ja 400.

Komppanian päälliköllä on tehokas älykkäillä ominaisuuksilla varustettu kommunikointijärjestelmä, jolla hän voi vastaanottaa useita viestejä samanaikaisesti ja välittää niitä automaattisesti eteenpäin. Komppanian päälliköllä on oikeus ilmaiskujen tilaamiseen. Taistelijalla saattaa olla henkilökohtainen digitaalinen kämmentietokone (PDA, Personal Digital Assistant) [36] sivu 75. Se on kuitenkin toistaiseksi erittäin harvinaista laitteen hankintahinnasta johtuen. Tulevaisuuden teknologiaratkaisujen myötä sen hinnan laskeminen ja vaatteisiin integroiminen saattavat tehdä laitteesta melko yleisen. Erikoisjoukkojen päätelaitteena se yleistynee nopeasti. Pataljoonan komentajalla on komentajan digitaalinen kämmentietokone (CDA, Commanders Digital Assistant) sekä satelliittipuhelin. Merkittävin lisälaitte pataljoonan komentajalla on tehokas maasto-olosuhteisiin soveltuva tietokone, jolla hän voi suorittaa erityyppisten operaatioiden ja taistelutehtävien mallinnuksia ja laskea taistelutehtävien tarvitsemia teholukuja ja onnistumisprosentteja sekä mallintaa taisteluja ja etsiä optimaaliset suoritustavat kuhunkin tehtävään. Komppanian päälliköllä on kaksi miehittämätöntä ajoneuvoa jatkuvasti käytössään. Pataljoonan komentajalla on kuusi miehittämätöntä tiedustelulennokkia ja kuusi miehittämätöntä maatiedusteluun kykenevää ajoneuvoa hallinnassaan.

Yksittäisen taistelijan Kantolaittejärjestelmät ovat joko kokonaan tai osiltaan vaatteisiin ja varusteisiin integroituina. Kantolaitteissa olevan älyn myötä ne muokkaavat taskujen tilavuuden sopivaksi kannettavan materiaalin muotoja mukaillen. Ne päästävät taistelijasta siirtyvän ylimääräisen lämmön ja hien läpi, tasapainottavat kantamusten sijainnin mahdollisimman optimaaliseksi kantajan fyysisen sijainnin ja aseman jatkuvasti huomioiden, sekä sulautuvat ympäristöönsä kuten taistelijan päällä oleva taisteluasu. Raskaimmat kantamukset kulkevat MULE tai Donkey-tyyppisessä miehittämättömässä, älyllä varustetussa kuorma-ajoneuvossa. Ajoneuvo on naamioitu samanlaisella naamiointijärjestelmällä kuin taistelijan päällä oleva taisteluasu, jottei kuorma-ajoneuvo sijainnillaan tai toiminnallaan paljastu joukkojen sijaintia ja toiminnan vaihetta.

Taistelijan pää suojataan integroidulla kypäräjärjestelmällä. Kypärä tarjoaa samat ballistiset suojausominaisuudet kuten aiemmatkin mallit, mutta peruskypärän massa on edeltäjiään merkittävästi kevyempi. Kypärä toimii alustana erilaisille antenneille, sensoreille sekä se sisältää kommunikaatiojärjestelmän keskeiset elementit. Kypärään on integroitu automaattiset suojausjärjestelmät ABC-aseita vastaan. ABC-uhan havaittuaan sensorit välittävät tiedon taistelijanjärjestelmän tietokoneelle, joka aktivoi kypärässä olevat pään alueen hengityssuojajärjestelmän sekä aktivoi taistelijan asun siten, ettei se päästä ihmiselle haitallisia aineita kosketuksiin ihon kanssa. Kypärään on valmistusvaiheessa tehty paikat sen suojaamille päätelaitteille ja kypärä sisältää tarvittavat kiinnitysratkaisut eri sensoreille. Kypärässä on integroituna elektronisten järjestelmien tarvitsema virransyöttö- ja tietoliikenneväylät. Osin nämä toiminnot voidaan ratkaista älykkäitä komposiittirakenteita hyödyntäen, jotka välittävät sähköistä informaatiota ja korjaavat automaattisesti ja automaattisesti kypärän alueelle osuneiden projektiilien aiheuttamat vauriot.

Taistelijan kypäräjärjestelmä suojaa sen alle tulevat päätelaitteet. Näitä ovat taistelijan silmien suojaksi tulevat suojalasit, jotka suojaavat taistelijan silmiä voimakkailta sähkömagneettisen spektrin alueella eteneviltä lähetteiltä sekä sekundaariammuksilta. Taistelijan suojalaseihin voidaan heijasta informaatiota muista lähteistä. Heijastettavia tietoja voivat olla vakiomuotoiset tilanneilmoitukset, paikkatiedot karttapohjaan sidottuina tai toisen sotilaan näkemä alue [7] sivu 70. Taistelija voi vaihtoehtoisesti käyttää myös samoilla ominaisuuksilla varustettua visiiriä. Tilanne ja tehtävä antavat taistelijalle mahdollisuuden valita kumpaa järjestelmä hän käyttää. Taistelija voi valita myös käyttöönsä iiris-näytön, joka soveltuu erinomaisesti rauhanturvatehtäviin operaation loppuvaiheessa, jolloin vetäytymistä edeltävinä toimenpiteinä on luoda luottavainen kuva paikalliseen väestöön. Tässä vaiheessa operaatiota on parempi, ettei kasvoja peitetä, sillä se lisää luottamusta kohdealueen väestössä. Taistelija voi näistä kolmesta näytöstä valita kulloisenkin tilanteen ja tehtävän mukaisen vaihtoehdon käyttöönsä.

Taistelijan päähän kiinnittyy otsamikrofoni, joka välittää taistelijan puheen suoraan viestijärjestelmään automaattisesti. Puhe salataan yksinkertaisella salausalgoritmilla ja pakataan pieniksi datapaketeiksi, jotka eivät kuormita ohjelmistoradioita, eikä viestiverkkoja tarpeettomasti. Hän voi kytkeä halutessaan toiminnon pois päältä, jottei hän kuormita järjestelmää tuottamalla turhaa dataa. Taistelijan kuulonsuojaimet suojaavat taistelijaa taistelukentän räjähdyksiltä sekä voimakkailta ääni-impulsseilta,

kuten äänikranaattien aiheuttamilta vaikutuksilta. Taistelijan kuulonsuojaimet toimivat samalla aktiivisina, ääntä vahvistavina kuulokkeina. Tämän lisäksi ne toimivat kuulokkeina normaalissa viestiliikenteessä mahdollistaen puheella käytävän kommunikoinnin [61].

Ballistisen suojauksen keskeinen tehtävä on suojata taistelija taistelukentän luodeilta ja sirpaleilta. Taistelijan mukanaan kuljettamasta massasta huomattava osa muodostuu ballistisista suojarusteista, vaikka niiden massaa on onnistuttu pienentämään huomattavasti. Suojaustaso on määritetty siten, että sen tulee suojata taistelijaa sirpaleilta sekä rynnäkkökiväärin tavallisia lyijy-ytimellä varustettuja luoteja vastaan. Kyseessä on kompromissi, jonka seurauksena taistelijan varustuksen massa on saatu siedettävälle tasolle. Taistelija voi suhteellisen kevyestä ballistisesta suojaustason tuomasta massasta johtuen edelleen liikkua ja kohtuullisin ponnistuksin ja täyttää saamansa tehtävänsä menestyksekkäästi. Samalla on hyväksytty nyt määritetty riskitaso operaatioissa. Taistelija voi parantaa suojaustasoaan lisäämällä ballistisia lisäelementtejä asuunsa. Nämä jaetaan erikoistilanteessa ja tarvittaessa.

Ballistinen suojaus on toteutettu älymateriaaleihin perustuvilla vaate- ja varusteratkaisuilla [36] sivut 431 - 433. Pienten sirpaleiden iskuissa vaatteiden älykkäät ominaisuudet ottavat vastaan osan projektiilin iskuenergiasta, vähentäen sitä tai sen suuruudesta riippuen, mahdollisesti pysäyttäen sen kokonaan. Suurempien sirpaleiden ja luotien kyseessä ollessa, ne torjutaan älykkäillä ballistisilla materiaaleilla ja näistä valmistetuilla suojavälineillä. Keskeistä osaa näyttelevät pitkälle jalostetut älykkäät komposiittimateriaalit yhdessä muiden tuotantokehitysten muokkaamien materiaalien ja teknisten ratkaisuiden kera. Kaikessa ballistisessa materiaalissa keskeistä on sen itsekorjaavuus [36] sivu 431. Näin on myös kehon keskeisiä osia suojaavan älykkään komposiitin laita.

Taistelijan päätelaitteiden tuoma lisätieto taistelukentältä on lisännyt taistelijan mahdollisuuksia valita eri toimintavaihtoehtoja tavoitteeseen pääsemiseksi. Paikantamislaitteet tuovat entistä tarkemman paikkatiedon omien joukkojen sijainnista sekä vihollisen sijaintitiedon karkeasti. Paikkatiedon myötä taistelija saa omine joukkojen taistelijoiden sijainnit, jolloin voidaan minimoida omien joukkojen itselleen tuottamat tappiot. Paikkatieto voidaan tuottaa taistelijan kypäränäytölle tai erilliselle litteälle rullattavalle tai taitettavalle taistelijan varustuksessa tai vaatteissa sijaitsevalle näytölle. Taistelijan asu on kyllästetty sensoreilla ja varoittimilla.

Älyvaateteknologia on mahdollistanut niiden integroinnin vaatteisiin ja varusteisiin. Erilaiset varoittimet antavat tietoa taistelijan ympäristössä tapahtuvista muutoksista, samoin kuin hänen omasta fysiologiastaan. Fysiologisten antureiden tarkoituksena on muistuttaa taistelijaa nesteen, ravinnon ja levon tarpeesta.

Taisteluiden nopean tempon ja painopisteiden vaihteluiden kaikkien taistelijoiden järjestelmän päätelaitteiden on toimittava sekä paikoillaan että liikkeessä ollessaan. Suurimmat vaateet kohdistuvat tietoliikenteeseen ja ohjelmistoradioihin. Järjestelmien on pohjauduttava avoimen arkkitehtuurin järjestelmiin, joka takaa suuremman paremmat liittymäpinnat sähköisille järjestelmille ja ennen kaikkea ohjelmistoille. Tämä periaate mahdollistaa suuremman laitekannan liittymisen kokonaisjärjestelmään ja parantaa loppukäyttäjän hankinta- ja toimintamahdollisuuksia. Välitettävän tiedon on oltava kunkin tiedonvälitystason huomioiden riittävän korkeatasoisesti salattua dataa. Tiedonvälitysjärjestelmien on tunnistettava päätelaitteet ja verkot sekä serverit ennen liikennöinnin aloittamista. Toiminnan on oltava automaattinen ajan säästämiseksi.

Aseisiin on integroitu lukuisia ominaisuuksia, jotka on lueteltu aiemmin. Taistelijan asussa ja aseessa olevilla sensoreilla on yhteisiä toimintoja. Toisen järjestelmän rikkoutuessa tai vikaantuessa, toinen korvaa sen menetyksen tuottaen tarvittavan tiedon.

Puolustusvälineteollisuus on kiinnostunut kyseisten kaltaisten taistelijanjärjestelmien valmistamisesta. Kansainvälisillä markkinoilla työtä on jo tehty vuosikymmeniä. Kotimainen puolustusteollisuutemme on kiinnostunut vastaavanlaisten järjestelmien tuottamisesta.

