

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tutkintotyö

Tapio Suonvieri

MIEHITTÄMÄTTÖMÄT MAA-AJONEUVOT  
UNMANNED GROUND VEHICLES

Työn valvoja      Marko Mäkilouko

Työn teettäjä      Suomen Puolustusvoimat Mat-Os

Tampere 2005

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Suonvieri, Tapio

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Toukokuu 2005

Hakusanat

Miehittämättömät maa-ajoneuvot

61 sivua + 7 liitesivua + CD

Marko Mäkilouko

Suomen puolustusvoimat Mat-Os

UGV, Unmanned Ground Vehicles, Network Centric Warfare

### TIIVISTELMÄ

Tämä tutkintotyö sai alkunsa ollessani Puolustusvoimissa suorittamassa varusmiespalvelusta. Ollessani komennuksella pääesikunnassa minulle tarjottiin mahdollisuutta laatia esiselvitys maavoimien miehittämättömistä järjestelmistä painottuen miehittämättömiin maa-ajoneuvoihin (Unmanned Ground Vehicles; UGV).

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen kehittäminen nousee pyrkimyksestä muuttaa armeijan luonnetta raskaan varustuksen ja tulivoiman keskittymästä kevyemmäksi ja vastaavuuteen perustuvaksi voimankäytöksi. Uudenlaista kevyempää voimankäyttöä luonnehtii tehokkuus ja taloudellisuus. Tämä suuntaus on tehnyt miehittämättömien maa-ajoneuvojärjestelmien kehittämisestä tulevaisuuden välttämättömyyden.

Esiselvityksen päämääränä oli selvittää nykyisin tai lähitulevaisuudessa käyttöön tulevat miehittämättömät järjestelmät ja teknologiset mahdollisuudet sekä kehitystrendit maalla käytettävistä miehittämättömistä järjestelmistä. Pyrin myös kartoittamaan, millaisiin tehtäviin miehittämättömiä maa-ajoneuvoja voitaisiin Suomen Puolustusvoimissa käyttää.

Tapio Suonvieri  
Unmanned Ground Vehicles  
Tampere Polytechnic  
Technics, Teiskontie 33, 33521 Tampere  
April 2005

## ABSTRACT

The subject for this thesis was given to me while I was doing my military service. During my command at the General Headquarters I was offered the possibility of writing out a preliminary account of unmanned ground vehicles (UGVs).

The development of unmanned ground vehicles rises from the aim of changing the military's nature from a concentration of heavy fortifications and firepower towards a use of power that is lighter and based on correspondence. This new kind of use of power is characterized by efficiency and economy. This trend has made developing unmanned ground vehicles a necessity for the future.

The goal for this account was to look into unmanned ground vehicles in use at present or in the near future and also the technological possibilities and developmental trends for UGVs. I also aimed to detail what kind of needs and uses the Finnish Defence Force may have for UGVs.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Puolustusvoimia mahdollisuudesta tehdä päättötyöni heille. Aivan erityisesti tahdon kohdistaa kiitokseni entiselle esimiehelleni eversti Jukka Röydille, joka ystävällisesti antoi mahdollisuuden päättötyön aloittamiseen varusmiespalvelukseni aikana muiden tehtävieni ohella. Lisäksi haluan kiittää kaikkia tähän työhön jollain tapaa osallistuneita henkilöitä: eritoten insinöörieversti Jukka Juustia, majuri Pasi Pasivirtaa sekä VTT:n erikoistutkija Hannu Lehtistä neuvoista ja hyödyllisestä materiaalista. Lisäksi osoitan kiitokseni työni valvojalle Marko Mäkiloukolle ystävällisestä ja aktiivisesta opastuksesta työni aikana. Lopuksi kiitän tyttöystävääni Juttaa jaksamisesta ja tuesta.

Tampereella 12. toukokuuta 2005

Tapio Suonvieri

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Lyhenteiden merkitykset

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 TYÖN KUVAUS.....</b>	<b>10</b>
2.1 AINEISTO .....	10
2.2 TYÖN ETENEMINEN.....	11
<b>3 YLEISTÄ.....</b>	<b>13</b>
3.1 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT KULKUNEUVOJÄRJESTELMÄT .....	13
<b>4 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT MAA-AJONEUVOT .....</b>	<b>14</b>
4.1 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN MAA-AJONEUVOJEN LUOKITUSJÄRJESTELMÄT .....	15
<b>5 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN MAA-AJONEUVOJEN SUORITEVAATIMUKSET ....</b>	<b>18</b>
5.1 AUTONOMINEN KÄYTTÄYTYMINEN .....	18
5.1.1 Havainnointi .....	19
5.1.2 Navigointi .....	20
5.1.3 Suunnittelu.....	20
5.1.4 Käyttäytyminen ja taidot.....	21
5.1.5 Oppivuus ja mukautuvuus.....	22
5.2 OMINAISUUDET (ALUSTA) .....	23
5.2.1 Ihmisen ja robotin vuorovaikutus .....	23
5.2.2 Liikkuvuus.....	24
5.2.3 Kommunikaatio/yhteydenpito .....	25
5.2.4 Voima/energia .....	25
5.2.5 Toimintakyvyn säilyttäminen.....	26
5.3 TEHTÄVÄT.....	27
<b>6 VERKKOSODANKÄYNTI .....</b>	<b>28</b>
6.1 FUTURE COMBAT SYSTEM (FCS) .....	28
<b>7 KEHITYSTYÖ .....</b>	<b>30</b>

7.1 KEHITYSTYÖ MAAILMALLA .....	30
7.1.1 DARPA .....	30
7.2 KEHITYSTYÖ SUOMEN OSALTA.....	32
7.2.1 Puolustusvoimat .....	32
7.2.2 Teollisuuden näkökulma .....	33
7.2.3 Esimerkkejä teollisuuden ratkaisuista.....	34
<b>8 MIINOJEN JA TAISTELUVÄLINEIDEN RAIVAAMINEN .....</b>	<b>38</b>
8.1 STS-JÄRJESTELMÄ .....	38
8.1.1 CRS.....	39
8.1.2 M60 Panther.....	40
8.1.3 M1 Abrams Panther II.....	40
8.2 MINI-FLAIL / ROBOTIC COMBAT SUPPORT SYSTEM (RCSS).....	41
<b>9 SUOJELU- JA TIEDUSTELUTEHTÄVÄT .....</b>	<b>43</b>
9.1 GLADIATOR – TACTICAL UNMANNED GROUND VEHICLE .....	43
<b>10 ASEVAIKUTUSTEHTÄVÄT.....</b>	<b>45</b>
10.1 TALON .....	45
10.2 SWORDS .....	47
10.3 CO-OPERATIVE UNMANNED GROUND ATTACK ROBOTS (COUGAR ) .....	48
<b>11 KEHITYSNÄKYMÄT .....</b>	<b>51</b>
11.1 AUTONOMISET KEHITYSASTEET.....	51
11.1.1 Searcher (2005).....	51
11.1.2 Donkey (2010) .....	52
11.1.3 Wingman (2015).....	53
11.1.4 Hunter-Killer (2020) .....	54
<b>12 YHTEENVETO .....</b>	<b>57</b>
LÄHDELUETTELO .....	61
Liite 1, muistio ”Maavoimien miehittämättömät järjestelmät”	
Liite 2, haastattelu Jukka Juusti	
Liite 3, haastattelu Pasi Pasivirta	

Lyhenteiden merkitykset

CAM	Color Video Camera
CAN	Controller Area Network
Cougar	CO-operative Unmanned Ground Attack Robots
CRS	Common Robotic System
CV	Command Vehicle
DARPA	Defence Advanced Research Projects Agency
DEAs	Data Exchange Agreements
EAD	European Defence Agency
EOD	Explosive ordnance disposal
FCS	Future Combat Systems
GPS	Global Position System
HIA	High Integration Actuator
HRI	Human Robotic Interaction
INS	Inertial Navigation System
JRP	Joint Robotics Program
MIC	Microphone
MOUT	Military operations in urban terrain
MPTU	Manual Pan/Tilt Unit
NBC-	Nuclear, Biological, Chemical
NC-AGV	Network-centric autonomous ground vehicle
OCU	Operator Controller Unit
PC-AGV	Platform-centric autonomous ground vehicle
RCSS	Robotic Combat Support System
RSTA	Reconnaissance, surveillance and target acquisition
SAP/F	Semiautonomous preceeder-follower
SIO	System Input/Output
SRS	Standardized Robotic System
SRT	Safety Radio Transmitter
STS	Standardized Teleoperation System
SWORDS	Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System

TGV	Teleoperated Ground Vehicle
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UGV	Unmanned Ground Vehicle
UOV	Unmanned Orbital Vehicle
UPS	Uninterruptable Power Supply
USV	Unmanned Surface Vehicle
UUV	Unmanned Underwater Vehicle
UXO	Unexploded ordnance
VCU	Vehicle Control Unit
VTU	Video Transmitter Unit



## 1 JOHDANTO

Tämä tutkintotyö sai alkunsa ollessani Puolustusvoimissa suorittamassa varusmiespalvelusta. Ollessani komennuksella pääesikunnassa minulle tarjottiin mahdollisuutta laatia esiselvitys maavoimien miehittämättömistä järjestelmistä painottuen miehittämättömiin maa-ajoneuvoihin (Unmanned Ground Vehicles; UGV).

Esiselvityksen päämääränä oli selvittää nykyisin tai lähitulevaisuudessa käyttöön tulevat miehittämättömät järjestelmät ja teknologiset mahdollisuudet sekä kehitystrendit maalla käytettävistä miehittämättömistä järjestelmistä. Esiselvitys tuli laatia kirjallisuusselvityksenä (asiakirjatutkimus) pääasiassa Internetin avulla, tukeutuen Maanpuolustuskorkeakoulun kirjaston aineistoon, jonka rooli kuitenkin työn varsinaisessa tekovaiheessa jäi melko pieneksi. Esiselvityksessä oli mahdollisuus tehdä myös teema-haastatteluja maavoimaesikunnan henkilöstölle sekä muille asiantuntijoille tasapainottamaan Internet-pohjaista lähdeaineistoa.

Tavoitteena on selvittää, millaisiin tehtäviin miehittämättömiä maa-ajoneuvoja voitaisiin Suomen puolustusvoimissa käyttää. Pääpaino työssä on ajoneuvojen käyttökohteiden ja -tarkoitusten tarkastelussa. Samalla esitän muutamia esimerkkejä havainnollistamaan kutakin käsiteltyä käyttöaluetta.

Tämä kartoitus antaa oman panoksensa Puolustusvoimien selvitystyölle, jossa pyritään analysoimaan etäohjattavien miehittämättömien järjestelmien mahdollisuuksia ja olemassa olevia ratkaisuja vuoden 2008 puolustuselontekoa varten.

## 2 TYÖN KUVAUS

### 2.1 Aineisto

Työn pääasiallinen aineisto on kerätty Internetin välityksellä. Tärkein syy tähän on, että internet tarjoaa laajimman ja monipuolisimman ”tietoarkiston”, josta miehittämättömiin ajoneuvoihin liittyvää tietoa on löydettävissä. Kirjastot Suomessa (esimerkiksi Maanpuolustuskorkeakoulun, Teknillisen korkeakoulun tai Tampereen teknillisen yliopiston) eivät juuri tarjonneet aihetta sivuvaava lähdekirjallisuutta, ja aineiston, kuten kirjojen, tilaaminen ulkomailta olisi hidastanut työn etenemistä ja olisi myös ollut taloudellisesti mahdotonta.

Olin työtä aloittaessani hyvin tietoinen Internetin kaksijakoisesta luonteesta tiedonlähteenä: toisaalta tiedon volyyymi on suuri ja monipuolinen, toisaalta taas tiedon määrä voi asettaa hankaluuksia: kuinka löytää olennaisimmat ja tärkeimmät aineistot oman työni kannalta. Myös lähteet ja niihin viittaaminen ovat erilaisia kuin tavanomaisessa kirjallisuudessa: Internet-sivuilla löydettävissä olevat tiedot ovat joka hetki muuteltavissa ja tämä täytyy tiedostaa. Tekstiaineistot ovat pitkälti sellaisista teoksista, jotka on julkaistu sekä kirjan muodossa että Internetissä, josta olen ne itselleni tulostanut työtä varten. Kuvia sen sijaan olen poiminut useammalta sivulta, kuten esimerkiksi laitteistojen valmistajien sivustoilta.

Internet tarjoaa siis valtaisan määrän tietoa miehittämättömistä maa-ajoneuvoista (yksin hakukone Googlen löytämät dokumentit hakusanalla ”unmanned ground vehicles” hipovat 300 000:tta). Omassa työssäni olen pääasiassa käyttänyt ensinnäkin myös kirjan muodossa julkaistua teosta Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles, joka on Yhdysvaltain armeijan miehittämättömille maa-ajoneuvoille asettaman komitean tutkimus. Toinen tärkeä lähde on Yhdysvaltain puolustusministeriön vuosittain julkaisema Joint Robotics Master Plan, joista olen käyttänyt pääasiallisesti vuosien 2003 ja 2004 aineistoja.