## **5.2 Taistelijan fyysinen kuormittuminen**

Taistelijan fyysisen kunnan merkitys pikemminkin korostuu kuin vähenee tulevaisuuden sotilasoperaatioissa. Sotilas ei välttämättä etukäteen tiedä mihin operaatioon ollaan lähdössä, kauanko se kestää ja millä tavoin sieltä palataan. Sotilaan on osattava mitoittaa fyysiset voimavaransa oikein [27] sivut 46 ja 47. Hänen on pidettävä itsensä hyvässä kunnossa ennen operaatiota ja sen aikana. Operaation aikana tämä tarkoittaa henkilökohtaista huoltoa ja lepoa, mikäli siihen on mahdollisuuksia.

Tulevaisuudessa taistelutehtävien kirjo on huomattava. Tämän takia ei ole mahdollista etukäteen tietää mahdollisten täydennysten saapumisesta, joten kaikki materiaali ampumatarvikkeista ja aseista nesteisiin, ravintoon ja energiaan on kuljetettava mukana. Taistelijan on kyettävä ennakoimaan mukana tarvittava materiaali ja sen kokonaisuudessa. Hänen on kyettävä operoimaan varusteet ja tarvikkeet mukanaan kantaen.

Taistelija kuormittuu siirtyessään ajoneuvoon, ajoneuvosta maastoon sekä toimiessaan maastossa, kuten ennenkin. Lisääntyneen kaluston ja varustuksen myötä hän joutuu tekemään enemmän suorituksia eri laitteiden parissa, eli fyysisten suoritteiden määrä kasvaa. Ilmiö tapahtuu lisääntyneestä varusteiden kaluston integraatiosta huolimatta.

Taistelujen tempon kasvaminen ja niiden luonteen nopea muutos aiheuttaa taistelijalle suoritusten nopeutumisen tarpeen. Yksittäinen taistelija on loppukädessä se joka määrää taistelujen tempon. Hänen on suoriuduttava taistelutehtävästä nopeammin, pienemmin tappioin kaikki varusteet mukanaan, ja täyttää hänelle annettu tehtävä. Tämä vaatii runsaasti fyysisiä toimenpiteitä [27] sivu 8.

### **5.3 Taistelijan henkinen kuormittuminen**

Taistelijalle asetetaan suuria odotuksia niin suorituskäyvyn kuin varustuksenkin kautta. Hänen on suoriuduttava nopeammin, tehokkaammin ja paremmin. Hänellä on paremmat varusteet tähän tehtävään sekä käytössään uusin mahdollinen teknologia ja sen mukanaan tuomat päätelaitteet. Häneen luotetaan niin järjestelmän kuin taistelijoiden kannalta. Taistelija on lisääntyvästä teknologiasta huolimatta lihaa ja verta, tunteva aistiva ja ajatteleva olento. Hänen fyysiset ja psyykkiset ominaisuutensa ovat samat kuin nykyisinkin, ellei häntä lääkitä tehtävää varten erikseen esimerkiksi poistamalla pelkotiloja tai antamalla hänelle lisäpiristeitä. Taistelija perustaa ratkaisunsa sekä toimintansa logiikkaan. Hän saa ympäröivästä tilasta tietoja aistien ja erilaisten päätelaitteiden kautta. Hän tuntee kipua, väsymystä, pelkoa, turhautumista ja muita aistimuksia. Hän toimii edelleen aistiensa varassa [27] sivut 8 - 11.

Lisääntyvien päätelaitteiden ja lisävarusteiden mukanaan tuomat vaikutusmahdollisuudet, tietomäärä sekä lukumäärä kuormittavat taistelijaa. Hänen

on valittava mitä asiaa hän kulloinkin tekee. Hän saattaa olla kiivaassa taistelutilanteessa kun samalla kuulokkeista tulee uusi tehtävänanto tai visiirinäyttöön ilmestyy jokin kuva tai lähete. Taistelutilanteessa taistelijan on valittava millaista vaikutusta hän käyttää viholliseen kulloisessakin tilanteessa. Laajan vaikutusmahdollisuuden tarjoaman aseistuksen käyttö korostuu erityisesti rauhanturvatehtävissä, joissa niin uhkakuva kuin tilanne voivat muuttua varsin nopeasti ilman ennakkovaroitusta.

Taistelija kohtaa taistelukentällä ympäristön, jossa taistelevat ihmiset ja koneet. Koneet ja autonomiset laitteet kestävät ihmistä huomattavasti enemmän tappioita. Ne eivät tunne mitään, eivät edes pelkoa. Koneita ja laitteita kannattaa ensisijaisesti väistää, sillä ne ovat täynnä sensoreita ja välittävät reaaliaikaista tilannekuvaa eri tasoille automaattisesti. Koneen tai laitteen tuhoaminen on joskus ainut vaihtoehto, mutta sen mukana taistelija paljastuu. Omien miehittämättömien ajoneuvon käyttäminen antaa runsaasti mahdollisuuksia, mutta aiheuttaa myös henkistä kuormittumista. Vaikka laitteet ovat autonomisia, taistelija seurannee niiden etenemistä ja niiden välittämää tietoa, siksi ne ovat olemassa. Tällöin taistelijan mielenkiinto ja huomio kohdistuvat yhteen asiaan, muiden tapahtumien ja tilanteiden huomioimisen jäädessä vähemmälle. Tämä voi maksaa taistelijan hengen.

Taistelutilanteessa lisääntynyt tilannetietoisuus ei välttämättä paranna toimintaedellytyksiä tai lisää suorituskyykyä. Mikäli yksittäisen taistelijan tilannetietoisuuteen on päätynyt tietoja, että omat taistelijat ovat kaatuneet rinnalta tai oman joukon tiedossa olevat tappiot ovat suuret tai ote taistelutilanteeseen menetetty ja vihollinen valmistelee tuli-iskua alueelle, ei taistelutahto todennäköisesti parane. Tilannetietoisuuden lisäämisessä tiedon jakamisen ja vastaanottamisen suhteen on laadittava tarkka ennalta järjestetty järjestelmä, jotta tieto välittyy oikean muotoisena oikeaan paikkaan.

#### **5.4 Haasteet ja ratkaisut**

Tulevaisuuden taistelukentällä toimiessaan taistelijan on ymmärrettävä yllä selvitetty järjestelmä kokonaisuutena ja oma osansa ja tehtävänsä koneiston osana. Taistelija näkee tulevaisuuden taistelukentän autiona, jossa toiminta keskittyy lyhyessä ajassa kiivaiksi taisteluiksi osin rikkonaisilla alueilla. Taistelujen kirjo voi muuttua nopeasti puolustussodasta hyökkäyssodaksi. Painopisteen vaihdot ovat nopeita. Taistelijan on

kyettävä toimimaan useiden laitteiden ja sensorien vaikutuspiirissä pitkiäkin aikoja vastaanottaen ja välittäen tietoa. Hänen on kyettävä vaihtamaan viestijärjestelmien taajuudet ja virtalähteet koulutetulla tavalla.

Taistelijan on kyettävä mahdollisuuksien mukaan ensisijaisesti havaitsemaan ja tunnistaan vihollinen, omien tappioiden minimoimiseksi ja oman toiminnan tulosten maksimoimiseksi. Hänen on kyettävä väistämään vihollisen toiminnan vaikutukset, ja vasta iskemään vihollisen heikkoon tai suojaamattomaan kohtaan tämän jälkeen.

Taistelijan on selvittävä sensorien täyttämässä kolmiulotteisessa taistelukentässä oman solunsa jäsenenä tehtävän aikana ja tuottaa mahdollisimman paljon tappioita viholliselle. Hänen on kyettävä väistämään vihollisen perinteinen sirpaleista, luodeista ja taisteluaineista muodostuva asevaikutus sekä pystyttävä väistämään ja sietämään uudet taistelukentän uhkat. Näitä ovat ei-tappavien aseiden vaikutus (laser, ääni, mikroaaltoaseet) sekä lisääntynyt tiedusteluvaikutus (satelliitit, lennokit ja sensorit).

Taistelijalle päätelaitteiden avulla tuotettu tilannetietoisuus ja sen hallinta ovat keskeisessä asemassa taistelijan toiminnassa. Tällä hetkellä valtaosa maailman armeijoiden perustaistelijoiden varustus on varsin kirjava yhdistelmä eri aikakauden tuotteita. Ne eivät ole modulaarisia tai toisiinsa integroituja. Tulevaisuuden kärkitaistelija on kokonaisuus, jossa kaikkien taistelijan käyttämien vaatteiden, varusteiden, aseiden, kulkuvälineiden ja johtamisjärjestelmien on oltava keskenään integroituja ja modulaarisia. Tavoitteena on varusteiden massan ja tilan säästö sekä toimintojen integrointi, jolla pyritään saavuttamaan lisää tehoa ja suorituskykyä taistelijasta [7] sivu 72. Taistelijan tulee pystyä toimimaan kaikissa taistelukentän oloissa kaikkina vuorokauden ja vuodenaikoina sekä yksin, että organisaation osana. Taistelijan on pystyttävä toimimaan taistelukentällä vähintään 24 tunnin ajan. Tavoitteena on pidentää taistelijan toiminta-aikaa 72 tuntiin saakka (USA) [7] sivu 70.

Tulevaisuuden taistelijan on suoriuduttava kaikista mahdollisista taistelukentän tilanteista. Taistelija on parhaiten varustettu ja koulutettu. Häntä tullaan käyttämään nopeaan toimintaan erikoistuvissa joukoissa toimintaympäristönään kansalliset ja kansainväliset tehtävät. Taistelukentän tyhjyyden lisääntyessä taistelija on varustettava parhailla tehtävään kuuluvilla viesti- ja kommunikointivälineillä, jotta tulevaisuuden kärkitaistelija kykenee välittämään tietoa taistelukentän muutoksista.

Taistelijalle on voitava antaa muuttuneessa tilanteessa tarvittavat tilannetiedot ja tarvittaessa uudet tehtävät sekä uusi määränpää. Muuttuneen tehtävän osalta viesti on saatava nopeasti taistelijalle tai tämän solulle.

Tulevaisuuden kärkitaistelijan yleisinä perusvaatimuksina on pidettävä seuraavia kokonaisuuksia. Taistelijan on kyettävä taistelemaan pitkän siirtymisen jälkeen. Hänen on kyettävä paikantamaan itsensä tarkasti kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina. Taistelijan on pystyttävä ottaman vastaan tietoa elektronisilla päätelaitteilla ja välittää sitä verkossa tarvitseville. Hänen on kyettävä ampumaan suora-ammuntatulta sekä johtamaan epäsuoraa tulta ja todentamaan tulen osuvuus ja välittämään tai tekemään tarvittavat korjaukset tulen osuvuuteen sekä välittämään korjauskomennot suoraan tulyyksiköille. Taistelijan on pystyttävä taistelemaan kaikissa tyyppimaastossa ja kaikissa olosuhteissa. Taistelijan vaatetusvarustuksen on mahdollistettava tämän varusteiden ja laitteiden käyttäminen kaikissa taistelukentän olosuhteissa optimaalisella tavalla parhaaseen tulokseen päästäkseen. Taistelijan on kyettävä taistelemaan kaikissa valaistusolosuhteissa.

Tulevaisuuden taistelukenttä on ilmiönä ja ympäristönä nykyistä vastaavaa vaikeampi ja mutkikkaampi. Taistelijat taistelevat toisiaan vastaan, kuten ennenkin. Lisäelementin antavat taistelukentän koneet ja laitteet, jotka eivät tunne pelkoa, eivätkä mitään muitakaan aistimuksia. Niitä on käytössä omilla joukoilla ja vihollisella.