Tärkeitä aiheen hahmottumista auttavia seikkoja olivat myös etenkin Pääesikunnan muistio, jossa päättötyön aihe määritellään (liite 1) sekä keskustelut, joita olen aiheen

tiimoilta käynyt eri henkilöiden kanssa. Erityisesti Hannu Lehtinen VTT:ltä, joka ystävällisesti lähetti minulle myös lisääaineistoa esimerkiksi VTT:n ja Patrian selvityksistä koskien miehittämättömiä laitteita, oli suureksi hyödyksi. Tein myös sähköpostitse pienimuotoisia haastatteluja muutamille eri asiantuntijataholle, joista kaksi vastasi kyselypyyntööni. He tarjosivat oman arvokkaan näkemyksensä miehittämättömien maaajoneuvojen tämänhetkisestä tilanteesta sekä tulevaisuudesta Suomen puolustusvoimissa sekä myös EU:n tasolla. Nämä henkilöt olivat insinöörieversti Jukka Juusti pääesikunnan materiaaliosastolta ja majuri Pasi Pasivirta, joka toimii virkamiehenä EDA:ssa (European Defence Agency). Kyselyt vastauksineen ovat liitteinä 2 ja 3 työn lopusta. Kyselyistä oli suuresti apua etenkin käsitellessäni kehitystyötä Suomen osalta. Olen koonnut liitteeksi myös CD:n, joka sisältää luvussa 7.2.3 esiteltyjen teollisuuden sovelluksiin liittyvää materiaalia, kuten videokuvaa laitteista sekä PowerPointesityksiä. Materiaalin taustatahot käyvät ilmi CD:stä.

## 2.2 Työn eteneminen

Kirjallisuusselvityksen kyseessä ollessa työ luonnollisesti sisälsi runsaasti tiedonhakua ja löytyneen aineiston läpikäyntiä hyödyllisen tiedon löytämiseksi. Koin jossain määrin ongelmalliseksi työn rajaamisen, ja sen, kuinka yksityiskohtaisesti kustakin osaluueesta tulisi kirjoittaa. Tietoa on tarjolla paljon ja tutkijan onkin valittava oma lähestymistapansa ja rajattava aineistoa, jotta työstä tulisi eheä ja hallittava kokonaisuus. Tutkintotyölle asettaa rajansa myös sille suositeltu pituus sekä käytössä olevat aika ja resurssit. Otin siis ohjeekseni tehtävänantomuistiossa annetun luonnehdinnan, jonka mukaan työn on tarkoitus olla *yleisluontoinen selvitys* käytössä olevista tai piakkoin käyttöön tulevista miehittämättömistä järjestelmistä, niiden teknologisista mahdollisuuksista sekä yleisistä kehityssuunnista. Tulevaisuuden ennakkointia on mukana työssä etenkin viimeisessä luvussa.

Olen pyrkinyt rakentamaan työni sellaiseksi, että se on kenen tahansa aiheesta kiinnostuneen lähestyttävissä ja luettavissa. Lähdin liikkeelle aivan perusasioista: millaiset seikat yleensäkin luonnehtivat miehittämättömää maa-ajoneuvoa, mihin niitä voidaan yleisesti käyttää ja mihin niiden kehitys perustuu. Käytännön esimerkit käytössä ole-

vista laitteista ja järjestelmistä kuuluvat olennaisina työhön: ne konkretisoivat työssä aiemmin esiteltyä ja edustavat nykyistä todellisuutta.

Tulevaisuutta olen pyrkinyt valottamaan esittelemällä verkkopohjaista sodankäyntimallia ja sen perusfilosofiaa sekä sitä, millaisia vaatimuksia se asettaa kehitystyölle. Kehitystyötä esitellään sekä maailmalla käynnissä olevien projektien että Suomen omien kehitysnäkymien kautta. Kansainvälisiä projekteja on käynnissä useita ja yhteistyö eri maiden välillä on ilmeisen tiivistä etenkin sotateollisuuden saralla. Kansainvälisestä yhteistyöstä kerron melko pintapuolisesti. Ylipäänsä työssä esittelemäni projektit ovat pääasiassa USA:n omia tai ainakin amerikkalaisvetoisia. Tähän viittaa myös luvun 3 alussa: tiedostan aineistoni painottuvan läpi koko työn paljolti yhdysvaltalaisiin lähteisiin tietojen saatavuuden ja oman kielitaitoni takia. Kehitystyön osalta (luku 7) olen kuitenkin keskittynyt ensi sijassa Suomen tilanteeseen. Tämä on perusteltavissa jo työn tehtävänannossa määritellyin reunaehdoin.

Monta kohtaa työssäni on siis tietoisesti käsitelty hyvin pintapuoleisesti. Tämä koskee ennen kaikkea luvussa 5 esiteltävää miehittämättömien maa-ajoneuvojen autonomiseen käyttäytymiseen (5.2) ja alustan ominaisuuksiin (5.3) liittyvää yksityiskohtaista teknistä tietoa. Tällaista tietoa on löydettävissä etenkin laitteiden valmistajien omilta sivuilta ja tieto on osittain myös salaisia. Tekninen yksityiskohtaisuus on siinä määrin laaja osa-alue, että tarkempi syventyminen siihen olisi syönyt tilaa muilta mielenkiintoisilta alueilta. Halusinkin keskittyä enemmän laitteiden käyttökohteisiin, tehtäviin sekä yleisen kehityksen kuvaamiseen kuin teknisten detaljien esittelyyn, koska mielestäni tämä palvelee selvityksen luonnetta paremmin.

Toivoakseni pystyn työni kautta välittämään selkeän yleiskuvan miehittämättömien maa-ajoneuvojen kentästä. Aihealue on mielenkiintoinen ja monessa suhteessa vielä melko nuori. Tulevaisuudessa odottaisin alueen synnyttävän lisääntyvissä määrin dynaamista tutkimusta: miehittämättömien ratkaisujen kehittäminen on selkeästi armeijan tulevaisuuden kehitystrendeistä keskeisimpiä.

### 3 YLEISTÄ

Miehittämättömien järjestelmien kehitystyö alkoi Yhdysvalloissa 1950-luvun lopulla. Edelleenkin Yhdysvallat on kehittelyn kärjessä myös tällä sotilas-teknologisella alalla. On kuitenkin syytä ottaa huomioon se tämänkin työn kannalta olennainen seikka, että Suomen Puolustusvoimien linja miehittämättömien järjestelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa on erilainen kuin Yhdysvaltojen. Se keskittyy enemmänkin hyviksi havaittujen konseptien edelleen kehittelyyn ja monipuolistamiseen niin, että tietynlainen järjestelmä kykenee tarjoamaan toiminnan edellytyksiä useanlaisissa tehtävissä vaihtelevasti. Yhdysvalloissa kehitystyö on lähtökohdiltaan erilaista. Se on jo taloudellisten resurssien moninkertaisuuden turvin keskittynyt suorituskapasiteetiltaan yksinkertaisempien mallien kehittämiseen: on valmiudet valmistaa määrällisesti useita eri tehtäviin räätälöityjä miehittämättömiä laitteita.

Tämä työ ja siinä esitellyt kehitystulokset sekä miehittämättömät maa-ajoneuvot perustuvat pääasiallisesti amerikkalaisista lähteistä (ks. luku 2.1) saatuihin tietoihin. Tähän on useita syitä. Ensinnäkin Yhdysvaltojen edelläkävijäasema kehitystyössä kääntää katseen luonnollisesti tähän suuntaan. Toiseksi Yhdysvalloista löytyy paljon avointa materiaalia – juuri esimerkiksi internetin kautta – jota voi vapaasti käyttää tämänkaltaisessa työssä. Myös tekijän oma kielitaito asettaa rajoituksensa: olen keskittynyt pääsääntöisesti englanninkieliseen aineistoon. Näin esimerkiksi Israel, joka myös on vienyt eteenpäin miehittämättömien järjestelmien kehittämistä, on jäänyt tarkastelun ulkopuolelle samoin kuin useat muut maat.

#### 3.1 Miehittämättömät kulkuneuvojärjestelmät

Miehittämättömät maa-ajoneuvot ovat yksi osa laajempaa miehittämättömien järjestelmien kokonaisuutta. Miehittämättömiä laitteita käytetään laajasti eri yhteyksissä: maalla (Unmanned Ground Vehicles, UGV), merellä (Unmanned Underwater Vehicles, UUV ja Unmanned Surface Vehicles, USV), ilmassa (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) ja avaruudessa (Unmanned Orbital Vehicles, UOV). Miehittämättömät järjestelmät eivät välttämättä liity lainkaan aseteknologiaan, vaan niitä käytetään monipuolisesti nykyään – ja tulevaisuudessa yhä laajemmin - esimerkiksi teollisuuden eri

alueilla (esim. kaivoslouhintajärjestelmät, erilaiset vihivaunut, rutiinikuljetukset tehtaissa ja varastoissa), maatalouden tarpeissa, vaarallisten aineiden käsittelyssä ja puhdistustehtävissä, myrkyllisten jätteiden varastoinnissa ja käsittelyssä, avaruustutkimuksessa sekä luonnontieteellisissä tutkimuksissa maapallon eri kolkissa, jotka ovat ihmiselle pääsemättömissä (esim. syvänmerentutkimus tai vulkanologia). Aseteknologian alueella, jota tämä tutkimus käsittelee, miehittämättömien laitteiden tutkimus ja kehitystyö ovat pisimmällä miehittämättömissä lentoajoneuvoissa, kuten tiedustelulentokoneissa. Ilmaratkaisujen kehittäminen on edelleen hyvin keskeisellä sijalla, mutta myös maa-ajoneuvojen kehitys painottune tulevaisuudessa enenevässä määrin. Ennen kaikkea kehitystyössä pyritään yhdistämään eri miehittämättömien järjestelmien yhteistoimintaa verkkokeskeisen sodankäyntitavan hengessä.

#### 4 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT MAA-AJONEUVOT

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen kehittäminen nousee pyrkimyksestä muuttaa armeijan luonnetta raskaan varustuksen ja tulivoiman keskittymästä kevyemmäksi ja vastaavuuteen perustuvaksi voimankäytöksi. Uudenlaista kevyempää voimankäyttöä luonnehtii tehokkuus ja taloudellisuus. Tämä suuntaus on tehnyt miehittämättömien maa-ajoneuvojärjestelmien kehittämisestä tulevaisuuden välttämättömyyden. Tämänhetkisten arvioiden mukaan /9/ ensimmäiset uuden sukupolven miehittämättömät järjestelmät (Future Combat Systems, FCS) ovat käyttövalmiita aikaisintaan vuonna 2010. Vanhat järjestelmät erottaa uusista suunnitelluista se, että ne ovat jatkuvassa ihmisohjauksessa. Tulevaisuuden laitteet sen sijaan ovat puoli- tai täysautonomisia ja tekoälyllä varustettuja kulkuneuvoja.

Miehittämättömät ajoneuvojärjestelmät lukeutuvat niihin harvoihin sotilasteknologian alueisiin, joilla odotetaan olevan taistelukentällä ”vallankumouksellista”, käännteentekevää potentiaalia verrattuna tavanomaiseen evolutiiviseen kehitykseen.

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen käyttökohteet sotilaskäytössä liittyvät useisiin eri toiminnan osa-alueisiin. Niitä tarvitaan maavoimissa suorittamaan luotettavasti, turvallisesti ja nopeasti sellaisia tehtäviä, joissa ihminen voi joutua tarpeettomaan vaaratilanteeseen. Näitä ovat muun muassa seuraavat:

- miinojen ja räjähtämättömien taisteluvälineiden raivaaminen (erityisesti tiedustelu ja paikantaminen)
- asevaikutustehtävät
- suojele- ja tiedustelutehtävät
- terrori- ja erikoisjoukkopanoset
- kuljetus- ja rahtaustehtävät
- tiedonsiirtoratkaisut (toimivat linkkiasemina)

Näistä tehtäväkohteista kolme ensimmäistä olen havainnollistanut esimerkein tarkemmin luvuissa 8 - 10. Kolme viimeksi mainittua kohdetta sisältyvät tavalla tai toisella aiemmin mainittuihin, joten en nähnyt tarpeelliseksi esitellä niitä erillisissä luvuissa. Tehtäviä käsitellään vielä luvussa 5.3.