Taistelutehtävät ovat monimutkaisempia ja niiden kesto ja lopullinen luonne selviävät lisääntyneistä tiedustelutiedoista huolimatta vasta kohdealueella. Erilaisia valemaaleja on runsaasti, samoin tehtävän suoritusta häiritsevien tekijöiden kirjo on suuri. Tilannekuvaa voidaan vääristää sähköisesti sekä valheellisia herätteitä voidaan lähettää ympäristöön. Tämä tapahtuu harhautus- ja valelaitteilla. Taistelijan on kyettävä keskittymään tehtävänsä täyttämiseen, eikä sitoutua epäoleellisiin ärsykkeisiin.

Taistelijan fysiologiset ja psykologiset ominaisuudet säilyvät, hän tarvitsee ravintoa ja lepoa sekä riittävästi nestettä [27] sivut 8 ja 10. Taistelijan kapasiteettia tullaan kuormittamaan yhä monimutkaisemmilla päätelaitteilla ja niistä saatavalla reaaliaikaisella tietovirralla. Taistelija voi kokea olevansa todella yksin lisääntyneistä päätelaitteista ja lisääntyneestä tilannetietoisuudesta huolimatta. Hän saa parempaa ja kattavampaa tilannekuvaa päätöstensä tueksi. Päätelaitteet tuottavat myös paljon



sellaista tietoa, mikä on suodatettava pois, jotta taistelija voi suorittaa päätehtävänsä, taistella. Kun taistelija on päättänyt toimintatavan, jolla hän suorittaa tehtävän, hänen on pysyttävä valitussa toimintatavassa, eikä mahdollisesti vaihtaa sitä jatkuvasti saamiensa uusien tilannetietojen myötä [27] sivu 8.

Taistelijan on hallittava yksittäisen sotilaan käytössä oleva välineistö sekä niistä saatavat hyödyt ja ymmärrettävä laitteiden toimintaperiaatteet. Hänen on osattava tunnistaa laitteen vikaantuminen ja tarvittaessa siirryttävä vara- ja perinteisten menetelmien käyttöön. Perinteisten taistelu- ja tiedonkeruu ja toiminta menetelmien hallinta on ratkaisevaa taistelijan selviytymisen kannalta. Taistelija ei muutoin selviydy elossa taistelukentältä, mikäli hänen järjestelmänsä tai keskeiset päätelaitteet vikaantuvat.

Taistelijan on hallittava energiantuotanto, sen varmistaminen, oma henkilökohtainen huolto ja lääkintähuolto. Hänen on hallittava henkeä pelastava ensiapu, tunnistettava erilaisten aseiden aiheuttamien vammojen vaikutus taisteliijaan sekä järjestettävää ensiaputoimenpiteet lisävahinkojen välttämiseksi. Hänen on osattava tunnistaa taistelukentän muutokset ja niiden vaikutus omiin toimintamahdollisuuksiin.

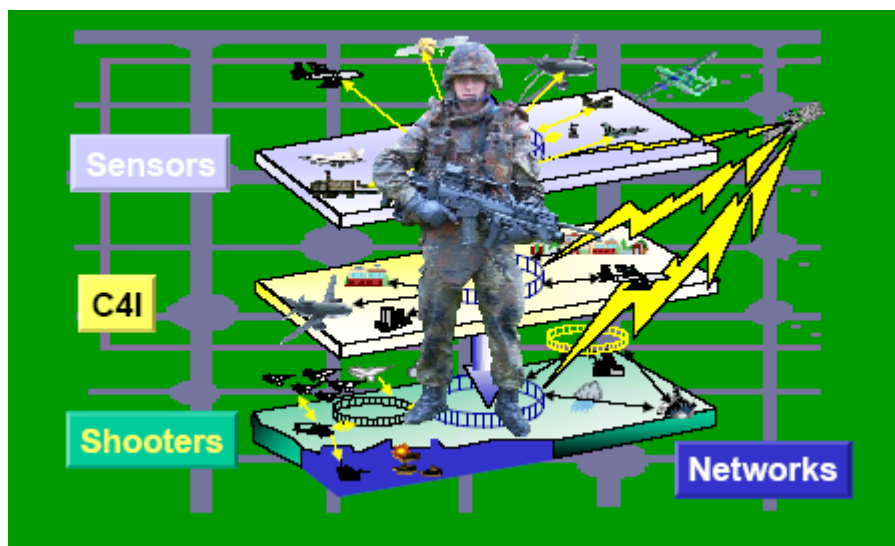
Tutkimus- ja kehittämistyön merkitys tulevaisuuden haasteita ratkottaessa korostuu. Suomessa tehdään varsin korkeatasoista tutkimustyötä. Eräs näistä tutkimusprojekti, joka toteutetaan Maanpuolustuksen Tieteellisen Neuvottelukunnan, MATINE:n rahoituksella. Aiheena on ”Taistelijan ballistisen suojauksen kuormittavuuden vähentäminen uusilla kevyemmällä materiaaleilla ja rakenteilla, (TaBas).”

Maailmalla useissa eri maissa on käynnissä laajamittaisia ohjelmia tulevaisuuden taistelijan järjestelmän kehittämiseksi. Suomessa Puolustusvoimat on myös selvittämässä oman kehitysohjelman Taistelijan järjestelmä M2020 (T2020) käynnistämistä ja sen tavoitetta. Puettavan informaatiotekniikan lisäksi kaikissa ohjelmissa yhteisenä kehittämiskohteena on taistelijan varustuksen painon ja kuormittavuuden vähentäminen. Eriyisen haasteelliseksi tilanteen tekee se, että rinnakkaisena tavoitteena on myös ballistisen suojaustason parantaminen ja toisaalla myös uusien suojattavien vartalo-kohtien tuleminen suojauksen piiriin. Tavoitteiden saavuttaminen tulee edellyttämään ballistisilta suojamateriaaleilta huomattavaa kehittymistä seuraavan 15 vuoden jaksossa. Varustuksen painon keventämisen lisäksi tarvitaan myös uusia vaatetusfysiologisia ja muita suunnitteluteknisiä

ratkaisuja, jotta päästään sotilaan operatiivista taistelutoimintaa mahdollisimman vähän haittaaviin vaatteisiin ja varusteisiin.

TaBaS - hankkeessa selvitetään sekä analysoitiin tulevaisuuden ballistisen suojauksen vaateita yksittäisen taistelijan näkökulmasta. Samalla tutkitaan kuitutekniikan näkökulmasta niitä edellytyksiä, haasteita sekä mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, jotka tulevaisuuden taistelijan varustuksen keventämisessä tulevat olemaan tärkeässä asemassa. Teknisillä kuiduilla on oltava halutut vaatetustekniset ja ballistiset sekä häivetekniset arvot. Kokeellisessa osuudessa valmistettiin ja testattiin kotimaisesta erikoislujasta Inkafil - polypropeenikuidusta erilaisia tekstiilirakenteita pyrkimyksenä selvittää kuidun sovellettavuutta pehmeään ballistiseen suojaukseen, lähinnä luoti- ja sirpaleliivisovelluksia ajatellen. Jatkohankkeelle ”Kuitumateriaalit ballistisessa suojauksessa” on myönnetty MATINE rahoitus vuodelle 2006. Vastaavanlaisia hankkeita tarvitaan lisää tekniikan eri aloilta. Suojautumisen merkitys erilaisia uhkia vastaan taistelukentällä kasvaa. Ellei taistelija onnistu suojautumaan, hänen on kestettävä asevaikutus henkilökohtaisten suojavälineiden avulla.

## 5.5 Johtopäätökset



Kuva 48 Tavoitetila [9].

Taistelijanjärjestelmä on kiinteä osa tulevaisuuden taistelukenttää. Siinä ovat lukuisat tarvittavat liittymäraajapinnat suurempiin kokonaisjärjestelmiin. Kuvatulla taistelijanjärjestelmällä pyritään saamaan lisää vaikuttamiskykyä syvällä vihollisen selustassa, erillisessä suunnassa tai ratkaisevalla alueella toimiville taistelijoille. Kunkin taistelijan ollessa sensori, nämä myös välittävät tietoa kohdealueelta,

käyttävät ylempien johtoportaiden käytössä olevaa aluevaikutusaseiden tulta sekä korjaavat sitä ja todentavat sen vaikutuksen. Kaupunkitaisteluolosuhteissa tulevaisuuden taistelijalla on paremmat tehtävässä suoriutumisedellytykset runsaasta päätelaitteivalikoimastaan johtuen ja paremman varustuksesta ja koulutuksen ansiosta. Taistelijanjärjestelmän eri versioita ja tasoja tullaan käyttämään ensi tilassa kansainvälisissä rauhanturvaamis-operaatioissa niiden taistelijalle antaman paremman taistelutehon, suojan ja vaikutusvalikoiman ansiosta.

Taistelijan järjestelmäkokonaisuus on ergonominen, modulaarinen, integroitu ja uusimmista vaatetusmateriaaleista ja uusimmista päätelaitteista koostuva järjestelmä. Järjestelmä koostuu osakokonaisuuksista, joita voidaan säädellä sekä järjestelmäkokonaisuuksina, että osakokonaisuuksina, tilanteen, tehtävän, uhkakuvan ja tarpeen mukaisesti. Järjestelmä sisältää modifioidun asejärjestelmän, integroidun sensorijärjestelmän, päälle puettavan tietokoneen, tiedonsiirtojärjestelmät, näyttöjärjestelmät, edistyneen taisteluasukokonaisuuden, suojausjärjestelmän taisteluaineita vastaan, ballistisen suojausjärjestelmän, ryhmä tai partiokohtaisen yhteydenpitojärjestelmän. Kaikki taistelijan asun kokonaisuudet ovat toiminnoiltaan mahdollisimman pitkälle älykkäitä ja automaattisia, kulloiseenkin tilanteeseen parhaiten soveltuvia.

Taistelijanjärjestelmiä tullaan valmistamaan ja varustamaan eri hierarkioihin ja tasoihin. Yksittäinen jalkaväkitaistelija edustaa perustaistelijaa, jonka varusteet ja välineet edustavat erittäin hyvää tasoa taistelijan varusteissa. Ryhmänjohtaja-tasolla varusteiden lukumäärä hieman lisääntyy ja monipuolistuu. Keskeinen muutos varusteissa on ohjelmistoradio, jolla hän voi olla yhteydessä ylemmille tasoille. Joukkueenjohtaja tasolla päätelaitteiden määrä lisääntyy lähinnä muutaman päätelaitteen ja korkeammalla hierarkialla varustetulla ohjelmistoradiolla. Joukkueenjohtajalla on käytössään miehittämättömiä ajoneuvoja. Komppanian päällikkö-tasolla erot ovat merkittävimpiä ohjelmistoradion ja muutamien päätelaitteiden osalta. Komppanian päällikkö voi tilata tuli-iskun kohteeseen, joka parantaa hänen tulenkäyttöoikeuttaan. Hän voi antaa tämän oikeuden alaspäin vastaten itse sen käytöstä. Pataljoonan komentajalla on merkittävä lisäys tavalliseen taistelijaan verrattuna, tilannetietoisuutta lisäävissä päätelaitteissa. Hänellä komentajan digitaalinen kämmentietokone, jolla voi suorittaa yksinkertaisia tehtäviä ja kommunikoida ääntä, videoleikkeitä ja kuvaa lähettäen. Hänellä on analysointiin

kykenevä tietokone, jolla hän voi mallintaa operaatioita ja laskea niiden onnistumistodennäköisyyksiä.

Tulevaisuuden taistelijan järjestelmä on päälle puettava kokonaisuus vaatteita ja erilaisia päätelaitteita. Taistelijanjärjestelmä voidaan jakaa suurempiin osakokonaisuuksiin. Näitä ovat taistelijakohtaiset kokonaisjärjestelmät: 1. operaatiokeskus ja tilannetietoisuutta lisäävät järjestelmät, 2. yksittäisen taistelijan asejärjestelmät ja ylempien asejärjestelmien tulenjohtolaitteet, 3. kanto- ja kuljetusjärjestelmät, 4. taistelijan henkilökohtainen vaatetusjärjestelmä sisältäen kaikki suojausjärjestelmät, energiajärjestelmä, 6. kommunikaatiojärjestelmä, 7. koulutusjärjestelmä.



Kuva 49 Periaatekuva taistelijan kokonaisjärjestelmästä [20].

Reagointiaika erilaisia uhkia ja maalien tunnistamiseen sekä vasteaika näihin vaikuttamisessa lyhenee. Taistelijan tilannetietoisuutta lisättävä, jotta hän kykenee riittävän nopeaan, ja oikea-aikaiseen ja oikein mitoitettuun vasteeseen eteen tulevissa tilanteissa. Taistelijan taktisina vaatimuksina on pidettävä tämän parantunutta kykyä taistelukentän tarkkailemiseen ja vaikuttamiseen. Taistelijalle on luotava parempi tilannetietoisuus päätöksentekoa varten sekä kehittyneempi kyky

saadun tiedon eteenpäin välittämiseksi. Taistelijan on saatava käyttämiensä järjestelmien kautta ennakkovaroitus tulevasta uhkasta ja uhkakuvan muutoksesta, jotta hän ehtii toimia oikein. Elintoimintojen tukevat järjestelmät, jotka sisältävät biometriset järjestelmät, ovat ennakkovaroitusjärjestelmän osa.

Taistelijan tilannetietoisuutta on parannettu merkittävästi erilaisten laitteiden avulla. Taistelijalla on henkilökohtainen paikannin, jolla hän pystyy paikantamaan itsensä jatkuvasti. Johtajilla paikantimissa näkyy oman sijainnin lisäksi myös solun muiden toimijoiden sijainti ja liikesuunta yhdistettynä liikenoiteeseen. Taistelija saa lyhyinä määrämuotoisina sanomina tietoonsa eri päätelaitteiden toimintakunnon sekä virtalähteen suoritusarvot. Hän voi tarvittaessa kytkeä joitain järjestelmiä pois, mikäli tarve vaatii.

Taistelija toimii jatkuvasti elektronisten laitteiden vaikutuspiirissä. Näistä osa on liitetty suoraan taistelijan varustukseen. Tärkeimpiä varusteita ovat erilaiset sensorit, jotka aistivat ympäristöä. Ne varoittavat taistelijaa muuttuneesta uhkakuvasta. Sensorit mittaavat ainakin säteilyä, kemiallisissa ja biologisia aseita sekä akustisten ja laser-aseiden aiheuttamia signaaleita. Sensorit mittaavat myös taistelijan verenpainetta, sydämen syketiheyttä, elimistön rasitustasoa sekä veren sokeritasapainoa ja unen tarvetta sekä taistelijan valvetilaa ja kokonaisrasitusta. Osa tiedoista välitetään taistelijalle osan siirtyessä solun johtajalle, joka käyttää tietoa hallitukseen solun toimintaa ja suorituskykyä.

Kypäräjärjestelmä tarjoaa lisäsuojaa ja parempaa tilannetietoisuutta taistelijalle. Kypärän ulkokuoreen on integroitu eteenpäin suunnattu päivä/yökamera. Tämä parantaa ajoneuvosta jalkautuneena taistelevan jalkaväkitaistelijan kykyä suoriutua taistelukentällä. Kameran avulla taistelijan on mahdollista havaita jalkaväkitaistelijan kokoinen kohde 150 metrin etäisyydeltä saakka ja tunnistaa se 70 metrin etäisyydeltä alkaen. Kypäräkameran kuvaa voidaan heijastaa erilaisille näyttöjärjestelmille, joita voivat olla kypärä-, ranneke- tai iirsnäyttö tai erillinen kannettava liikuteltava näyttöpäätte. Kameran kuvaa voidaan välittää tiedonsiirtojärjestelmällä tiedon tarvitsijoille. Kypäräjärjestelmä muodostaa samalla alustan tiedonsiirto ja -välitysjärjestelmille. Kypärään on integroitu antenni viestiliikenteen mahdollistamiseksi sekä osa ympäristöä mittaavista sensoreista. Kypäräjärjestelmään liittyvät kuulonsuojaimet, jotka toimivat samalla äänentoistojärjestelmänä puheen- ja viestin välittämisympäristössä. Kypärän alle

sijoittuu myös ostomikrofoni, jolla taistelijan puhe välitetään puheverkkoon. Kypärän suunnittelussa kyseisten järjestelmien, kaapelointien ja kiinnitysjärjestelmien suunnittelu on huomioitu kypärän ballistia suojausominaisuuksia heikentämättä.

Päälle puettava tietokone on koko järjestelmän eräs kriittisin osakokonaisuus. Riittävän korkean suorituskyvyn omaava hiljainen prosessori ja riittävän nopeat tiedonsiirtoväylät mahdollistavat järjestelmän toiminnan. Avoin arkkitehtuuri, riittävällä salauksella järjestettynä, ja avoin porttijärjestelmä muodostavat rajapinnan, jossa järjestelmään voidaan liittää tarvittavat päätelaitteet. Tietokoneen ohjainjärjestelmä jakaa energiaa kulloisenkin tarpeen mukaan eri päätelaitteille, joita ovat kypärään sijoitettavat järjestelmät, erilaiset sensorit, viestintäjärjestelmät sekä aseiden eri tähtäinjärjestelmät. Myös paikannuslaitteet ja erilaiset mitta- ja tähtäinlaitteet kuluttavat energiaa, jota tietokoneen keskusyksikkö jakaa kulloiseenkin kohteeseen säädellen järjestelmän optimaalista toimintatasoa, järjestelmän ylikuormittumisen estäen. Ohjausyksikkö ilmoittaa virtalähteiden energiavaroituksen kulloisenkin tilan varoittaen taistelijaa energian lisätarpeesta riittävän ajoissa.

Perustaistelija on varustettu henkilökohtaisella radiolla, jota hän käyttää puheen ja määrämuotoisen datan lähettämiseen. Radio on varustettu paikantamislaitteella ja tiedonsiirtolaitteella, joka ilmoittaa joukkueen muiden taistelijoiden sijainnin ja mahdollista viestinnän lähiverkossa joukkueen muiden taistelijoiden kanssa. Joukkueen taistelijoiden kesken voidaan välittää kartta- ja tilanne tietoja yhdessä digitaalisten maastokarttojen kanssa digitaalisessa muodossa. Myös digitaalisten videoleikkeiden lähettäminen tässä ympäristössä on mahdollista riittävän kaistanleveyden ansiosta. Ryhmänjohtaja ja joukkueenjohtaja voivat olla neljännen sukupolven radiolla yhteydessä taisteluajoneuvoon, joka toimii linkkiasemana ylempiin johtoportaisiin. Mikäli taistelijan henkilökohtaisen järjestelmän tietokone rikkoutuu, toimii radio edelleen itsenäisesti taaten tilannetietoisuuden tason säilymisen sekä johtamismahdollisuudet.

Tulevaisuuden taistelijanjärjestelmällä varustetussa joukkueessa voi olla jopa viisi komentoverkkoa. Neljä näistä voi toimia alaverkkoina (kukin ryhmä omanaan ja panssarintorjunta omanaan) ja tämän lisäksi on normaali joukkueen komentoverkko. Lähiverkko voidaan lisäksi ohjelmoida kunkin tehtävän edellyttämällä tavalla, tietynlaiseksi, kyseisen tilanteen ja tehtävän mukaisesti. Joukkueenjohtaja voi jakaa verkon toimimaan esimerkiksi siten, että hänellä samanaikaisesti yhteys

ryhmänjohtajien lisäksi tarkka-ampujiin ja muodostettuihin erillisiin tulitukiosastoihin sekä taistelujoukkueeseen. Joukkueenjohtaja voi määrittää viestiverkon toimimaan haluamallaan tavalla tilanteen, tehtävän ja uhkakuvan mukaisesti. Tämä viestiverkon ominaisuus parantaa joukkueenjohtajan suorituskykyä, lisäten samalla hänen tilannetietoisuuttaan ja parantaen tehtävän onnistumisen todennäköisyyttä.

Kunkin joukkueen varajohtajan varustukseen kuuluu monitoimiset, jäähdyttämätön lämpötähtäin päivällä ja yöllä tapahtuvan tähtäimisen ja maalin havaitsemisen ja tunnistamisen helpottamiseksi. Joukkueen johtajalla tai varajohtajalla saattaa olla pieniä kämmentietokoneita käytössään johtamisen ja tiedonvälityksen tehostamiseksi.

Taistelijalla on kyky vastaanottaa tiedustelutietoja ylemmiltä järjestelmiltä sekä välittää saamiaan tietoja omassa joukkueessaan. Taistelija saa omien joukkojen tiedot ja vihollistiedot symbolitiedostoina, jotka liikkuvat sanomaverkossa pientä kaistanleveyttä kuormittaen. Taistelija on kytketty viestijärjestelmään siten, että hän saa osan tiedosta joko visiiri- tai iirinäytölle automaattisesti. Taistelijalla voi olla käytössään myös erillinen näyttöyksikkö, esimerkiksi ranteeseen sijoitettuna.

Taistelijan asejärjestelmät käsittävät taistelijan oman henkilökohtaisen aseensa, sen lisälaitteet sekä erilaiset tähtäinjärjestelmät sekä kyvyn ja päätelaitteet johtaa ylemmän johtoportaan epäsuorantulenaseita ja aluevaikutteisia aseita. Taistelijalla on oltava lisääntynyt tulivoima sekä kyky ylemmän johtoportaiden aseita.

Asejärjestelmän osalta taistelijan henkilökohtaisena aseena toimii rynnäkkökivääri. Aseessa ominaisuutena on kranaatin ampumislaitte, joka mahdollistaa aseensa käytön kovempia kohteita vastaan suora- ja epäsuorantulen menetelmää käyttäen useiden satojen metrien ampumaetäisyydelle saakka. Aseensa tähtäimenä voi toimia päiväkäytössä heijastintähtäin (reflex-tähtäin) tai optinen tähtäin, heikon valon ja pimeän olosuhteissa valonvahvistin. Tähtäimen näkymä voidaan lähettää taistelijan kypäränäytölle tai iirinäytölle. Tämä ominaisuus mahdollistaa aseella ampumisen myös esteen takaa, ilman, että ampuja altistuu vihollisen asevaikutukselle. Tähtäinkuvaa voidaan tarvittaessa lähettää lemmille esimiehille komentoverkossa pakattuina tiedostoina, jolloin niiden vaatima tilantarve on minimaalinen viestin perillemenon varmuuden kasvaessa.

Joukkueenjohtajan aseena tähtäimenä voi olla lämpötähtäin. Joukkueenjohtajan lämpötähtäin voidaan siirtää tarvittaessa joukkueen muihin tulivoimaisiin aseisiin kuten konekivääriin tai tarkkuuskivääriin. Kaikki tähtäinjärjestelmät ovat keskenään vaihtokelpoisia yhtenäisen ja standardoidun lisälaitteiden kiinnitysjärjestelmän ansiosta. Tarkka-ampujan ja konekivääriampujan tähtäimeen kuuluvat automaattiset etäisyydenmittauslaitteet. Joukkueenjohtajilla ja komppanianpäälliköillä voi olla käytössään myös kannettavia lämpötähystimiä ja valonvahvistimia, joihin on integroitu paikantamislaitte, laser-etäisyysmittari sekä digitaalinen magneettikompassijohtamisen apuvälineenä.