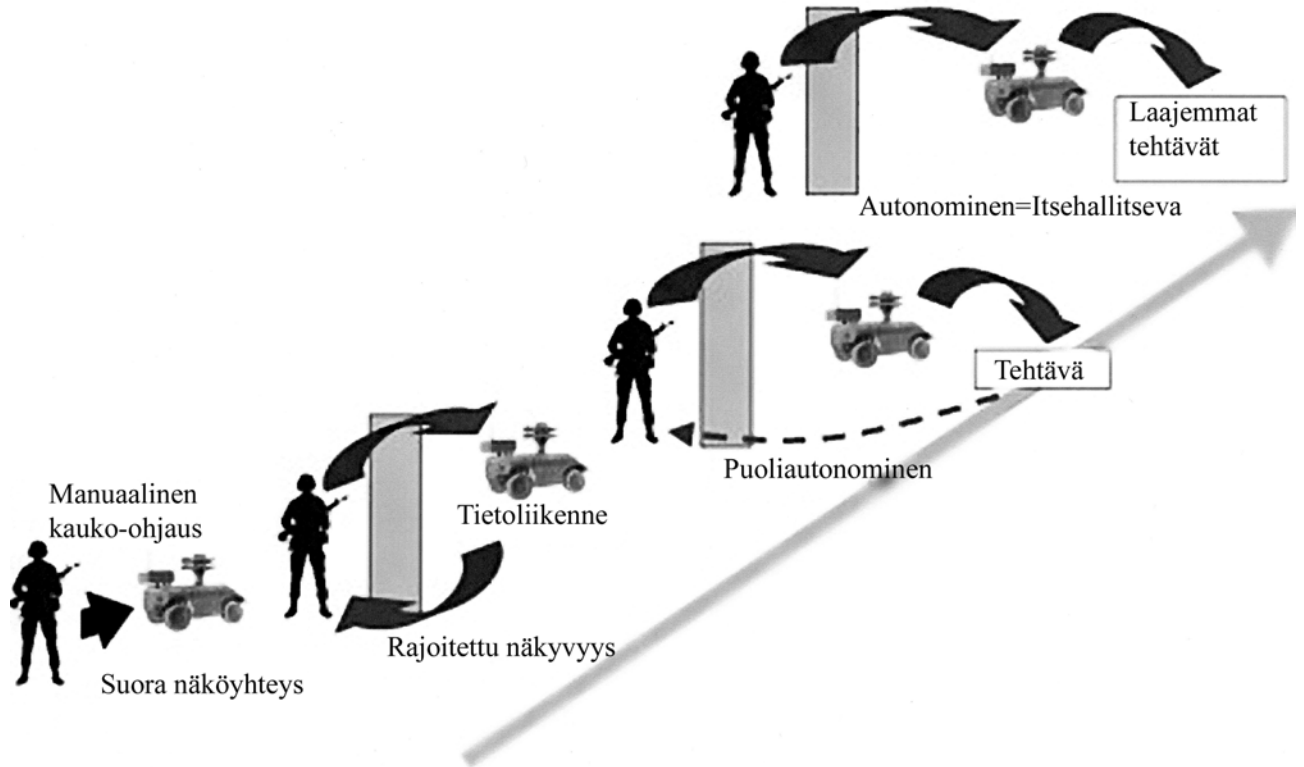
#### 4.1 Miehitettävien maa-ajoneuvojen luokitusjärjestelmät /6/

Yhdysvaltain puolustusministeriön JRP (Joint Robotics Program) -ohjelma lajittelee miehitettävät maa-ajoneuvot painon mukaan seitsemään luokkaan:

- mikro: paino alle 4 kilogrammaa
- mini: paino 4 - 15 kilogrammaa
- pienet (kevyet): 15 - 200 kilogrammaa
- pienet (keskikokoiset): 200 - 1250 kilogrammaa
- pienet (painavat): 1250 - 10 000 kilogrammaa
- keskikokoinen: 10 - 15 tonnia
- isot: yli 15 tonnia.

Toinen mahdollinen tapa luokitaa UG-ajoneuvoja on niiden autonomia-asteen mukaan eli sen perusteella kuinka itsenäisesti laite kykenee toimimaan ilman ihmisen ohjausta. Kuvassa 4.1 on havainnollistettu tätä luokitusta. Kaksi ensimmäistä luokkaa edustavat tämän päivän kehitystä, kaksi viimeistä taas tulevaisuuden kehitysnäkymiä. Kehityskaari kulkee manuaalisesta kauko-ohjauksesta puoliautonomisesti toimivaan ajoneuvoon, josta taas edetään täysin autonomiseen laitteeseen. Autonominen ajoneuvo kykenee suoriutumaan huomattavasti laajemmasta tehtäväjoukosta kuin kauko-

ohjattava tai puoliautonominen, jotka on usein suunniteltu suorittamaan vain yhtä tai muutamaa tiettyä tehtävää.



Kuva 4. 1 Autonomisuus /9/

*Miehittämättömien maa-ajoneuvojen autonomiatasot/9/:*

1. **Teleoperoitu maa-ajoneuvo** (Teleoperated ground vehicle, TGV). Teleoperoinnissa käyttäjä ohjaa robottia matkan päästä. Käyttäjä suorittaa kaikki kognitiiviset prosessit robotin ulkomaailmasta sensoreillaan välittämän datan perusteella.
2. **Puoliautonominen edeltäkulkija-seuraaja** (Semiautonomous preceeder-follower, SAP/F-UGV). Kuten TGV SAP/F-UGV:t voivat olla kaiken kokoisia ja muotoisia. Seuraaja-UGV-mallit edustavat tämänhetkisen kehityksen tasoa. Seuraaja-tyypin ajoneuvo osaa seurata edellä kulkevaa ihmistä tai kulku-neuvoa esimerkiksi ns. leivänmurujen, eli tietynlaisten reittimerkkien avulla. Edeltäkulkija-robotit ovat askeleen edistyneisempiä: ne on varustettu kehittyneillä navigointi-järjestelmillä, jotka minimoivat ihmis-käyttäjän tarpeen puuttua laitteen etenemiseen pisteestä A pisteeseen B. Edeltäkulkija kykenee

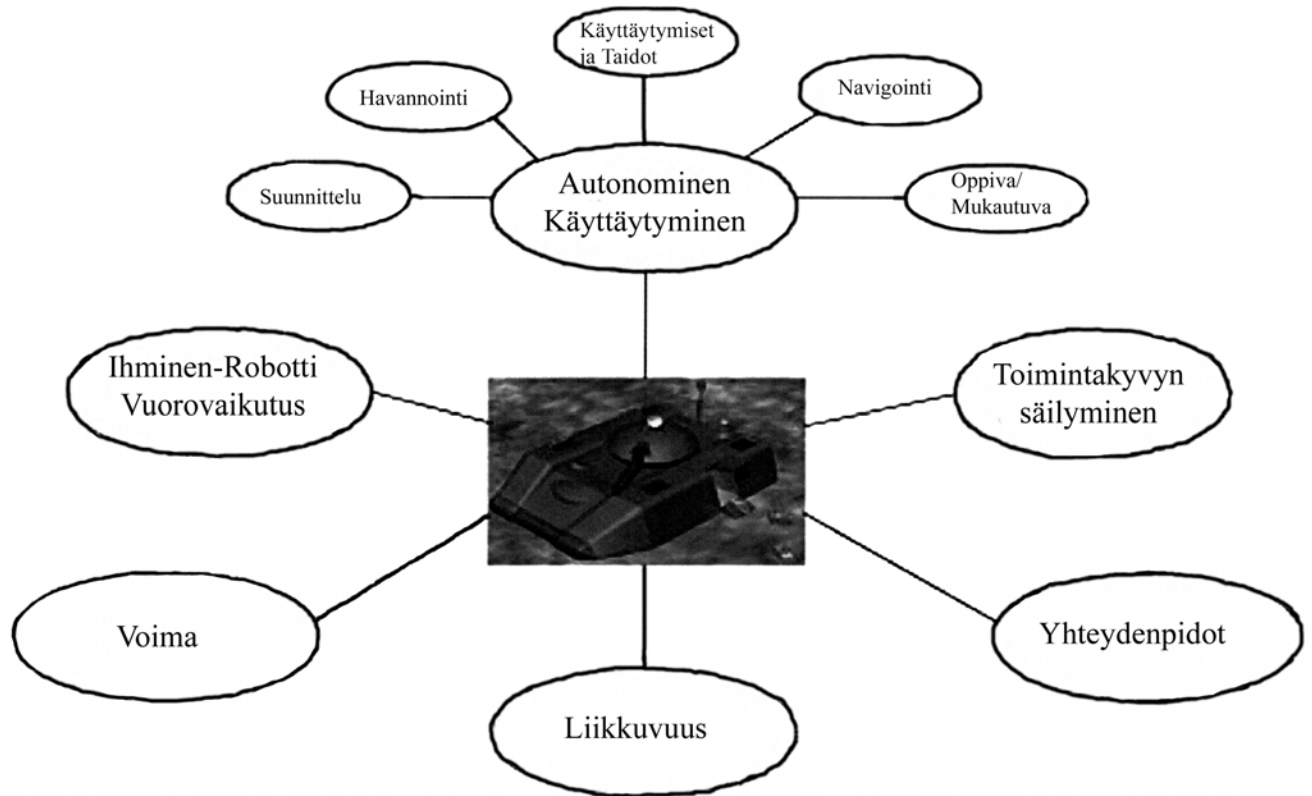


itsenäiseen päättelyyn laitteistonsa avulla; tämä mahdollistaa sen kyvyn valita parhaan mahdollisen reitin määränpäähensä.

3. **Alustakeskeinen autonominen maa-ajoneuvo** (Platform-centric autonomous ground vehicle, PC-AGV). Autonomiselle maa-ajoneuvolle kyetään tulevaisuudessa antamaan monimutkaisia tehtäviä, joita se toteuttaa omaksuen mahdollisesti tietoa ulkoisista lähteistä tai ottaen vastaan käskyjä käyttäjältä ilman tarkempaa ohjausta. Alustakeskeiseltä ajoneuvolta vaaditaan ”vastuuntuntoista” autonomiaa, jotta se pystyy kuljettamaan vaarallisia aseita ja vian sattuessa varmaa pysäytysmekanismia. Niiden tulee kyetä liikkumaan autonomisesti pisteestä toiseen ja toteuttamaan tehtävänsä vihamielisessä ympäristössä. Niillä täytyy myös olla kyky selviytyä vaikeissa maastoissa ja itsepuolustusjärjestelmä mahdollista vihollista vastaan.
4. **Verkkokeskeinen autonominen ajoneuvo** (Network-centric autonomous ground vehicle, NC-AGV). Verkkokeskeiset autonomiset ajoneuvot ovat alustakeskeisiä ajoneuvoja, joilla on tarpeeksi kehittynyt autonomia, jotta ne kykenevät toimimaan itsenäisinä solmukohtina verkkokeskeisessä sodankäyntimallissa. Niillä täytyy olla kyky ottaa vastaan tietoa kommunikaatioverkostosta, sisällyttämään se tehtävänsä toteutukseen sekä vastaamaan tiedusteluihin ja toimintakäskyihin verkostolta, mukaan lukien ristiriitaisten käskyjen ratkaiseminen. Tavoite on, että sen toiminta vastaisi miehitettyä ajoneuvoa.

Tulevaisuuden kehittelyä varten on olemassa vielä Yhdysvaltain armeijan Seacher/Donkey/Wingman/Hunter-Killer-jaottelu, joka jakaa ajoneuvot tehtävän suorituskapasiteetin sekä odotettavien mallien valmistumisvuosien mukaisiin luokkiin. Tästä luokittelusta on kerrottu tarkemmin luvussa 11, jossa käsitellään tulevaisuuden kehitysnäkymiä.

## 5 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN MAA-AJONEUVOJEN SUORITEVAATIMUKSET /9/



Kuva 5. 1 UGV:n tarvitsemat teknologia-alueet /9/

### 5.1 Autonominen käyttäytyminen

Jotta täysin itsenäisiä miehittämättömiä ajoneuvoja voidaan tavoitella, täytyy laitteiden kyetä kulkemaan, aistimaan ja vaikuttamaan ympäristöönsä siinä määrin, että annettu tehtävä voidaan suorittaa. Välttämätöntä on myös, että ajoneuvo on varustettu riittävällä älyllä, joka ymmärtää tehtävän ja pystyy käsittelemään sensorien ympäristöstä välittämää tietoa. Tämän lisäksi ohjausjärjestelmän pitää tarvittaessa pystyä muuttamaan reittisuunnitelmaa siten, että tehtävä tulee suoritettua eteen sattuvista mahdollisista esteistä huolimatta. Edelleen on tärkeää, että ajoneuvo osaa tarkkailla omaa kuntoaan ja optimoimaan kykyään suorittaa tehtävä alusta loppuun. Miehittämättömien kulkuneuvojen tulee kyetä kommunikoimaan ihmisten, muiden miehittämättömien kulkuneuvojen ja komentokeskuksen kanssa. Miehittämättömän ajoneuvon

autonominen käyttäytyminen jakautuu havainnointiin, navigointiin, suunnitteluun, käyttäytymiseen ja taitoihin sekä oppivuuteen ja mukautuvuuteen.

### 5.1.1 Havainnointi

Havainnointiteknologiasta puhuttaessa tarkoitetaan **sensoreita, tietokoneita ja ohjelmistomoduuleita**, jotka ovat keskeisiä UGV:n kyvyille liikkua paikasta toiseen ja tiedostaa ympäristöään. Kyky havainnoida ympäristöä on elintärkeää miehittämättömän maa-ajoneuvon autonomisen liikkuvuuden kannalta. Ajoneuvon täytyy pystyä käyttämään siihen kiinnitettyjen sensorien välittämää dataa, jotta se kykenee tunnistamaan ja välttämään suunnitellun reitin eteen tulevia esteitä. On tärkeää, että sensorien ja tietokoneiden välittämää tietoa pystytään jäsentelemään riittävän nopeasti, jotta ajoneuvo kykenee huomioimaan ajoissa esteet ilman, että sen liikenopeus tai tehtävän suorittaminen häiriintyisi. Mitä kovempaa vauhtia ajoneuvo etenee, sitä kauempaa sensorien on kyettävä tunnistamaan väistettävät kohteet - samoin tietokoneiden on sitä nopeammin pystyttävä prosessoimaan tulevaa tietoa ja muokkaamaan ajoneuvon reittiä. Nykyisillä järjestelmillä kyetään tunnistukseen pisimmillään noin sadan metrin etäisyydeltä kun tarve taas olisi 1000 metriä.