Taistelijalla on aseeseen integroitava lämpötähystin, jota voidaan käyttää aseena tähtäimenä. Hänellä on edellisen kaltainen valonvahvistin. Aseena tähtäimeen on integroitu laseretäisyysmittari ja maalinosoitin. Tämä mahdollistaa ampuma-arvojen välittämisen muille solun jäsenille sekä samalla alueella toimiville omille joukoille. Taistelijan aseistukseen kuuluvat myös monitoimiset käsikranaatit. Ne tuottavat normaaleiden sirpaleiden lisäksi voimakkaan äänen (yli sataviisikymmentä desibeliä), kirkkaan valonvälähdyksen (yli miljoona kandela) ja lyhyen kantaman sähkömagneettisen impulssin. Asejärjestelmässä on indikaattori, joka ilmoittaa käytetyt ampumatarvikkeet, jäljellä olevat ampumatarvikkeet ja eri asejärjestelmän osien toimintatilan (kunnossa, tarvitsee huoltoa, toimintakelvoton). Tämä edesauttaa taistelijan onnistumista nopeasti vaihtuvissa taistelutehtävissä.

Taistelijoista muodostetulla solulla on materiaalin kuljettamiseen apuna kauko-ohjattava laite, joka soveltuu kulloisessakin toimintaympäristössä käytettäväksi. Laitteessa voi olla pyörät tai telat tai näiden yhdistelmä. Laitteessa on itsenäinen voimanlähde. Laitteessa voidaan kuljettaa majoituskalusto sekä painavat varusteet ja lisävirtalähteet sekä muu solu- ja henkilökohtainen materiaali, joka ei ole jatkuvasti taistelijan välittömästi käytössä. Taistelijalla on oltava parantunut liikkumis- ja liikehtimiskyky sekä kuljetuskyky.

Taistelukentän nopea siirtyminen olosuhteista toiseen asettaa vaatevarusteiden modulaarisuudelle, muunneltavuudelle sekä olosuhteita ja uusia muuttuvia uhkatekijöitä vastaan. Vaatteiden ja varusteiden tulee täyttää vaatetusfysiologiset ja NBC suojausominaisuudet. Vaatteiden on säädettävä muuttuvien ympäristö-



olosuhteitten mukaan automaattisesti (hengittävyys, kemikaalien läpäisevyys, lämmöneristävyys).

Vaatetus- ja varustejärjestelmät tulevat suojausfunktion lisäksi olemaan integrointialustoina ns. älykkäälle puettavalle tekniikalle. Esimerkiksi suojakypärän kehittämisessä on suojaustason lisäksi huomioitava lämpömukavuustekijät, kokonaisuudessa sisältäen tiedonsiirtoon, kommunikointiin sekä johtamis- ja asejärjestelmiin liittyvien visuaalisten käyttöliittymien tuomat vaateet. Suojavarustuskokonaisuudessa on myös näiden teknisten osien optimaalinen ballistinen ym. suojaus huomioitava. Taistelijalla on päällään modulaarinen taistelijan asu, joka koostuu perinteisten vaatevarustuksen lisäksi erilaisista päätelaitteista ja suojavarustuksesta. Kyseisen asun suoja-astetta voidaan muuttaa nopeasti vallitsevaa uhkakuvaa vastaavaksi. Vaatetusjärjestelmän ominaisuuksiin kuuluu suuri kulutuksenkestävyys, mukavuus sekä maastouttamis- ja naamiointikyky.

Taistelijan vaatteiden ja varusteiden on oltava taistelutehtävien mukaiset ja niiden on helpotettava taistelijan maastoutumista ja vihollisen valvontavälineiden väistämistä. Jo nyt on selkeästi nähtävissä tulevaisuuden taistelijan varusteiden ja laitteiden muodostuvan toisiinsa nivoutuvista järjestelmistä. Näitä tulevat olemaan ainakin erilaisten vaatteiden, varusteiden ja päätelaitteiden muodostamista kokonaisjärjestelmistä: Vaatetusjärjestelmä, joka sisältää taisteluasun, jalkineet, käsineet, alus- ja väliasut. Varustejärjestelmä joka sisältää modulaarisen taisteluvyön, erilaisia kantolaittejärjestelmiä. Informaatio- ja paikannusjärjestelmä, jossa korostuvat tiedonhankinta ja tiedonvälittäminen, järjestelmä sisältää erilaisia radioita, sensoreita, päätelaitteita ja näytöt, GPS-paikantimet ja muut digitaaliset järjestelmät).

Vaatetusjärjestelmän kaikki varusteet ovat toistensa kanssa yhteensopivia, nopeasti päälle puettavia ja nopeasti riisuttavia. Tämä takaa optimaalisen pukeutumisen kullekin sää-, ja maastotyypille sekä taistelijan itse määrittämään uhkakuvaan nähden. Taistelija voi säädellä itse päällään kantamansa vaatekuorman määrää ja laatua, samalla omaa kuormitustasoaan säädellen. Vaatetusjärjestelmä valmistetaan uusimpia materiaaleja ja valmistustekniikoita käyttäen taistelijan paremman liikkuvuuden ja parantuneen ballistisen suojan takaamiseksi. Vaatetusjärjestelmille ominaista on hyvä hengittävyys, jotta taistelijassa syntyvä ylimääräinen lämpö ja hiki suodattuvat nopeasti asun läpi. Ajoneuvojen läheisyydessä työskentelevälle

henkilöstölle valmistettaviin asuihin lisätään palonsuojamateriaaleja taistelijan asuun, tavalliselle taistelijalle kuuluvaan asuun ei. Taistelijan rintakehän alue suojataan modulaarisella taistelijan varustuksella. Siinä on suojaava alue, joka on aiempaa laajempi, ulottuen myös taistelijan kylkien suojaksi. Materiaalina on jäykän materiaalin sijasta joustavaa ballistista materiaalia ihmisen käsien ja kehon normaalien liikeratojen turvaamiseksi. Suojavarusteen suojaustasoa voidaan säädellä modulaarisilla keraamisilla elementeillä ja lisälevyillä, jotka taistelija voi omatoimisesti lisätä asuun tai poistaa ne, taistelutilanteen ja uhkakuvan mukaisesti. Taistelijan asukokonaisuuteen kuuluu ABC-aseiden vaikutuksilta suojaava vaatetus- ja laitejärjestelmä. Taistelijan on pystyttävä suojautumaan ABC-aseiden vaikutuksilta ja toimimaan niiden vaikutuspiirissä ainakin kahdeksan (8) tuntia.

Ballistisen suojauksen tarve kasvaa uusien ja nopeasti vaihtuvien uhkakuvien myötä. Uusia suojattavia alueita ovat tulevaisuudessa olemaan muun muassa isojen nivelten alueet (olkapäähän, kyynärpää, lantion nivelet ja polvet), suojaustasoa pitää voida edelleen parantaa kaikkein kriittisimpien kehon osien alueilla.

Taistelijalla on käytössään automaattinen naamioimisjärjestelmä. Se suojaa taistelijaa perinteistä näkyvän valon naamiojärjestelmää paremmin. Taistelijan naamioimisjärjestelmä antaa suojaa NIR- TIR-, UV- ja VIS-aallonpituuden alueilla tapahtuvaa tähhystystä vastaan.

Energiajärjestelmän on taattava taistelijalle vähintään 48 tunnin operointikyky, mutta tarvittaessa sen on kyettävä tuottamaan energiaa 72 tunnin tarpeeseen. Tämä vaatii virtalähteet, taistelijan energian, apulaitteiden energian sekä taistelijan henkilökohtaisen nesteen ja ravinnon mukana kuljettamisen. Taistelijan järjestelmän on mahdollistettava myös näiden varusteiden mukana kuljettaminen.

Taistelijanjärjestelmän virtalähdehuolto ja sen järjestäminen on kriittinen kokonaisuus. Virtalähteiden lukumäärän on oltava minimaalinen, kuitenkin siten, että järjestelmässä on varsinainen ja varavirtalähde. Järjestelmän virtalähteinä on kaksi Litium-ioni paristoa, jotka voidaan jälleenvarata kenttävarausjärjestelmän laitteilla. Järjestelmän ensisijainen varaaminen tapahtuu polttokennoteknologiaan perustuvalla varaajalla. Myös kaikissa taisteluajoneuvoissa on oltava järjestelmään sopivia varavirtalähteitä. Ajoneuvoissa on oltava jatkuvatoiminen varauslaitejärjestelmä, josta taistelija voi täydentää omat virtalähteensä jättäen tyhjät virtalähteet ladattaviksi.

Järjestelmän on taattava tasainen ja luotettava virtalähdevaranto kokonaisjärjestelmälle 48 - 72 tunnin ajaksi.

Taistelijanjärjestelmään kuuluu huolto- ja täydennysjärjestelmä, joka sisältää taistelumuonan, veden, energiantuotannon ja virtalähteet sekä ensiapuvälineet ja lääkkeet. Taistelijan toimiessa pitkiä aikoja taistelukentällä ilman huollon tukea tarvittava materiaali on kuljetettava mukana. Taistelijan henkilökohtaiseen käyttöön tarkoitettussa energiapakkauksessa on hänen tarvitsemansa vesi ja muona sekä päätelaitteiden tarvitsemat virtalähteet. Hänen on osattava huoltaa itsensä annetulla materiaalilla.

Taistelijanjärjestelmän on oltava käyttäjälleen turvallinen, mukava käyttää, modulaarinen, pitkälle integroitu, nykyaikaisia älykkäitä materiaaleja käyttävä ja merkittävästi taistelijan suorituskykyä lisäävä kokonaisjärjestelmä. Taistelijalle on saatava parempi tilannetietoisuus, parempi liikkuvuus, modulaarinen ja kaikissa olosuhteissa toimiva varustus, taistelijalla on oltava parempi ja tehokkaampi asevalikoima ja nopeampi kyky käyttää sitä ja taistelijan on oltava verkottuneena erilaisiin järjestelmiin. Tiedonsaannin ja välittämisen merkitys korostuu yhdessä paremman ja kehittyneemmän vaikuttamiskyvyn kanssa.

Kansainvälisiin operaatioihin osallistuminen tulee näyttelemään suurta osaa kärkitaistelijan materiaalilla varustettuja sotilaita. Kriisinhallinta- ja rauhanturvatehtäviin lähetettävien tulevaisuuden taistelijoiden varusteiden, taisteluvälineiden ja päätelaitteiden on täytettävä taistelijan varusteille ja välineille asetetut vaateet. Tämän lisäksi taistelijoiden kouluttaminen kohdealueen erikoispiirteisiin ja materiaalin käyttäminen vallitsevissa oloissa on harjoiteltava ennen tehtävän aloittamista.

Tulevaisuuden taistelijanjärjestelmä, jolla tulevaisuuden kärkitaistelija voidaan varustaa, valmistuu hitaasti kohti tavoitetilaansa, eri tuotanto-ohjelmien kautta. Työssä tulee olemaan runsaasti vastoinkäymisiä, haasteita ja eri ratkaisuvaihtoehtoja. Tärkeintä on, että kyseinen järjestelmä valmistuu tulevaisuuden taistelijoiden tarpeisiin. Taistelukenttä muuttuu jatkuvasti, samoin sen uhkakuvat ja taistelunopeus, yksittäisen taistelijan ja hänen varusteiden on muututtava vastaamaan havaittua uhkakuvaa. Ellei näin menetellä, tulevaisuudessa ei ole menestyviä jalkaväkitaistelijoita.

Nyt kuvattua taistelijan järjestelmää ei voi kouluttaa varusmiesjoukoille, sillä koulutusaika ei yksinkertaisesti riitä siihen. Varusmiehen henkinen ja fyysinen kapasiteetti ei myöskään välttämättä yleiseen kypsymisasteeseen suhteutettuna ole riittävä taistelijan järjestelmän käyttämiseen. Järjestelmän käyttäjäksi tarvitaan sopimussotilas tai ammattisotilas, joka ymmärtää kokonaisuuden ja jonka kouluttamiseksi on riittävästi resursseja.