Haasteita havainnoinnille asettavat eri sääolosuhteet sekä vuorokaudenajan vaihtelut. Eri maastonmuotojen ja ihmisten rakentamien monimutkaisten konstruktioiden (esim. liikuttaessa rakennusten sisällä) havaitseminen ja liikuntakyvyn säilyttäminen niissä on myös haasteellista. UGV:n on pystyttävä selviytymään sekä ns. positiivisista (esim. kivet ja puut) että negatiivisista esteistä (kuten ojat ja kuopat). Suurimman haasteen esittävät kulkukelvottomat maastot, kuten vesistöt, suot ja pehmeä mutamaa. Nämä ovat hyvin vaikeita tunnistaa sensorein: ihmissilmäkään ei tällaisissa tilanteissa välttämättä osaa erottaa maan koostumusta pintarakenteen alla. Tämä on Suomenkin osalta erittäin huomionarvoinen seikka huomioon ottaen maamme maaston koostumuksen monipuolisuuden.

Tiellä ja maastossa kulkeminen edellyttävät ajoneuvolta erilaisia valmiuksia, joita on eritelty taulukossa 5.1. Taulukossa on lueteltu havainnointiin liittyviä tehtäviä, joita järjestelmiltä edellytetään.

**Taulukko 5. 1 Järjestelmän havainnointi tiellä ja maastossa /9/**

<b>On-road/Tiellä</b>	<b>Off-road/Maastossa</b>
Löytää ja seuraa tietä	Seuraa suunniteltua reittiä taktisesti pakotettuna
Havaitsee ja välttää esteet	Löytää liikumiskelpoinen reitti, joka tukee suunnitelmaa
Havaitsee ja seuraa muita kulkuneuvoja	Havaitsee ja välttää esteet
Havaitsee ja tunnistaa maamerkit	Tunnistaa maastonmuodot tai kohteet, jotka antavat suojaa, auttavat piiloutumaan, selvittävät sijaintia. Havaitsee ja tunnistaa muut ajoneuvot ja jalkaväen

### 5.1.2 Navigointi

Miehittämättömän maa-ajoneuvon navigointi on ongelmallista, koska tämä osa-alue on läheisesti tekemisissä muiden autonomian reunaehtojen kanssa. Navigointi toimii ristikkäin sellaisten alueiden kuten havainnoinnin, käyttäytymisen, ihmis-robotti-interaktion ja kommunikoinnin kanssa. Navigointi tarkoittaa laitteen kykyä paikantaa itsensä sekä sijoittautua ja suunnistaa maastossa. Tällä hetkellä yleisin käytössä oleva navigointijärjestelmä on GPS (Global Positioning System)/INS (Inertial Navigation System). GPS:n tarkkuus on heikoimmillaan 10 - 20 metriä.

### 5.1.3 Suunnittelu

Suunnittelun eri osa-alueita ovat reitin suunnittelu ja tehtävän suunnittelu. Reitin suunnittelu käsittää liikkumisen lähtöpisteestä perille asti. Tarkoituksena on välttää reitillä eteen tulevat esteet. Reitinsuunnittelualgoritmiin syötetään geometrinen kartta ympäristöstä (tulevaisuudessa tähän karttaan on mahdollista ympätä myös maaston koostumus), johon on merkitty positiiviset ja negatiiviset maastonmuodot. Ympäristö kuitenkin usein tunnetaan vain osittain, jolloin eteen tulevat esteet päivittyvät reittisuunnitelman kartalle ajoneuvon edetessä; tällöin reittiä on mahdollisesti muutettava. Reittisuunnitteluteknologia on riippuvainen sekä havainnointi- että navigointiteknologioiden kehitymisestä.

Autonominen tehtävän suunnittelu menee reitin suunnittelua pitemmälle. Se tarkoittaa autonomisen UGV:n kykyä määrittellä itselleen paras vaihtoehto suorittaa annettu tehtävä. Tässä olennaista on, että UGV pystyy huomioimaan vihollistilanteen, maaston

ominaisuudet, esteet ja sääolosuhteet. Samoin omien joukkojen tilanne on huomioitava. Nämä kaikki tukevat UGV-taistelijan käsitystä kokonaistilanteesta. Sotilaalliseen tietämykseen kuuluvat taktiikka, tekniikat ja aiemmin määritellyt menettelymallit. Oleellisia tietoja tehtävän suunnittelun kannalta ovat myös tiedot omien joukkojen rakenteesta, tehtävän tarkennetut toimintaohjeet, ohjausgrafiikka, tiedot vihollisesta, logistiikka ja erikoisohjeet (esim. kommunikaatioprotokollat ja hyökkäyksen toteutus). Robottien tehtävänsuunnittelukyvyt ovat tällä hetkellä vielä lapsen kengissä; suurin osa tutkimuksesta keskittyy vielä reittisuunnitteluun.

#### 5.1.4 Käyttäytyminen ja taidot

Ohjelmistot, jotka säätelevät UGV:n käyttäytymistä, yhdistelevät tietoja havainnoinnista, navigoinnista ja suunnittelusta ja muuntavat ne toimintakäskyiksi. Tietynlaisiin vaikutteisiin kykenevät käyttäytymismallit riippuvat UGV:n tehtäväkohtaisesta varustelusta ja operatiivisista tarpeista. Ne siis vaihtelevat tehtävän mukaan. Sotilas-taktinen käyttäytyminen on olennaista, jotta UGV voi toimia taistelukentällä. Toinen käyttäytymismoodi liittyy miehittämättömien ajoneuvojen yhteistoimintaan ja verkko-keskeiseen sodankäyntimalliin. Yhteistoiminta mahdollistaa UGV:eiden suorittaa tehtäviä toisten miehittämättömien systeemien kanssa.

UGV:n taktinen käyttäytyminen sisältää ohjelmistoja, jotka suorittavat ja ohjailevat tehtävän kannalta olennaisia toimintoja (kuten sensorien ja työkalujen toimintaa). Sotilaskäytössä olevan UGV:n kohdalla määritelmää on laajennettava kattamaan sotilasprotokollasta juontuvia käyttäytymismalleja, joita käytetään taktisessa sodankäynnissä. Taktista käyttäytymistä joudutaan ehkä muokkaamaan tehtävän tarpeisiin tai kulttuurillisten, poliittisten tai taloudellisten edellytysten mukaisiksi. Nämä vaikuttavat siihen, kuinka UGV:t taktisesti toimivat, ryhtyvät taisteluun, kommunikoivat, tekevät väistöliikkeitä ja oppivat. Asevaikutustehtäviä omaavien UGV:eiden kohdalla taktiseen käyttäytymiseen on sisällytettävä kyky maalin kohdentamiseen, taisteluun osallistumiseen ja vahinkojen arvioimiseen.

Termiä robottien yhteistoiminnallinen käyttäytyminen käytetään, kun monta ajoneuvoa osallistuu tietyn tehtävän suorittamiseen olemalla vuorovaikutuksessa keskenään. Näiden järjestelmien kehitys on alkuasteella ja vaatii vielä suuria taloudellisia panos-

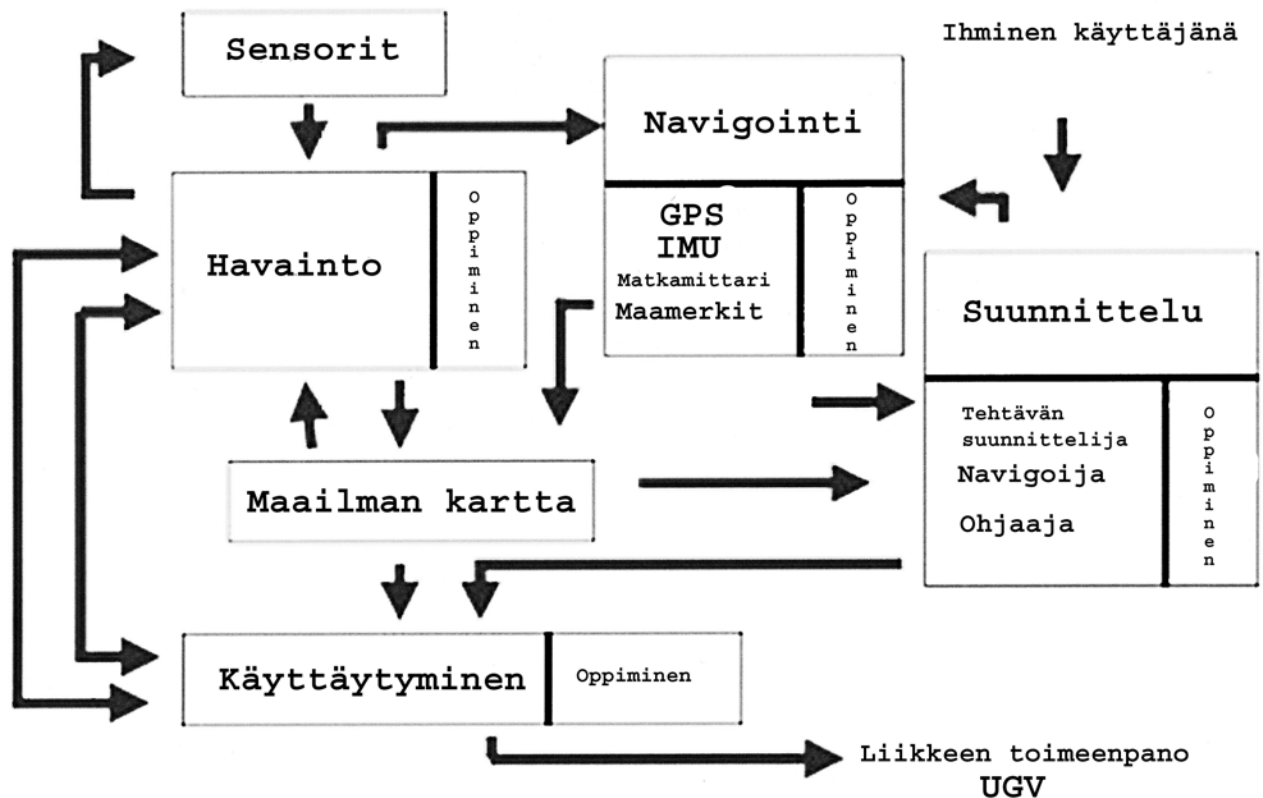
tuksia ja valmiita tuloksia on odotettavissa noin 10–15 vuoden sisällä. Sotilaalliset tehtävät tarjoavat monia mahdollisuuksia käyttää hyväksi yhteistoiminnallista käyttäytymistä, mukaan lukien:

- alueellinen valvonta
- kommunikaatioverkkona toimiminen
- maalin paikantaminen
- tykistökeskityksen osuman paikantaminen
- kamerakollaasin rakentaminen

### 5.1.5 Oppivuus ja mukautuvuus

Termiä ”oppivuus” käytetään usein samassa merkityksessä kuin jo aiemmin havainnoinnin yhteydessä käsittelemääni kykyä havaita tai aistia. Oppimisen/mukautumisen teknologia-alue sisältää hermostollisen verkoston, sumealogiikkaa, geneettisiä algoritmeja ja mukautuvat ohjaimet. Kolme ensimmäistä kohtaa yhdistetään yleensä keinoälyyn ja neljäs puolestaan ohjausteoriaan.

Kuvassa 5.2 miehittämättömän maa-ajoneuvon autonomisen käyttäytymisen edellytykset ja vaiheet on koottu kaavion muotoon.



Kuva 5. 2 Autonominen käyttäytyminen /9/

## 5.2 Ominaisuudet (alusta)

### 5.2.1 Ihmisen ja robotin vuorovaikutus

Ihmisen ja robotin vuorovaikutus (Human Robotic Interaction, HRI) liittyy siihen, miten älykkäät toimijat työskentelevät yhdessä jonkin järjestelmän puitteissa. Kyse ei ole siis tavanomaisesta käyttäjakeskeisestä tietojenkäsittelystä, jossa tietokone vain täydentää ihmisen kykyjä. Vaikka HRI kattaa paljon laajemman makrokosmoksen kuin käyttäjakeskeinen malli, oletetaan, että tulevaisuudessa käyttäjakeskeisiä käyttöliittymiä käytetään myös HRI:n osana. HRI on kytköksissä keinoälyn kehittelyyn siten, että päämääränä on saavuttaa robotti, joka toimisi täysin autonomisesti ilman minkäänlaisia yhteyttä ihmiskäyttäjään.

HRI on erityisen olennainen seikka Future Combat Systemsin kehittämissä, koska se keskittyy siihen, kuinka ihmiset voivat olla vuorovaikutuksessa useiden robottien kanssa (etenkin stressaantuneina tai väsyneinä), miten vastualueita voidaan tehokkaasti jakaa ihmisten ja koneiden kesken ja kuinka epävarmuuden ja informaation tulvan vaikutuksia voidaan lievittää. HRI:stä on apua, kun pyritään vähentämään harjoitusaikoja ja kehittämään yhteistä vuorovaikutuksen tapaa, kun käyttäjän oletetaan ohjaavan UGV:tä. HRI luokitellaan kuuteen osaan: kommunikaatio, mallinnus, tiimi-työskentely, käytettävyyden ja luotettavuus, hallitsevat sovellukset sekä käyttäjät. Etenkin Euroopassa ja Japanissa HRI on erityisen kiinnostuksen kohteena sen robottipalvelusektorille tarjoamien mahdollisuuksiensa takia. Ruotsi (Kerstin Severinson-Eklundh) on tällä alueella johtavassa asemassa. Aihealuetta on kuitenkin tutkittu vielä melko vähän.