Koulutuksen merkitys uusien päätelaitteiden ja järjestelmien hyödyntämiseksi on keskeinen. Taistelijan on hallittava ensin perinteiset taistelutavat- ja menetelmät, ennen kuin hänelle opetetaan toiminta uusien varusteiden ja laitteiden kanssa. Tämä edesauttaa taistelijan tehtävän täyttämistä ja selviytymistä taistelukentällä. Tämä aiheuttaa tarpeen koulutus- ja simulointijärjestelmien ajantasaistamista.

Suunniteltavan järjestelmän tulee olla kustannustehokas, sen hankinta tulee olla hyvin valmisteltu ja suunniteltu ja järjestelmän elinkaari on suunniteltava tarkasti alusta loppuun. Järjestelmän on oltava modulaarinen ja integroitu ja yhteensopiva kansainvälisissä operaatioissa palveluksessa olevien kansallisten järjestelmien kanssa.

Vaatuksina teknologialle on pidettävä vaatteiden, varusteiden ja muiden tuotteiden standardisoiminen yhteensopivaksi. Varusteet, vaatteet ja päätelaitteet on valmistettava sotilastuotteiden vaatimustaso- ja normisto täyttäen. Aseiden valmistamisessa tai valinnassa on huomioitava niiden keveysvaatimukset sekä niiden valmistusmateriaalivalinnat. Valittujen tai valmistettujen aseiden on täytettävä niille asetetut suorituskykyvaatimukset. Aseiden ampumarvikkeet on valmistettava uhkavien mukaisesti ja niiden on toimittava kaikissa taistelukentän olosuhteissa ja niiden on oltava käyttäjilleen turvallisia. Taisteluvarusteet on valmistettava keveistä, tarkoituksenmukaisista ja kestävästä materiaaleista. Samoja suojarusteita on pystyttävä käyttämään useita eri uhkia vastaan, mikäli mahdollista. Aseiden tähtäimien on toimittava kaikissa olosuhteissa. Aseiden omien tähtäimien rikkoutuessa, aseiden tähtäiminä on kyettävä käyttämään erilaisia sensoreita ja osoittimia. Tuotekehitystyötä on suunnattava järjestelmäintegraatioon sekä sen kautta saataviin synergiaetuihin.

Tutkimus- ja kehitystoiminta on säilytettävä kansallisella tasolla. Muutoin ajaututaan hankkimaan tuotteita, jotka eivät palvele oman yhteiskuntamme, sen toimijoiden, eikä loppukäyttäjän etuja. Suomalaisiin olosuhteisiin ja toimintaympäristöihin toteutettavien ratkaisujen paras asiantuntemus on täällä. Oman taistelijan järjestelmän kehitystyössä on keskeistä säilyttää oma tieto taito taso niin tutkimus- ja kehittämis- kuin tuotekehityspuolellakin. Kriisiaikoina ei apua tule muualta, kuin kansallisilta, kotimaisilta toimijoilta.

## 6 YHDISTELMÄ

Tulevaisuuden taistelijan toimintaympäristöä, taistelukenttää ja kriisialuetta, tarkasteltaessa ei voi välttyä huomaamasta lisääntyneen tekniikan merkitystä. Sota ei kuitenkaan ole pelkkää tekniikkaa, vaan taistelijan suorituskyky riippuu myös koulutustasosta sekä tahdosta taistella. Uhkakuvia vastaava sotavarustus on välttämätön, jotta taistelijoilla on edellytys suoriutua heille asetetuista tehtävistä kaikissa taistelukentän ja kriisinhallinnan uhkakuvissa.

Tulevaisuuden maataisteluissa keskeisiä piirteitä tulevat olemaan kaukokäyttöisten asejärjestelmien käytön lisääntymisen lisäksi tulen parantunut tarkkuus ja oikea-aikaisuus sekä yllätyksellisyys. Taisteluiden liikkuvuus antaa kehittyneille järjestelmille mahdollisuuden vaikuttaa suoraan liikkeestä, pysähtymättä. Liikkuva järjestelmä on paremmin suojassa asevaikutukselta kuin paikoillaan oleva. Mobiilisuus asettaa lisääntyviä vaatimuksia viestijärjestelmille sekä niiden päätelaitteille. Taistelijan toimintaympäristössä on runsaasti miehittämättömiä autonomisia koneita ja laitteita. Nämä lisäävät yllättävien tilanteiden määrää ja tarjoavat uusia toimintamahdollisuuksia taisteluissa. Mobiilisuus asettaa haasteita kaikkien laitteiden energiankulutuksen ja massan minimoimiselle.

Tulevaisuuden taistelijalla on päällään puettava älykäs, useista eri alajärjestelmistä koostuva, järjestelmäkokonaisuus. Se koostuu ase-, tiedustelu-, paikantamis-, selviytymis-, tiedonkeruu-tiedonvälitys-, sekä suojautumisalajärjestelmistä. Järjestelmä keskustelee muiden alajärjestelmien kanssa. Älykäs järjestelmäkokonaisuus välittää tietoa taistelijan ympäristöstä sekä taistelijan elintoiminnoista ennalta määrätyn protokollan mukaisesti ohjelmistoradiota ja kommunikointijärjestelmiä hyödyntäen. Järjestelmä varoittaa taistelijaa tähän

kohdistuvasta uhkasta ja mukauttaa järjestelmän toimimaan ennalta ohjelmoitujen toimintatapojen mukaisesti havaittuun uhkaan. Suuri osa toiminnoista on automaattisia. Järjestelmä sisältää omatunnistusjärjestelmän omien tappioiden minimoimiseksi.

Reaaliaikaisen tilannekuvan jatkuvan välittämisen ja hyödyntämisen merkitys kasvaa. Taistelijan tilannetietoisuutta pyritään lisäämään erilaisilla päätelaitteilla, jotka parantavat sekä yksittäisen taistelijan että koko järjestelmän tilannetietoisuutta. Tilannetietoisuuden lisääminen ei ole itseisarvo, lisääntyneen ja parantuneen tilannekuvan hyödyntäminen maksimaalisesti kaikilla tasoilla on. Kukin tulevaisuuden taistelija toimii sensorina, osana kokonaisjärjestelmää välittäen ja vastaanottaen tietoa. Tilannetietoisuudella pyritään saavuttamaan helpottamaan päätöksentekoa, saavuttamaan parempi onnistumistodennäköisyys tehtävissä, lyhentynyt suoritus aika sekä omien tappioiden minimointi. Kustannustehokkuus sekä mahdollisimman korkea järjestelmien hyötysuhde ovat tavoiteltavia arvoja kaikilla tasoilla.

Taistelijan varusteiden massan on pienennyttävä niin massan kuin niiden tarvitseman tilan osalta. Taistelijan varusteiden kokonaismassa on saatava mahdollisimman lähelle kahtakymmentä kiloa, mielellään tämän raja-arvon alapuolelle. Taisteluiden tempo ja liikehtimiskyky edellyttävät taistelijalta joustavaa ja nopeaa liikehtimistä erilaisissa taisteluympäristöissä. Tämä asettaa vaateita materiaaliteknologioille tuottaa kevyempiä materiaaleja, joilla on rinnakkaisia käyttöominaisuuksia. Tällä tavoitellaan kokonaisjärjestelmän integroitua kokonaisuutta sekä järjestelmän modulaarisuutta.

Älykkäät materiaalit tulevat olemaan kaikissa varusteissa ja vaatteissa. Taistelukentällä tullaan näkemään vaatteita, jotka sopeutuvat taistelukentän sähkömagneettiseen spektriin kaikilla sen aallonpituusalueilla. Älykkäät vaatteet ja varusteet huolehtivat käyttäjänsä mukavuudesta ja turvaavat tämän elintoiminnat. Kehittyneimmissä taistelijan varusteissa, kuten ballistisessa suojaruukuksessa, älykkäät materiaalit pystyvät suorittamaan ennalta ohjelmoituja korjaustoimenpiteitä parantaen näiden myötä taistelijan suoriutumis- ja selviytymiskykyä. Biometriset järjestelmät tullaan integroimaan ihmiseen eri menetelmillä, samoin tiedon välittäminen tullaan lopulta integroimaan ihmiseen.

Taistelijan asejärjestelmä rakentuu kivääricaliiberisia ampumatarvikkeita ja kranaatteja ampuvan yhdistelmäaseen ympärille. Aseessa on pitkälle viety ammunnanhallintajärjestelmä paremman osuma- ja vaikutus todennäköisyyden turvaamiseksi. Aseeseen on integroitu etäisyydenmittaus-, omatunniste- ja magneettinen kompassi sekä erilaisia maalinosoittimia. Taistelijan aseessa valmistusmateriaalina ovat komposiittimateriaalit sekä kevyet muut materiaalit. Asejärjestelmä liittyy avoimen rajapinnan kautta taistelijan kokonaisjärjestelmään ollen sen keskeinen osa.

Energian tuotannon, varastoinnin ja jakelun hallinta on ratkaiseva elementti taisteluiden onnistumisen kannalta. Energiantarve tulee lisääntymään noin 30 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Tämä asettaa vaateita sekä energiantuotannolle, akkuteknologioille sekä kenttävarausjärjestelmälle ja koko huoltoketjulle. Taistelijan järjestelmien kokonaistehonkulutus on saatava pienentymään uusien sovellusten ja edistyneiden päätelaitteiden kehittymisen myötä. Taistelijalla on oltava mukanaan energiajärjestelmä joka mahdollistaa kokonaisenergiantarpeen varastoinnin ja ylläpidon 72 tunnin ajaksi ilman ulkopuolista huoltojärjestelmää.

Lisääntyneestä sähköisten laitteiden määrästä huolimatta, taistelija tulee olemaan ihminen, lihaa ja verta sisältävä organismi. Ihminen aistii kipua, vilua ja nälkää sekä pelkoa, kuten ennenkin. Ihmisen fyysiset ja psyykkiset kyvyt joutuvat äärimmäiselle koetukselle uusien päätelaitteiden ja lisääntyvien taistelukentän uhkatekijöiden myötä. Hänen on tehtävä ratkaisut entistä nopeammin ja suoriuduttava yhä useammasta tilanteesta lyhyemmässä ajassa kuin ennen. Ihmisen kyky havainnoida ympäristöä saattaa parantua päätelaitteiden lisääntymisen myötä, mutta ihminen ei voi keskittyä kuin muutamaan asiaan kerrallaan. Tämän myötä ihmisen kyky valita seuraako hän sähköistä dataa vai kulloisellakin hetkellä vallitsevaa tilannetta, tuo menestystä tai maksaa hänen henkensä. Järkevät päätökset on osattava tehdä edelleen lisääntyvästä konekannasta huolimatta. Taistelijanjärjestelmien päätelaitteiden vikaantuessa on hallittava perinteiset menetelmät taistella ja toimia taistelukentällä.

Edellä kerrotusta johtuen, koulutusjärjestelmille asetettavat vaateet ovat moninaiset. Taistelijan on osattava taistella ja toimia ilman päätelaitteita sekä näiden kanssa. Simuloinnin ja mallinnuksen menetelmin tapahtuva koulutus sekä virtuaalinen

harjoittelu lisääntyvät. Todellisten harjoitusten määrää ja merkitystä ne eivät korvaa koskaan. Erilaisten pulmatilanneharjoitusten merkitys lisääntyy. Perinteisten pulmatilanteiden rinnalle on tultava päätelaitteiden vikaantumisista tai tuhoutumisista aiheutuvien toimintavaihtoehtojen harjoittelu.