### 5.2.2 Liikkuvuus

Liikkuvuudella (mobiilisuudella) kuvataan robotin kykyä kulkea vaikeakulkuisessa maastossa. Useistakin syistä UGV:lla täytyy olla erinomaiset liikkumisvalmiudet:

- Hyvä liikkuvuus minimoi havaitsemisen vaaraa.
- Aikaa ei kulu helpomman reitin etsimiseen.
- Tehtävän salassa pysymisen kannalta paras reitti ei ole aina maastollisesti helpoin.
- Hyvä liikkuvuus estää jumiin jäämisen ja siten ihmisavun tarpeen.

Suurin osa UGV:eista voidaan luokitella kolmeen eri liikkuvuustyyppiin: ajoneuvo voi liikkua pyörin, teloin tai hybridisesti (eli pyörä-tela-yhdistelmä). Pyörillä liikkuvat ajoneuvot ovat yksinkertaisimpia, hiljaisimpia ja luotettavimpia. Tela-ajoneuvoilla on parempi pito liikuttaessa ja ne eivät vajoa niin helposti (esim. mutapellot tai lumi) kuin pyörälliset. Ne ovat kuitenkin alttiimpia hajoamaan ja yleensäkin kovaäänisempiä.

On useita kriteereitä, joiden mukaan UGV:n liikkuvuutta voidaan arvioida. Erillisten esteiden ylittämisen yhteydessä olennaista on kyky puun runkojen, kantojen ja aukkojen ylitykseen, kahlata vesistöjen yli, pystysuoran askelman ylittämiseen sekä puiden ja kantojen välttämiseen. Joka maaston liikkuvuuden kriteereihin kuuluvat hevosvoi-



mat per 500 kg, akselin kääntymä, painejakauma maata vasten, eteen/taaksepäinkallistuskulma ja sivuttainen kallistuskulma. Ajoneuvon käyttökohde ja sille annetut tehtävät tietenkin vaikuttavat liikkuvuuteen ja siihen, millaista liikkuvuutta siltä odotetaan.

### 5.2.3 Kommunikaatio/yhteydenpito

Nykyiset sotilasdatalinkit, jotka tukevat UGV:n kommunikaatioita kehitettiin lähettämään tietynlaista informaatiota alustalta toiselle. Nämä kommunikaatiokanavat ovat tämänhetkiseen ja tulevaan UGV-käyttöön yleensä logistisesti monimutkaisia. Viimeisten 15 vuoden aikana kaupallinen siviiliteollisuus on panostanut valtavasti tietoverkkoihin (esim. Nokia ja muut telekommunikaatiojärjestelmien valmistajat). Internet on tietenkin ollut kärjessä maailman verkostoitumiskehityksessä ja kaikenlaisen kommunikaation nopeutumisessa ja paranemisessa. Internet on kuitenkin luonteeltaan avoimuuteen ja tietojen vapaaseen jakamiseen perustuva, joten se ei sovellu sotilaskäytön tarpeisiin. Ajoneuvon käyttökohteet määrittävät pitkälti siltä vaadittavaa kommunikaation tasoa.

### 5.2.4 Voima/energia

Energialähteet UGV-järjestelmissä vaihtelevat ajoneuvon koon ja käyttötarpeen mukaan. Pienemmissä järjestelmissä energianlähteenä voivat toimia patterit tai ladattavat akut. Suuremmissa järjestelmissä energiahuolto voidaan hoitaa tankattavalla dieselillä tai erilaisilla hybridisähköjärjestelmillä. Tehtävän menestyksellinen suorittaminen on lähtökohta, josta kaikki laitteeseen valittavat teknologiset ratkaisut tehdään – myös energiansaannin osalta.

Robotin energiaratkaisun täytyy tukea laitteen liikkuvuutta, taloudellisuutta ja hyötykuorman energiansaantia. Tällä hetkellä pitkäkestoiset, energian saannillisesti hankalat tehtävät muodostavat mahdottoman yhtälön nykyisillä energialähteillä. Tällä hetkellä käytössä olevien sähköjärjestelmien hyötysuhde on riittämätön laitteiden kokoon nähden. Lupaavilta näyttävät litium-polymeeriakut, joiden käyttöikä on kuitenkin melko lyhyt.

Lyhyt yhteenveto energiajärjestelmistä on koottu taulukoksi 5.2.

<b>Taulukko 5.2 Energiajärjestelmiä /9/</b>						
<b>Voiman lähde</b>	<b>Kehitys-potentiaali</b>	<b>Avain-kysymykset</b>	<b>Potentiaalisuus UGV:lle</b>	<b>Havaittavuus</b>	<b>Polttoaine</b>	<b>Operatiivisen käyttösyklin kesto</b>
Ensiöakut	Keskin-kertainen	Energiatiheys Turvallisuus Ympäristöystävällinen Edullinen	Sopiva pienille UGV:lle Vähemmän painoa Kertakäyttöinen	Minimaalinen	Ei ole	Tunteja/päiviä
Toisioakut	Keskin-kertainen	Energiatiheys Kierrätysaika	Isoja teollisia sijoituksia Oleellinen hybridijärjestelmille	Minimaalinen	Ei ole	Tunteja
Polttokennot (Vety)	Erinomainen	Uudistuva polttoaine (vesi) Turvallisuus	Hyvä potentiaalisuus Suuri teollinen mielenkiinto Vähemmän painoa Polttoaineen säilöntä-ongelmat	Lämpö	Vety	Päiviä/viikkoja
Polttokennot (Metanoli)	Erinomainen	Polttoaine ja polttoaineristeytys Katalysaattori	Hyvä potentiaalisuus Edellyttää uuden polttoaineen	Lämpö	Metanoli	Päiviä/viikkoja
Ydinvoima isotooppi	Erinomainen	Turvallisuus Ympäristövaikutukset Hinta Yleisön hyväksyntä	Hyvä potentiaalisuus Kestää laitteen eliniän	Lämpö/ säteily	Spesiaali	Kuukausia/vuosia
Sisäinen polttaminen	Keskin-kertaisesta erinomaiseen	Polttoaineet Värähtely Elinaika	Nykyään laajasti käytetty Kriittinen hybridijärjestelmissä	Lämpö/ akustinen	Moninainen	Päiviä/viikkoja
Ulkonainen polttaminen	Erinomainen	Heikosti määritelty	Uusi häivetekniikka mahdollisuus Kehittymätön suurissa energiatarpeissa Painava	Lämpö	Moninainen	Päiviä/viikkoja

### 5.2.5 Toimintakyvyn säilyttäminen

Toimintakyvyn säilyttäminen sisältää itsemonitorointia, diagnostiikkaa ja korjaamisvalmiuksia. Toimintakyvyn säilyttämisellä on kahtalainen luonne. Toinen puoli siitä on tehdä robotti fyysisesti kestävämmäksi, toinen taas liittyy komponenttivikojen tunnistamiseen, diagnosoimiseen ja niistä toipumiseen. Sellaiset viat, kuten moottorin ylikuumentuminen, kommunikointiyhteyksien katkeaminen tai renkaan puhkeaminen ovat ennakoitavissa ja ehkäistävissä vahvistamalla laitteiden rakennetta. Nämä ongel-

mat eivät kuitenkaan ole erityisen tyypillisiä juuri miehittämättömille järjestelmille. Miehittämättömien järjestelmien toimintakyvyn säilyttämiseen tarkoitettut teknologiat ratkaisevat ongelmia tai vikoja, jotka ovat nimenomaan UGV-järjestelmille. Tämä tarkoittaa erityisesti teknologioita, jotka on suunniteltu ehkäisemään tai lievittämään vikoja robottiajoneuvojen sensoreissa ja sähköjärjestelmissä.

### 5.3 Tehtävät

Miehittämättömien järjestelmien kehitys perustuu ideaan teettää niillä ihmiselle vaarallisia tai epämieluisia tehtäviä. Miehittämättömiä ajoneuvoja tarvitaan maavoimissa toteuttamaan luotettavasti, turvallisesti ja nopeasti sellaisia tehtäviä, joissa henkilökäyttäjän turvallisuus on uhattuna. Niitä käytetään myös tehostamaan tiedonkulkua.

Miehittämättömien järjestelmien erityispiirre on niiden kyky kuljettaa sensoreita ja muita laitteita paikkoihin, joihin henkilöstö ei mainitun mahdollisen uhan takia voi mennä. Sensorit voivat olla luonteeltaan varoittavia, havaitsevia tai tunnistavia. Muunlaisia laitteita, joita miehittämättömät ajoneuvot voivat kuljettaa, ovat esimerkiksi rai-vaimet, aseistukset asevaikutustehtäviä varten ja muut toimenpiteitä kohteelle suorittavat laitteet: käyttökohteet ja -mahdollisuudet ovat hyvin moninaiset.

Toimintaympäristö asettaa huomattavia rajoituksia miehittämättömien maa-ajoneuvojen käyttömahdollisuuksille. Ympäristön keskeisin tekijä on maasto, joka vaikuttaa laitteen liikkuvuuteen. Näin UGV:iden kehittämisessä otetaan jo lähtökoh- taisesti huomioon erilaiset mahdolliset toimintaympäristöt, kuten metsät ja muut peit- teiset maa-alueet, pellot ja muunkaltaiset avoimet maa-alueet, rakennetut alueet, ra- kennukset ja niiden erityisestee, kuten esimerkiksi huonekalut sekä erikoisympäristöt, kuten lentokoneet. Myös liikenteen seassa liikkuminen, ihmiset mukaan luettuna, aset- taa omat haasteensa; voidaankin sanoa, että mitä moninaisempi ympäristö on kysees- sä, sitä hankalampaa on miehittämättömän ajoneuvon liikkuminen turvallisesti.

## 6 VERKKOSODANKÄYNTI /9/

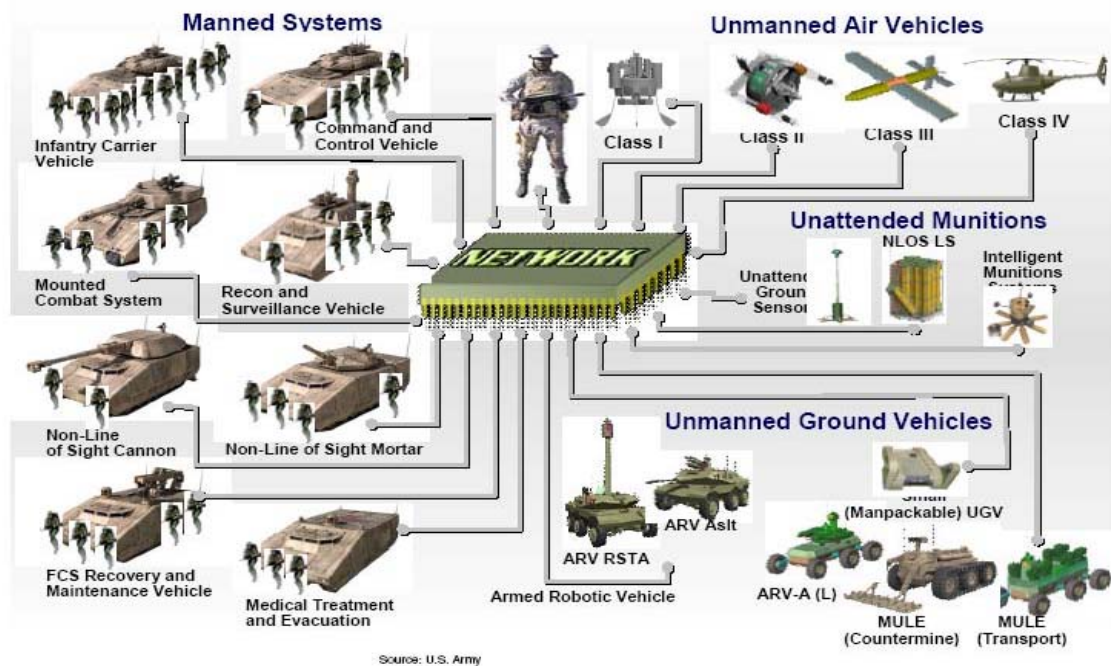
Pyrkimys verkkokeskeiseen sodankäyntitapaan on tämän hetkisen kehityksen suunta ja se määrittelee pitkälti myös miehittämättömien maa-ajoneuvojen kehitystyön rajapintoja. Verkkokeskeisessä sodankäynnissä sensorit, operaattorit, päätöksentekijät ja analyysijärjestelmät liittyvät tiedonsiirtoverkon avulla toisiinsa ja (ase)vaikutusjärjestelmiin. Yhdysvaltain puolustusministeriön alainen hanke Future Combat Systems (FCS) on laajin ja kattavin verkkokeskeiseen sodankäyntiin keskitynyt yleissuunnitelma, josta miehittämättömät maa-ajoneuvot muodostavat osansa.

### 6.1 Future Combat System (FCS) /5/

FCS-konseptin tarkoitus on korvata massa ylivoimaisella tiedonvälitysjärjestelmällä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sen sijaan, että jyrättäisiin vihollinen voimalla ja kestättäisiin vihollisen iskut luottamalla raskaaseen panssarointiin, pyritään havaitsemaan ja tuhoamaan vihollinen ensin. Tämä asettaa myös laitteille uudenlaisia suoritekykyvaatimuksia, mikä taas näkyy niiden muuttumisessa kevyemmiksi ja nopeammiksi. Kunnianhimoinen tavoite on kehittää ”järjestelmien järjestelmä” eli laaja tietoverkko, joka yhdistää useita eri laitteita/kalustoa yhtenäisesti toimivaksi asejärjestelmäksi.

FCS on suurin ja kallein hanke, johon Yhdysvaltain armeija on koskaan ryhtynyt, mikä kertoo siihen kohdistuvista korkeista odotuksista. FCS:n keskeinen ajatus on pyrkiä tekemään enemmän vähemmällä: nykyisen raskaan armeijan tuhovoiman ja selviytymiskyvyn ylläpitäminen, ja tähän yhdistettynä moninkertaisesti kevyemmän voiman kestävyys ja vastaavuus ovat FCS:n idean ytimessä. Jos se onnistuu, ohjelma nostaa aseiden ja alustojen yksittäisiä kykyjä ja toimintamahdollisuuksia sekä mahdollistaa laitteiden keskinäisen ja ristikkäisen käytettävyyden ja ns. avoimet järjestelmämallit. Tämä on huomattavaa kehitystä entiseen, ylivoimaisten yksittäisten aseiden rakennukseen perustuvaan lähtökohtaan.

## FCS System-of-Systems



Kuva 6. 1 Future Combat System - verkkosodankäynti /4/

Järjestelmän tarkoituksena on, että sen perusteella toimiva yksikkö on nopeasti toimittavissa paikasta toiseen esimerkiksi rahtilentokoneella, mikä rajoittaa laitteiden kokoa jo sinällään. Samoin vaatimukset kommunikaatiolle, nopealle ja laajalle tiedonsiirrolle ovat aivan eri luokkaa kuin aikaisemmin.

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen rooli FCS:ssa on toimia liikkuvina verkkokeskuksina sekä hankkia informaatiota ympäristöstä. Ne toimivat etulinjassa tai muuten ihmiselle mahdollisesti vaarallisissa paikoissa tunnistuen kohteita, suorittaen niille ohjelmoituja tehtäviä sekä välittäen tietoa yleisesti. DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) on taho, joka vastaa miehittämättömien ajoneuvojen kehityksestä tässä projektissa.

## 7 KEHITYSTYÖ

### 7.1 Kehitystyö maailmalla

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen kehittämistyössä liikkuu suuria rahamääriä sen tulevaisuuden potentiaalin vuoksi. Tässä työssä ei ole pystytty kartoittamaan kaikkia, tai edes suurinta osaa, kehittäjätahoista, mutta mainitaan kuitenkin muutama tärkeimpien joukkoon lukeutuva yritys tai muu yhteisö. Jälleen kerran amerikkalaiset tahot nousevat etusijalle; ne ovat näkyvimpiä toimijoita tällä kentällä sekä kaupallisesti että armeijan julkisten dokumenttien osalta.

Kehitystyössä on mukana seuraavia tahoja:

- DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency. Yhdysvaltain puolustusvoimien tutkimus- ja kehitysosasto
- Omnitech Robotics
- Foster-Miller
- Lockheed Martin
- General Dynamics Corp.
- Yhdysvaltain puolustusministeriön alaiset useat tutkimuslaitokset.

Kehitystyötä miehittämättömien ajoneuvojen saralla tehdään kansallisesti paljon myös Yhdysvaltain ulkopuolella. Kansainvälistä yhteistyötä tehdään laajenevissa mitoissa. Eräs tärkeimmistä yhteistyöfoorumeista muodostuu Formal Data Exchange Agreements (DEAs) -sopimuksista, jotka keskittyvät tiedon jakamiseen Yhdysvaltain ja sen kumppaneiden välillä. Verkostoon kuuluvat Australia, Kanada, Ranska, Saksa, Israel, Japani, Alankomaat, Iso-Britannia ja Singapore.

#### 7.1.1 DARPA /1/

Miehittämättömien maajärjestelmien kehityksen alkuvaiheilla oloa kuvastaa hyvin, että DARPA eli Defense Advanced Research Projects Agency (Yhdysvaltain puolustusvoimien tutkimus- ja kehitysosasto) järjestää joka vuosi kilpailun yhdysvaltalaisille yrityksille, yhteisöille ja yksityisille henkilöille. Kilpailun tarkoituksena on, että tekoälyn varassa olevien maa-ajoneuvojen tulisi kulkea ennalta määrätty reitti mahdolli-

simman nopeasti. DARPAlla on ollut sormensa pelissä myös Stealth-hävittäjän ja Internetin kehityksessä.

Tällä tavalla DARPA pystyy hyödyntämään yritysten ja yksityisten voimavarat tuotekehityksessä. Ideana on, että joku ulkopuolinen voi keksiä käytännössä ilmaiseksi jotakin sellaista, minkä kehittämiseen puolustusvoimien omassa yksikössä saattaisi palaa miljoonia dollareita.

Vuonna 2004 DARPA Grand Challenge sijoittui aavikolle. Reitti oli noin 230 km pitkä, ja siinä oli paljon luonnollisia ja keinotekoisia esteitä. Kilpailureittiin sisältyi niin päällystettyjä kuin päällystämättömiä teitä sekä huonoja tieuria ja kokonaan raivaamattonta maastoa. Reitille voi osua ylitettäviä vesiesteitä, tunneleita, jyrkkiä mäkiä ja ahtaita kapeikkoja. Lähtökohta kuitenkin oli, että esteet voisi kiertää tai ylittää aivan tavallisella maastoajoneuvolla.

Ajoneuvojen tulee toimia täysin itsenäisesti. Sen jälkeen kun kilpailevat ajoneuvot on lähetetty vuorotellen matkaan, joukkueiden jäsenet muuttuvat pelkiksi sivustaseuraajiksi. Minkäänlaista ääni-, valo- tai radio-ohjausta kilpailuvälineelle ei sallita, vaan niiden tulee kulkea kisareitillä koordinaatteja sisältävän tiedoston avulla, joka jaetaan joukkueille vähän ennen lähtöä. Suunnistukseen ajoneuvot saavat käyttää saatavilla olevia navigointijärjestelmiä, kuten esimerkiksi GPS-paikanninta, mutta reitti on valittu siten että välillä eteen tulee katvealueita, jolloin ajoneuvon tekoälyn tulee suoriutua siitä ilman GPS:n apua.

Vuonna 2004 kilpailuun haki 106 osallistujaa, joista 15 hyväksyttiin itse kilpailuun. Mikään ajoneuvoista ei suorittanut 230 kilometrin reittiä, vaan paras ajoneuvo pääsi 12 kilometrin päähän lähtöpaikasta. Keskeytyksien syitä olivat mm., että ajoneuvo jäi jumiin, toinen ei osannut kiertää jalkapallon kokoista kiveä ja kolmas ei uskaltanut painaa kaasua riittävästi päästäkseen mäen ylös. Miljoonan dollarin palkinto jäi siis jakamatta.

## 7.2 Kehitystyö Suomen osalta

Tämä Suomen Puolustusvoimien UGV-tarpeita pohdiskeleva luku perustuu pitkälti käytyihin keskusteluihin ja sähköpostitse tapahtuneeseen viestien vaihtoon eri asiantuntijatahojen kanssa (liitteet 2 ja 3). Kehitystyötä Suomen osalta kartoitin kahdesta suunnasta: kotimaisen teollisuuden edustajien näkökulmasta sekä Suomen puolustusvoimien kantahenkilökuntaa haastatteleamalla. Teollisuuden edustajilla ja Puolustusvoimilla on toisistaan jonkin verran eroavat näkemykset miehittämättömien maaajoneuvojen tulevaisuuden kehitysnäkymistä.

### 7.2.1 Puolustusvoimat

Puolustusvoimat näkee miehittämättömien maaajoneuvojen tulevat tarpeet lähinnä kahdessa luokassa. Ensinnäkin hyödyllisiksi koetaan kevyet ajoneuvot, joiden tehtävänä on pääasiassa tukea tiedustelu- ja pioneeritehtäviä. Tiedustelutehtävät tulevat kyseeseen erityisesti asutuskeskustaisteluissa. Ajoneuvot ovat yleensä teleoperoituja eikä niillä tarvitse olla autonomisia kykyjä. Pioneeripuolella tehtävät painottuvat lähinnä pomminpurkamiseen sekä raivaustehtäviin. Tämänkaltaiset järjestelmät otetaan käyttöön myös Suomessa, kun järjestelmien hinta laskee massamaisen valmistuskapasiteetin myötä. Ensimmäisenä laitteita hyödyntävät pioneerijoukot, mutta myös jalkaväen tiedustelutehtävissä nähdään miehittämättömiä laitteita vuoteen 2015 mennessä. Tällä hetkellä aktiivisessa käytössä olevia laitteita ei vielä ole.

Toinen potentiaalisesti koettu osa-alue ovat erilaiset materiaalien kuljetukseen, tiedusteluun ja valvontaan kehitetyt miehittämättömät järjestelmät. Nämä ovat pieniä ajoneuvoja, joissa on jo autonomisia ja älykkäitä ratkaisuja. Laitteiden tehtävät ovat erityisesti yksinkertaisia, tylsiä, likaisia, vaarallisia sekä ihmiselle riskialttiita toimintoja. Nimenomaan Suomen kohdalla erityisesti tärkeiden kohteiden valvontatehtävät ja mahdollisesti erityistapauksissa materiaalitäydennykseen liittyvät huoltotehtävät tulisivat kysymykseen. Näiden laitteiden käyttökelpoisuus on Suomen osalta vähäisempi kuin edellä mainittujen kevyiden ajoneuvojen. Ensimmäiset järjestelmät tulevat puolustusvoimien mukaan koekäyttöön aikaisintaan vuonna 2015.



Kolmannen luokan, eli raskaiden, panssaroitujen ja tunkeutumiskyvyn omaavat järjestelmät eivät ole Suomen kaltaiselle liittoutumattomalle maalle kovin todennäköisiä. Järjestelmät ovat hyvin kalliita ja vaativat monimutkaisen operointijärjestelmän. Suomessa ei ole teknisiä eikä taloudellisia resursseja tämänkaltaisten laitteiden hankkimiseen tai kehitystyöhön. Kehitystyöhön voisivat osallistua sellaiset yritykset kuten Patria, Instrumentointi ja TKK.

Puolustusvoimissa kotimaisen teollisuuden rooli miehittämättömien järjestelmien kehittämistyössä nähdään ensisijaisesti järjestelmien modifioinnissa ja jatkokehityksessä. Itsenäisessä kotimaisessa kehitys- ja valmistustoiminnassa ei taloudellista kannattavuutta ja mielekkyyttä haastattelemani puolustusvoimien edustajan mukaan juuri nähdä.

Euroopan Unionin sisällä tähän osa-alueeseen liittyvästä kehittelystä vastaa hiljan perustettu EDA (European Defence Agency), joka on tehnyt peruskartoitusta miehittämättömistä järjestelmistä. Tämä kartoitus on kuitenkin liittynyt ainoastaan ilmaratkaisuihin. Kokonaisuudessaan alan kehitystyö on alkutekijöissään yhteiseurooppalaisella tasolla, joten virallista linjaa EU:lla ei vielä ole.

#### 7.2.2 Teollisuuden näkökulma /7/,/8/

Teollisuuden edustajien näkymät ovat lähtökohtaisesti hieman erilaiset. Teollisuuden ja tutkimuslaitosten vuonna 2004 lanseeraaman miehittämättömien järjestelmien teknologiaohjelma on avaus aloittaa kehitystyö kotimaisen teollisuuden osalta, yhteistyössä puolustusvoimien kanssa. Teollisuusyrityksistä mukana ohjelmassa ovat mukana Patria, Instrumentointi Oy, TKK, VTT sekä TietoEnator Oyj. Ohjelman tarkoituksena oli luoda ”suomalaisiin lähtökohtiin ja reunaehtoihin soveltuva autonomisten järjestelmien roadmap, joka pyrkii kuvaamaan ja ennakoimaan alan teknologista kehitystä seuraavan 10-15 vuoden aikana. Erityisesti analysoidaan suomalaisen teollisuuden mahdollisuuksia ja järjestelmien koostamiseen tarvittavaa kehityspolkua ko. järjestelmien kotimaisen tuotannon osalta.” /7/

Painopiste on liikkuvien, uudelleenkäytettävien ja autonomia-asteeltaan korkeiden järjestelmien kehittämisessä. Ohjelman päämääränä on kehittää kotimaista teollisuutta ja

sen kansainvälistä kilpailukykyä alueella. Tärkeäksi kohdaksi koetaan paitsi laitteiden kehittäminen myös niiden ylläpito kautta niiden elinkaaren. Kehitystyö perustuu erityyppisten ja kokoisten miehittämättömien järjestelmien pitkälti yhteiseen teknologiseen taustaan. Tämä mahdollistaa laitteiden modulaarisen rakenteen, mikä puolestaan tuottaa synergiaetuja järjestelmien tutkimuksessa ja tuotekehityksessä.