Teknisen osaamisen hallinta korostuu niin taistelijan, kuin päätelaitteita hankkivien ja tuottavien tahojen osalta. Laitteiden yhteensopivuus on testattava riittävän luotettavasti ennen kuin varsinaisiin hankintoihin on syytä edes ryhtyä. Vaatimusten hallintaprosessi sekä hankeprosessi on hallittava koko hankittavan laitteen tai tuoteperheen elinkaaren osalta. Kotimainen teollisuus on pidettävä tietoisena käynnissä olevista suunnitelmista ja hankkeista riittävän varhaisessa vaiheessa. Kotimaisuus takaa paremmin kriittisen osaamisen pitämisen kotimaassa, samoin kriittisten materiaalien ja laitteiden käytön hallinnan. Kyseessä on rajapintoja myös huoltovarmuuteen ja kriittisten tuotantotekniikoiden hallintaan.

Tutkimus- ja kehittämistoiminnalla on turvattava jatkuva ja riittävän korkeatasoinen tieto-taito-taso, jotta tiedämme missä maailmalla mennään. Asiantuntijoiden tietämyksen ylläpitoon on investoitava sekä kansainvälisiin seminaareihin ja työryhmiin on osallistuttava riittävällä volyyymilla tuotekehityksen aikajaksot huomioiden. Tällä tavoin voimme turvata tulevaisuuden taistelijan kehitystyön jatkossakin. Taistelijalla on oltava ulkoiset edellytykset tehtävänsä suorittamiseen myös tulevaisuuden moninaisilla taistelukentillä.



**LÄHTEET**

- [1] Aaltonen, Hannele, et al. Kriisiturvallisuuden käsikirja, uhkakuvat, asejärjestelmät ja suojautumisen. Art House Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1995. 252 s. ISBN 951-884-161-6.
- [2] Ahvenainen, Sakari: Informaatioidankäynnin opetusmoniste yleisesikuntaupseerikurssille, 1999.
- [3] Alasuutari, Pertti: Laadullinen tutkimus. Vastapaino, Tampere: 1994. 281s. ISBN-951-9066-75-6.
- [4] Allsop, D. – Leeming, D.W: The Effectiveness of Small Arms Against Future Combat Body Armour, Lightweight Armour Systems Symposium, RMCS, Shrivenham, Paper 14.
- [5] Anttonen, Hannu - Tuhkanen, Pertti - Kinnunen, Katja. Käsineiden kehittäminen. Tuotekehitysraportti. Oulun aluetyöterveyslaitos. Huhtikuu 2002.
- [6] Anttonen, Hannu - Vuori, Erkki. Sotilasvaatetus ja sen kehittäminen. Pääesikunnan Materiaalihallinto-osasto ja Oulun aluetyöterveyslaitos. Ykkös-Offset Oy. Vaasa 1995. ISBN 951-8917-65-5.
- [7] Baddeley, Adam - Jackson, Mike - Budde, Hans - Otto, Curlier - Patrick, Fraticelli - Giulio, Urlings - Marcel, L.M. - Kiaerskou, Poul - Coupe, Jan. Future Soldier Systems – A Review Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto 1.12.2004. Military Technology, 11/2004.
- [8] Ballistic Protection Burgmann-esite, Advanced Protection Systems For Life and Material, 01/05. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [9] Berger, Johann. Luento 2nd European Infantry Seminar June-July 2004, BG Johann Berger.
- [10] Clem, T.R. Advances in the Magnetic Detection and Classification of Sea Mines and Unexploded Ordnance. Naval Research Reviews 1997.
- [11] Esiselvitys mikroaaltoaseista, Maanpuolustuksen Tieteellinen Neuvottelukunta, Raporttisarja B 1993/2, Helsinki 1993. 30 s.
- [12] FY-Composites. Sirpalesuojalevy esite. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [13] Grönfors, Matti. Kvalitatiiviset kenttätyömenetelmät. WSOY. Juva 1985. 233 s. ISBN 951-0-11339-5.
- [14] Haaparanta, Leila - Niiniluoto, Ilkka: Johdatus tieteelliseen ajatteluun. Helsingin yliopisto. Helsingin Yliopiston filosofian laitoksen julkaisuja 1986. Hakapaino Oy. Helsinki 1991. 101s. ISBN-951-45-4077-8.

- [15] Hicks, Anita - Anttonen, Hannu.Tuhkanen, Pertti, Kinnunen, Katja. Kasvojen kylmäsuojaus. Tuotekehitysraportti. Oulun aluetyöterveyslaitos, Huhtikuu 2002.
- [16] Hirsijärvi, Sirkka - Liikanen, Pirkko - Remes, Pirkko - Sajavaara, Paula. Tutkimus ja sen raportointi. Gummerus kirjapaino Oy. Jyväskylä 1992. 169 s, ISBN 951-26-3705-7.
- [17] Honkala, Markku. TaBas-hankkeen väliraportti 2006. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [18] Hunt, J.G. Blair, J.D.: Leadership on the Future Battlefield, Pergammon, Brassey's 1985.
- [19] Ihonen, Jari. Tulevaisuuden taistelijan energialähteet. VTT, Raportti. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [20] International Soldier Systems Symposium, Boston, 2004. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [21] Internet tietokanta hakusanalla Tilden & Brooks, [http://www.rci.rutgers.edu/~cfs/472\\_html/Intro/NYT\\_Intro/History/MachineIntelligence2.html#1](http://www.rci.rutgers.edu/~cfs/472_html/Intro/NYT_Intro/History/MachineIntelligence2.html#1), viitattu 30.5.2006.
- [22] Juutilainen, Timo. Teollisuuden Tulevaisuuden Taistelija hankekokouksen materiaalia . Control Express Finland, innovaatiokokoukset, aiheena tulevaisuuden taistelijan varustus. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [23] Kenttälääkintä. Ensihoidon perusteet. Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto 1993, Karisto Oy. Hämeenlinna 1994. 804 s. ISBN 951-25-0635-1.
- [24] Kenttätykistöopas I osa (KtOpas) Ampumaoppi. Pääesikunnan koulutusosasto, Pieksämäki 1990. 180 s. ISBN 951-25-0486-3.
- [25] Kielenniva Jari. Tarkkuuskiväärin maalianalyysi ja käyttöympäristö. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki, 1999. Tutkielma K345.
- [26] Kosola, Jyri. Luento Esiupseerikurssille 57. Optroniikka. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [27] Kyröläinen, Heikki - Santtila, Matti, Hämäläinen, Henna- Koski, Harri - Mäntysaari, Matti – Karinkanta, Jari, Pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Edita Prima. Helsinki 2004. 58 s. ISBN 951-25-1568-7.
- [28] Laine, Ilkka, Ballistisen iskun energia-absorptio kuitukangasrakenteissa. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniinen osasto, diplomityö heinäkuu 1999.

- [29] Materials Research to Meet 21st Century Defence Needs. The National Academies Press. Washington D.C. 2003.
- [30] Mountford, R. Stopping Power! Individual ballistic protection – Military Efficiency and political necessity, *Military Technology* 4/94.
- [31] Mäkitie, Ilkka: Tappiokäsité nykyaikana, *Sotilasaikakauslehti* 5/1998.
- [32] Nykyajan aseet – käyttö, vaikutukset ja suojaus. Sisäasiainministeriö ja Valtion painatuskeskus. Helsinki 1987.
- [33] Panssarijoukkojen ja merivoimien vaateusratkaisut taistelutilanteissa. Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta. Raporttisarja A, 7/A/88. Helsinki 1988.
- [34] Patria, Tulevaisuuden taistelija hanke, Raportti. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [35] Pitkänen, Ilkka. Johtajan toimenpiteet joukon taistelukyvyyn ylläpitämiseksi. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Tutkimuslauseita. A-S2 1/1994. Pieksämäki 1994. ISBN-951-25-0706-4.
- [36] Puolustusjärjestelmien kehitys. Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 (STAE 2020, osa 1). Pääesikunnan Sotatalousosasto 2004, Edita Prima, Pdf-version tuloste, 575 s., ISBN 951-25-1532-6.
- [37] Puolustusjärjestelmien kehitys, Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 (STAE 2020, osa 2), Pääesikunnan Sotatalousosasto 2004, Edita Prima, Pdf-version tuloste, 419 s. ISBN 951-25-1533-4.
- [38] Saarelainen, Tapio. Yksittäinen jalkaväkitaistelija - unohdettu voimavara, osa 1. Artikkel. *Sotilasaikakauslehti* 5/2005.
- [39] Saarelainen, Tapio. Yksittäinen jalkaväkitaistelija - unohdettu voimavara, osa 2. Artikkel. *Sotilasaikakauslehti* 5/2005.
- [40] Salonen, Lasse. Sotilaan suoja ja sen läpäiseminen. Puolustusvoimien tutkimuskeskuksen julkaisu A9/1996. Ylöjärvi 1996.
- [41] Siikonen Jyrki. FY-Composites. Muistiinpanot luennoista ja innovaatiokokouksista tulevaisuuden taistelijan varustus-kokouksissa sekä MATINE:n kokouksissa. Materiaali Tapio saarelaisella.
- [42] Siikonen Jyrki. FY-Composites. Muistiinpanot luennoista ja innovaatiokokouksista tulevaisuuden taistelijan varustus-kokouksissa sekä MATINE:n kokouksissa. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [43] Snellman, Henrik. Sodankäynti elektronisoituu, *Proessori* 11/2003.
- [44] Sotilasjohtaja I osa, Johtamisen perusteita (Luonnos). 27.12.1989 Pääesikunnan koulutusosasto, Valtion painatuskeskus, Helsinki 1990, 150 s. ISBN-951-25-0483-9.