### 7.2.3 Esimerkkejä teollisuuden ratkaisuksista

Tässä luvussa esitellään joitakin kotimaisen teollisuuden tähänastisista sovelluksista ja kehityshankkeista, joista voisi mahdollisesti olla hyötyä Puolustusvoimien miehittämättömien järjestelmien kehityssuunnitelmille. Ne ovat joko sinällään valmiina laitteina mielenkiintoisia ratkaisuja tai sitten niitä on mahdollista modifioida Puolustusvoimien omiin tarpeisiin.

#### **AutoMine**

Sandvik Tamrockin AutoMine-järjestelmä (liite-CD) on yhtiön ratkaisu automaattiseen malmin kuljetukseen louhoksilla. Järjestelmä koostuu modulaarisista alajärjestelmistä navigointia, tietoliikennettä sekä liikenteenohjausta varten. Järjestelmä toimii puoliautonomisesti ja sitä voidaan käyttää myös teleoperoidusti. Järjestelmän ominaisuuksiin kuuluvat:

- yksi operaattori hallitsee useita koneita
- täysautomaattinen koneiden liikkuminen (navigointi)
- täysautomaattinen lastinpurku
- koneiden teleoperointimahdollisuus
- täysautomaattinen liikenteenohjaus
- audio/video-yhteys koneiden ja operaattorin välillä
- automaattinen kunnan ja tuotannon valvonta
- tuotantoalueen aktiivinen eristys ja valvonta
- rajapinnat ulkoisiin järjestelmiin
- käyttää Toro-lastauskoneita ja -dumppereita



**Kuva 7. 1 AutoMine-dumpperi /liite-CD/**

AutoMinen **ohjausjärjestelmä** voisi hyvin soveltua Puolustusvoimien tarpeisiin erinäisissä materiaalien kuljetustehtäviin. Tietenkin alustana olisi jokin kevyempi ajoneuvo kuin louhoskone, jonka tarkoituksena on siirtää useiden tonnien painoisia lasteja. Liitteenä olevassa CD:ssä on laitteesta PowerPoint-esitys ja videokuvaa.



**Kuva 7. 2 AutoMinen operaattori /liite-CD/**

### **Timberjackin Walker /10/**

Metsäkoneyritys Timberjack on kehittänyt kuusijalkaisen kävelevän metsäkoneen (Walker). Laite ei ole miehittämätön, mutta sen tekniikkaa pystytään käyttämään hyväksi miehittämättömissäkin alustoissa. Tämä sovellus voi tarjota merkittävää hyötyä

jos miehittämättömän laitteen on tarkoitus kulkea **vaikeissa maastoissa** ja siltä halutaan erinomaista **liikkumiskykyä**. Laitteen toiminta perustuu tietokoneohjattuun kävelyyn kuuden ”tassun” varassa. Sensoreita on monessa eri paikkaa ja niillä mitataan ja seurataan koneen rungon asentoa. Seuranta perustuu hydraulinesteiden paineiden muutoksiin kullakin tassulla erikseen. Laitteella on staattinen tasapainoelin, joka tarkoittaa, että sillä on joka hetki vähintään kolme tassua maassa. Näin se on staattisesti stabiili.



**Kuva 7.3 Walker /liite-CD/**

Laitetta on testattu 30 asteen rinteessä, mutta laitteen etenemisen kannalta tassun ja maan pinnan kitka on määräävin seikka. Maakontaktia tarkastellaan paineenmittauksen kautta ja järjestelmä on itseään suojeleva siinä suhteessa, että se ei esimerkiksi astu tyhjän päälle. Laite kykenee ylittämään noin metrin korkuiset esteet ja pystyy liikkumaan hyvinkin vaikeakulkuisessa maastossa kunhan se vain saa jaloilleen astumis-pinta-alaa. Maksiminopeus muodostuu Puolustusvoimien kannalta laitteen heikkoudeksi: se kykenee vain 2 kilometrin tuntinopeuteen.



**Kuva 7. 4 Walker –99 /liite-CD/**

### **Avant320 - teleoperoitu monitoimikone**

Avantin teleoperoitu monitoimikone (liite-CD) on Puolustusvoimien käyttötarpeita ajatellen alustana melko valmis ratkaisu. Se on hyvä perusta, jolle voidaan kehittää erikoissovelluksia ja sen hyötykuormaa voidaan muokata kutakin yksilöllistä tehtävää varten. Koneetta voidaan ajaa manuaalisesti koneesta käsin tai kauko-ohjatusti. Koneeseen voidaan liittää esimerkiksi kauko-ohjattu puomi. Kooltaan ja ominaisuuksiltaan sitä voisi kuvitella esimerkiksi jalkamiinojen raivaukseen tai erilaisten esteiden raivausoperaatioihin. Koneessa käytetty tekniikka ja komponentit ovat tarkoitettu mobiiliteknologiaan eli kestävät sään vaihtelut ja tehtävän suorituksessa aiheutuvat tärinät. Liitteenä olevassa CD:ssä on laitteesta PowerPoint-esitys ja videokuvaa.

### **Konenäkö-kehitysryhmä**

Konenäköä kehitetään maailmassa monella eri teollisuuden alalla. Myös Suomessa on tällä hetkellä olemassa konenäön kehittämiseen keskittynyt tutkijoista ja teollisuuden asiantuntijoista koostuva ryhmä, joka kokoontuu säännöllisesti jakamaan tietoa ja kehittämään sovelluksia. Kyseisessä ryhmässä on mukana tahoja muun muassa VTT:ltä, Patriasta, Atostekista, Fastemsilta, Metsolta sekä Tampereen Teknilliseltä Yliopistolta.

## 8 MIINOJEN JA TAISTELUVÄLINEIDEN RAIVAAMINEN /5/

Esimerkkinä miinanraivaustehtäviin erikoistuneesta kalustosta esittelen M60 Pantherin ja M1Abrams Panther II:n, jotka ovat molemmat alun perin Yhdysvaltain armeijan vanhoja panssarivaunumalleja. Ne on modifioitu jälkikäteen Omnitechin STS (Standardized Teleoperation System) -käyttäjärjestelmällä. Järjestelmä tunnetaan myös nimellä SRS (Standardized Robotic System). Samaa STS-käyttäjärjestelmää on käytetty myös traktoreissa, tankeissa, Humvee-ajoneuvoissa, kaivureissa, kuorma-autoissa sekä maastoajoneuvoissa suorittamaan miehittämättömiä operaatioita. STS on ohjausautomaatiojärjestelmä, jolla voidaan hallita käytettävää ajoneuvoa kauko-ohjauksen avulla pitkän matkan päästä.

### 8.1 STS-järjestelmä

STS-varusteet koostuvat muunnettavista osista, joita voidaan soveltaa mihin tahansa ajoneuvoon. Näin ajoneuvosta saadaan joko kauko-ohjattu, teleoperoitu tai puoliautonomisesti ohjattu. Sitä voidaan käyttää niin maa-ajoneuvoissa kuin vesikulkuneuvoissa. STS käyttää sarjaohjausta, jota kutsutaan Controller Area Networkiksi (CAN). STS:n pääosat ovat:

#### **Komentoajoneuvo (Command Vehicle, CV)**

- Antennimasto
- Operaattori-ohjausyksikkö (Operator Controller Unit, OCU): OCU sisältää radiolähetin/vastaanottimen, ohjaimet, värinäytön, valaistun kytkintaulun. OCU on monella tapaa laitekohtaisesti muunneltavissa. Se on vesitiivis ja joka sään kestävä.
- Turva-radiolähetin (Safety Radio Transmitter, SRT): SRT on portaaton radiolähetin, joka lähettää Stop-signaalin teleoperoidulle laitteelle sen joutuesa epäkuuntoon.

### **Miehittämätön maa-ajoneuvo (UGV)**

- Antennimasto
- Värivideokamera (Color Video Camera, CAM)
- Aktivoija (High Integration Actuator, HIA): HIA-aktivoijia käytetään kulkuneuvon tärkeimpien laitteiden kontrolloimiseen. Jokaisella osalaitteella on oma HIA mukaan lukien moottorilla, potentiometrin palauteosalla, optisella koodaajalla, latauskennolla, lämpötila-antureilla, servovahvistimella, digitaalilla servo-ohjaus-järjestelmällä ja mikro-ohjausjärjestelmällä, jossa on CAN-liittymä. Tämän seurauksena on modulaarinen, ympäristön häiriöitä sietävä ohjausjärjestelmä.
- Manuaalinen/automaattinen kytkinlaatikko (M/A Switch)
- Mikrofonilaatikko (MIC)
- Manuaalinen Pan/Tilt yksikkö (MPTU): Tämän laitteen avulla voidaan kontrolloida mahdollisen videokameran suuntaa ja kuvakulmaa miehittämättömässä ajoneuvossa.
- Sisään- ja ulostulojen järjestelmä (System Input/Output, SIO): SIO huolehtii viestien eristämisestä ja monitasoisuudesta (digitaaliset ja analogiset tulot/lähdöt).
- Ajoneuvon ohjausyksikkö (Vehicle Control Unit, VCU): VCU-moduuli sisältää keskusohjaus-tietokoneen ja kaikki ohjauskomennot välittyvät sinne operaattorin ohjausyksiköstä (OCU). VCU:n yhteyteen on sijoitettu myös RF-radiovastaanotin VCU käyttää CAN-systeemiä kommunikoidakseen laitteen kaikkien ohjauskomponenttien kanssa.
- Videokuvan lähetyksyksikkö (Video Transmitter Unit, VTU): VTU lähettää kameroiden välittämää videokuvaa operaattori-ohjausyksikölle.
- Keskeytymätön virransyöttö (Uninterruptable Power Supply, UPS)

#### 8.1.1 CRS

CRS (The Common Robotic System) on laite, jota voidaan monipuolisesti muokata monenlaisten ajoneuvojen tarpeisiin. Se antaa armeijan yksiköille mahdollisuuden kauko-ohjata kulkuneuvojaan teleoperatiivisesti tai puoliautomaattisesti edeltä ohjel-

moitua reittiä pitkin. Ensimmäisiä käyttökohteita olivat pioneeriajoneuvot, jotka suorittivat miinojen raivausta ja muita vaarallisia operaatioita.

### 8.1.2 M60 Panther

M60 Panther on erikoismodifioitu versio M60 Patton -tankista, ja se on suunniteltu miinanraivaustehtäviin. Modifikaation yhteydessä Pattonista on poistettu torni ja ajoneuvon etuosaan on lisätty miinajyrät sekä mainittu Omnitechin STS-järjestelmä. Näitä STS-varustettuja M60-vaunuja on käytetty raivaamaan jalkaväki- ja panssariamiinoja Bosniassa ja Kosovossa. STS-järjestelmä mahdollistaa ajoneuvojen käytön turvalliselta etäisyydeltä ja estää henkilövahinkojen syntymistä näissä vaarallisissa tehtävissä. M60 Pantherin STS-sovellus kehitettiin vastaamaan tarvetta parantaa ja tehdä turvallisiksi tiolosuhteita Bosniassa. Ensimmäinen laite toimitettiin Bosniaan vuonna 1996. Miehittämättömien ajoneuvojen etuna oli riskien pieneminen ja tästä johtuen raivaustyön nopeutuminen. Lähes 350 jalka- ja panssariamiinaa räjäytettiin ja yli 800 kilometriä teitä raivattiin. Järjestelmän käyttäjä oli turvassa toisessa ajoneuvossa.



**Teleoperated Turretless M-60 Panther Shown Detonating  
an Anti-Personnel Mine in Bosnia**

**Kuva 8. 1 M60 Panther /6/**

### 8.1.3 M1 Abrams Panther II

M1 Abrams II on muunnelma M1 Abrams -taisteluvaunusta. Se on muokattu erityisesti miinojen raivaukseen. Tässäkin tapauksessa vaunun torni on poistettu, ajoneuvon etuosaan on lisätty miinajyrät ja STS-järjestelmä. Panther II on 43-tonninen kauko-ohjattava ajoneuvo, joka pystyy raivaamaan 5000 neliometriä miinakenttää tunnissa.



Sitä voidaan operoida pisimmillään 800 metrin päästä. Etuosan aurat kyntävät miinat esille maasta ja niiden perässä olevat jyrät räjäyttävät ne aiheuttamatta vahinkoa itse ajoneuvolle. Pioneerien suorittamien etsintä- ja neutralointitehtävien sijasta ajoneuvolla voidaan nopeasti jyrätä ja räjäyttää miinat ilman, että sotilaille tai siviileille aiheutuu vaaratilanteita. Tämä toimintamalli on nopeutensa ansiosta myös tehokkaampi kuin etsintä ja neutralointi. Ajoneuvo on yksinkertainen käyttää. Ohjaaja voi operoida Panther II:sta pääsääntöisesti noin 800 metrin etäisyydestä.