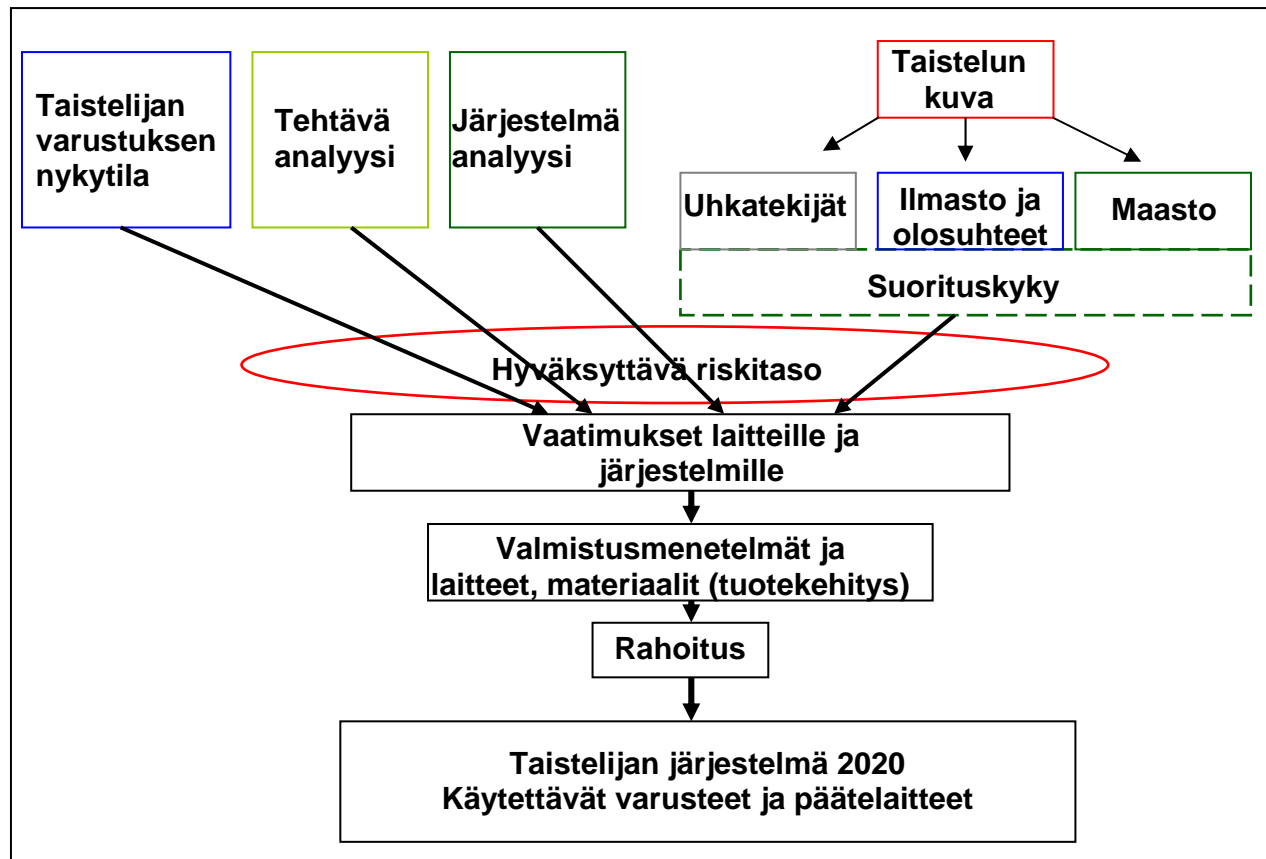
- [45] Sotilasterveydenhuolto, PE Lääkintäosasto, Helsinki, 958 s. ISBN 951-25-0468-5.
- [46] STAE 1993 I osa. Sotatekninen arvio ja ennuste STAE 1993, 633 s. ISBN 951-25-0671-8.
- [47] STAE 2001, Technical Estimate and Prognosis (TEP 2001), verkkokirja Puolustusvoimien verkossa.
- [48] STANAG 2920, Ballistic test method for personal armours, NATO standardization agreement.
- [49] Suojelun Käsikirja. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Ykkös-Offset Oy. Vaasa 1996. 217 s. PUMA 7610-448-7061.
- [50] Suutarinen, Timo, Jaakkola, Timo. Raportti Teollisuuden Tulevaisuuden Taistelija hankekokouksen materiaalia. Environics, materiaali innovaatiokokoukset tulevaisuuden taistelijan varustukseen.
- [51] Syrjälä, Leena - Ahonen, Sirkka – Syrjäläinen, Eija, Saari - Seppo. Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Tekijät ja kirjayhtymä Oy, Kirjapaino West Point Oy, Rauma 1995. 185 s. ISBN-951-26-3948-3.
- [52] Taistelijan vaatetusvarustus 2005 kenttäkokeilun haastatteluraportti. Porin Prikaati, Reila ja Niinisalo. 23.12.2003. MKY-Service, Pyhämäentie 5, 14200 Turenki.
- [53] Todennäköisyys – ja ampumaopin perusteet. Pääesikunnan koulutusosasto. Helsinki 1984. 253 s. ISBN 951-25-0310-7.
- [54] Tukholman kansainvälinen rauhantutkimuslaitos. SIPRI, Raportti tavanomaisista aseista. Lounais-Suomen Kirjapaino Oy. Turku 1979. 300 s. ISBN 951-9457-04-6.
- [55] Tulenvaikutus ja teho. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos. Moniste. 2003. 26 s.
- [56] Uusitalo, Hannu. Tiede, tutkimus ja tutkielma: Johdatus tutkielman maailmaan. WSOY:n graafiset laitokset. Juva 1995. 121 s. ISBN-951-0-17457-2.
- [57] Valtioneuvoston kanslia, Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2004, Valtioneuvoston kanslia, 39 s. ISBN 952-5354-58-X.
- [58] Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 1997, ss. 55-56 sekä 75-87.
- [59] Vuori, Ilkka - Taimela, Simo. Liikuntatiede. Kustannus Duacim. Helsinki 1995. 464 s. ISBN 951-8917-65-5.
- [60] Vähäkangas, Pekka. Taistelija 2005. Teknisen kehityksen seurantaraportti. Puolustusvoimien tutkimuskeskus. Ylöjärvi 1997.

- [61] Westerlund, Harri. Luento. Teollisuuden Tulevaisuuden Taistelija, Savox Oy:n innovaatio ja panos tulevaisuuden taistelijan varustukseen. Materiaali Tapio Saarelaisella.
- [62] Yleinen ase- ja asejärjestelmäoppi (luonnos) 1998. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Ykkös-Offset Oy, Vaasa, 1998, 385 s. PUMA 7610-448-7097.

## **LIITTEET**

- LIITE 1** Tulevaisuuden taistelijan viitekehys
- LIITE 2** Tulevaisuuden taistelijan järjestelmä, taistelijan kuvaus
- LIITE 3** Tulevaisuuden taistelijan järjestelmä, järjestelmäkuvaus
- LIITE 4** Taistelijan varusteiden massan muodostuminen
- LIITE 5** Taistelijan tehtäväanalyysi

## Tulevaisuuden taistelijan viitekehys

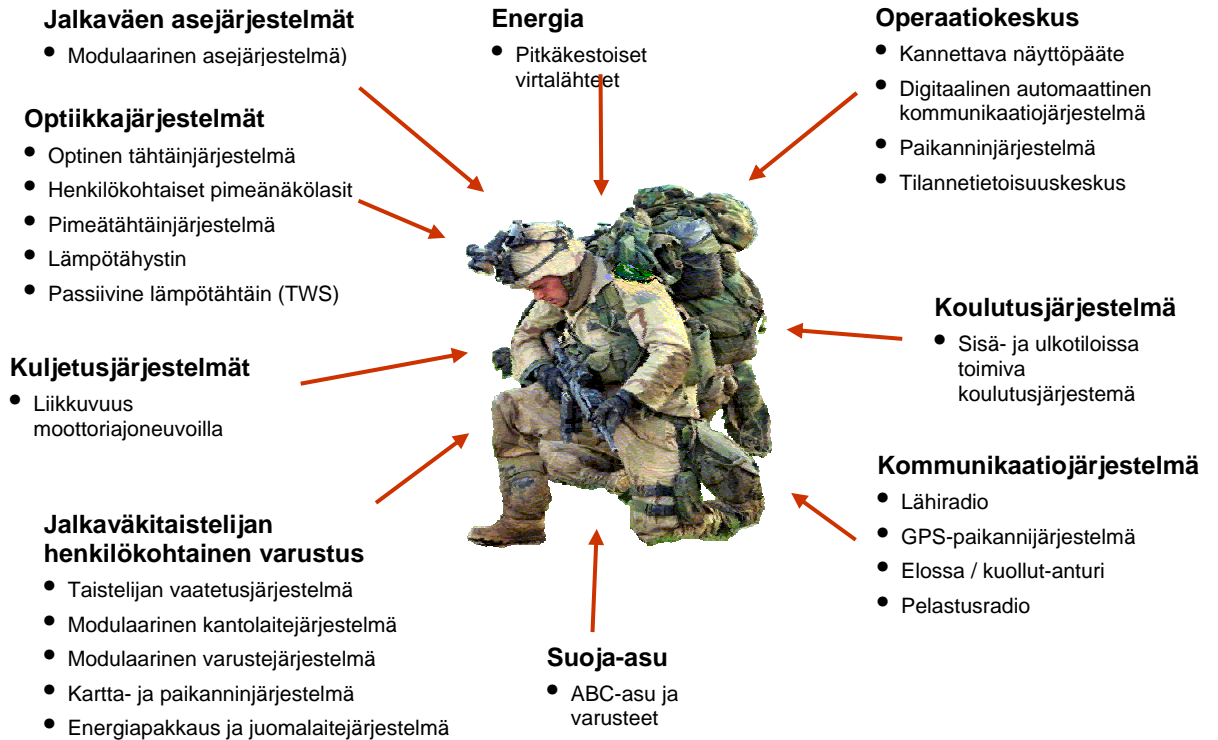


## Tulevaisuuden taistelijan kuvaus

- Yksilötaistelija
- Mies tai nainen
- Normaali suomalainen henkilö
  
- Sodankäyntiympäristönä suomalainen maasto ja ympäristö
  - Kaiken tyyppinen suomalainen ympäristö (metsä, kaupunki, muut)
  - Lämpötila-alue  $-45^{\circ}\text{C}$  -  $+35^{\circ}\text{C}$
  - Luminen maasto aina 120 cm lumipeitteeseen saakka
  - Jalkautuneena tai ajoneuvosta käsin taisteleva
  - Yhteensopivat järjestelmät käytössä oleviin maa-, meri-, ja ilmakuljetusjärjestelmiin
  
- Taistelukyky kansainvälisessä taisteluympäristössä
- Varusmies tai ammattisotilas
- Autonominen sotilas
  
- Toimii osana
  - Yksikköä (ryhmä, joukkue, komppania, pataljoona)
  - Taistelujärjestelmää
  - Kyky liittyä kulloinkin käytössä oleviin kansallisiin järjestelmiin
- Osa tulevaisuuden C4I-järjestelmää (Verkostoitunut sodankäynti)
- Asejärjestelmässä ja kokonaisjärjestelmässä on kyky toimia kriisinhallinta, rauhanturva- ja perinteisessä ja tulevaisuuden taistelukentän olosuhteissa ja sodankäynnissä



## Tulevaisuuden taistelijan järjestelmä, järjestelmän kuvaus



**Taistelijan varusteiden massan muodostuminen (kokonaismassa on 30 kg)**

**Massa (kg)**

**Taistelijan vaatetusvarustus**

**5 kg (1\*)**

**Asejärjestelmät**

**4 kg**

**Ampumatarvikkeet**

**3 kg**

**Ballistiset suojarusteet**

**10 kg (2\*)**

**Tiedonsiirtojärjestelmät**

**2 kg**

**Vesi**

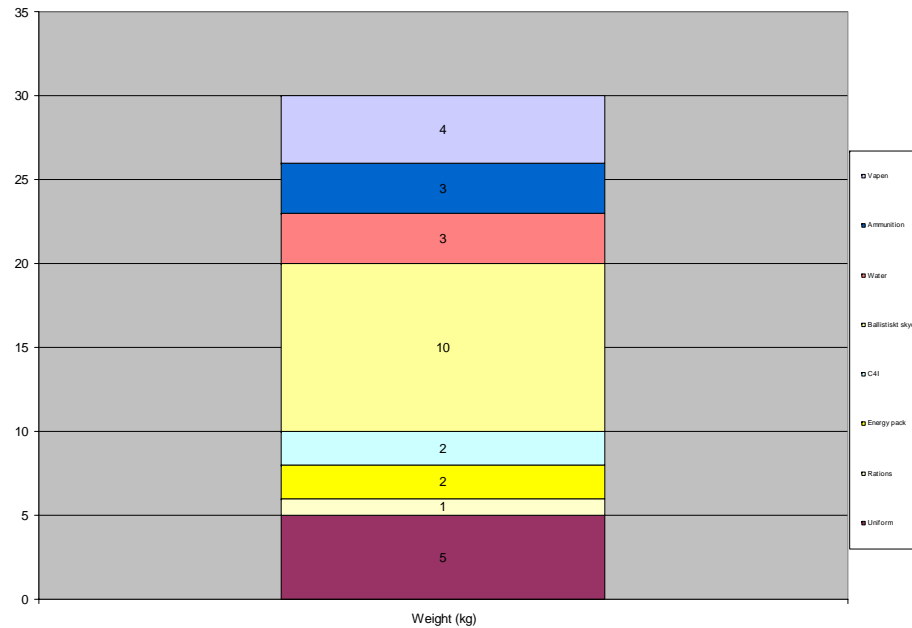
**3 kg**

**Virtalähteet (energia)**

**2 kg**

**Taistelumuona**

**1 kg**



**1) Sisältäen ABC-suojavarustuksen**

**2) 9mm luodin (7,5 g 420 m/s)**

**pysäytystasolla**

**(NIJ-STD-0106.01)**

**Taistelijan tehtävänälyysi**