**Kuva 8. 2 M1 Abrams Panther II /6/**

## 8.2 Mini-Flail / Robotic Combat Support System (RCSS)

Mini-Flail-miinojenraivaus-järjestelmä on suunniteltu polunlevyisten ja muiden pienempien maakaistaleiden puhdistamiseen. Nämä ovat paikkoja, joihin suuremmat miinojenraivausalustat, kuten Panther, eivät pääse. Mini-Flailia kauko-ohjataan suorassa näköyhteydessä. Sillä voidaan puhdistaa miinoista 1200 neliometriä maa-aluetta tunnissa. Sen toiminta perustuu laitteen etuosan pyörivään rumpuun, johon on kiinnitetty noin puoli metriä pitkiä ketjuja (ketjuja on yhteensä 84 kappaletta). Ketjut räjäyttävät miinat tai iskevät ne rikki. Mini-Flail on täysin panssaroitu teräslevyillä ja Spectra-materiaalilla, joka on samantapaista kuin kevlar. Renkaat on täytetty vaahdolla. Kauko-ohjaus antaa mahdollisuuden ohjata laitetta aina 1000 metriin asti. Mini-Flail,

toisin kuin edellä esitelty Pantherit, ei ole vanhasta kalustosta uudelleen modifioitu vaan se on varta vasten tehtävänsä rakennettu. Se painaa 1600 kilogrammaa, on 130 senttimetriä leveä ja kolme metriä pitkä. Sen nopeus on raivatessa viisi kilometriä tunnissa ja matkanopeus on 10 kilometriä tunnissa. Mini-Flailia on helppo kuljettaa trailerilla ja se voidaan myös siirtää liinon avulla esimerkiksi UH-60-helikopterilla.

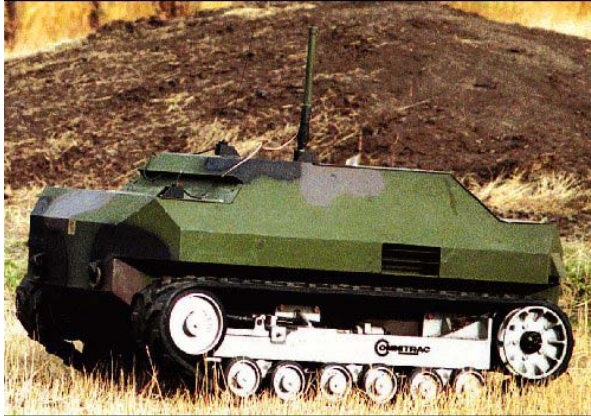


**Kuva 8.3 Mini-Flail /3/**

Yhdysvaltain armeijalla on meneillään kehityshanke, jossa pyritään käyttämään hyväksi mahdollisimman paljon kaupallisia teknologisia ratkaisuja. Mini-Flail on yksi esimerkki hankkeen tuottamista sovelluksista. Hanke kulkee nimellä Robotic Combat Support System (RCSS). RCSS-standardien mukainen laite on maa-ajoneuvo, joka voidaan vaihdettavien liitännäisten avulla muokata kauko-ohjattavaksi ja joka kykenee suorittamaan tehtäviä, joihin tavallisesti tarvittaisiin useita ihmisiä tai ajoneuvoja. RCSS jakautuu kolmeen eri osioon laitteilta edellytettävien ominaisuuksien mukaan. Mini-Flail on esimerkki ykkös-osion laitteesta: operaattori on näköyhteydessä ohjattavaan laitteeseen ja laitetta käytetään ”lakaisemaan” räjähtämättömiä ammuksia ja rypälemiinoja esimerkiksi lentokenttien kiitoradoilta. Sovellukset osiossa kaksi ja kolme käyttävät raskaampia kaupallisia ajoneuvoja ja niiden käyttökohteet ovat monipuolisemmat: niillä esimerkiksi voidaan miinanraivauksen ohella viedä ja sijoittaa räjähteitä, joilla pystytään raivaamaan esteitä.

## 9 SUOJELU- JA TIEDUSTELUTEHTÄVÄT

### 9.1 GLADIATOR – Tactical Unmanned Ground Vehicle /3/



**Kuva 9. 1**Gladiator /3/

Gladiator on keskisuuri taktinen miehittämätön maa-ajoneuvo-ohjelma, joka on kehitetty United Defense Industriesin toimesta vastaamaan Yhdysvaltojen merijalkaväen tarpeita, ja toimii teleoperoidusti tai puoli-autonomisesti. Pienet tai keskisuuret miehittämättömät järjestelmät otettiin käyttöön minimoimaan riskejä ja neutraloimaan uhkia, joille merijalkaväki altistuu erinäisissä tehtävissään. Gladiator-robotti suorittaa tiedustelu- ja valvontatehtäviä sekä NBC (nuclear, biological, chemical) -tunnistusta. Gladiatorissa on myös asevaikutusvalmius ja se kykenee raivaamaan tai itsenäisesti väistämään edessä olevat esteet. Gladiator-järjestelmän toimintaedellytyksiin kuuluvat:

- Päivä-/yönäkölaitteisto sekä lämpökamera kuten myös tunnistussensoreita (NBC).
- Liikuntakyvyn säilyttäminen ilmastosta riippumatta ja kaikissa maasto-olosuhteissa.
- Moduulipohjainen suunnittelu ja standardiosat tulevaisuuden hyötykuormia varten.
- Pysyy toimintakunnossa ja kykenee suorittamaan tehtävänsä, vaikka on saanut useita osumia lähietäisyydeltä ammutuista 7.62 mm kiväärin luodeista.



**Kuva 9. 2 Gladiator /3/**

Gladiatorin tarkoituksena on olla luontoon soveltuva, rakenteellisesti yksinkertainen, kestävä, monikäyttöinen ja helposti kuljettavissa paikasta toiseen. Järjestelmä on tarkoitettu suorittamaan yksinkertaisia tiedusteluja, raivaus- ja NBC-tunnistustehtäviä. Tarpeen mukaan Gladiatorin tulee kameroidensa ja tunnistussensoreidensa avulla nopeasti tunnistaa, paikantaa, jäljittää ja, mikäli tarpeen, neutralisoida uhat (luonnolliset, ihmisen valmistamat tai viholliset). Tällöin ohjaaja on selustassa suojassa ja turvassa komentovaunussaan. Kenttäolosuhteisiin Gladiator otettaneen käyttöön vuonna 2006. Gladiator on Yhdysvaltain puolustusministeriön hanke, jota on kehitetty yhteistyössä useiden tahojen kanssa.

## 10 ASEVAIKUTUSTEHTÄVÄT

### 10.1 TALON /2/



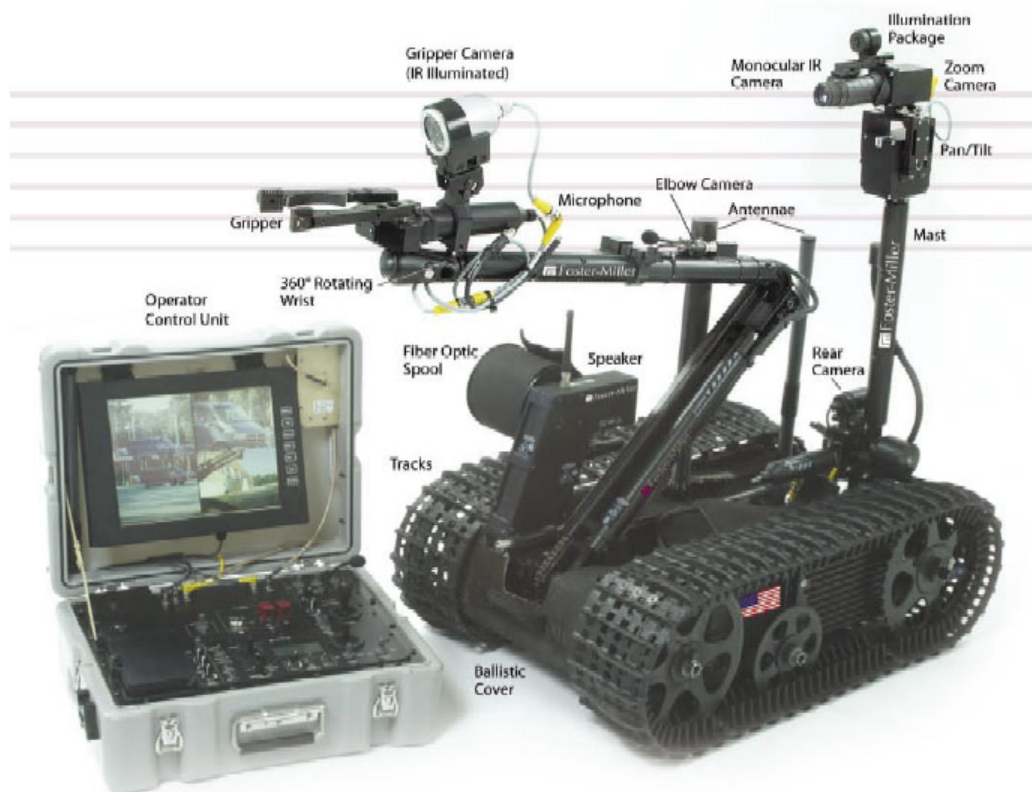
**Kuva 10.1 Talon-robotit /2/**

Asevaikutustehtävien monialaisuuden vuoksi on vaikeaa kartoittaa juuri oikeanlaista kalustoa Suomen Puolustusvoimien tarpeisiin. Esimerkkinä tähän osioon otin Foster-Millerin valmistaman TALON-taistelurobotin, jota Yhdysvaltain joukot ovat käyttäneet onnistuneesti Bosniassa (2000) ja Afganistanissa (2002), missä sitä käytettiin ainoastaan pomminpurkajarobottina sekä Irakissa (2005), missä otettiin käyttöön ns. SWORDS-taistelurobotti. TALON-pomminpurkajarobotti on suorittanut tähän mennessä yhteensä yli 20 000 onnistunutta tehtävää. Pääsääntöisesti TALON-robottia on käytetty erilaisten miinojen ja räjähteiden etsimiseen.

TALON on kuitenkin monipuolinen robotti kevytrakenteisuutensa ja tehokkuutensa ansiosta. Sen suuri ja nopeasti muunneltava alusta mahdollistaa erilaisten sensorien kiinnittämisen, ja siten tarjoaa mahdollisuuden käyttää yhtä robottia useanlaisiin tehtäviin. TALON on kevyt kantaa ihmisvoimin. Se on rakennettu kaikkiin sääolosuhteisiin ja vuorokaudenaikoihin soveltuvaksi ja pystyy toimimaan niin maalla kuin vedessä. Näin se kykenee toimimaan mitä erilaisimmissa olosuhteissa ja lähes millaisissa maastonmuodoissa tahansa. Robottia ohjataan kaksisuuntaisen RF- tai F/O-kommunikaatiolinjan kautta kannettavan keskusyksikön (Operator Control Unit, OCU)

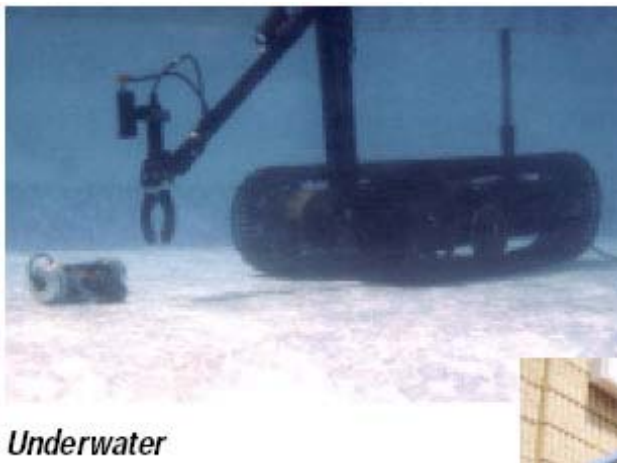
välityksellä, joka toimittaa jatkuvaa tietoa ja video-palautetta ajoneuvon tarkan ase-  
moinnin tarpeisiin. TALONin perusalusta on suunniteltu yhteensopivaksi sotilasvarus-  
teiden, aseiden ja sensoreiden kanssa.

TALON-robottia pystytään muokkaamaan helposti kentällä kulloistakin tehtävää var-  
ten käyttäen erilaisia pikakiinnikkeitä. Tähän ajankohtaan mennessä on kehitetty tai  
muokattu yli 80 erilaista sovellusta eri tehtäviä varten. TALONin hyötykuorma- ja  
sensori-vaihtoehtoihin kuuluvat monipuoliset kamerajärjestelmät (väri-, musta-valko-,  
infrapuna-, lämpö ja pimeänäkösovellukset), kaksinivelinen tarttujavarsi, tarttuja,  
PTU-järjestelmä (Pan/Tilt Unit), kaksisuuntainen kommunikointi, NBC-sensorit (nu-  
clear/biological/chemical), säteilysensorit, miinantunnistussensorit, kranaatin ja savu-  
panosten asetusjärjestelmät, louhintatyökalut (etenemisreitit louhinta esteiden läpi),  
kommunikaatiojärjestelmät ja häirintälaitteet.



**Kuva 10. 2 Talonin komponentit /2/**

TALON-robotteja on käytetty Yhdysvaltain sotilasvoimien erikoistehtävissä räjähteiden määrittely- ja tunnistustehtävissä esimerkiksi Bosniassa, Afganistanissa ja Irakissa. Niitä käytettiin myös etsintä- ja pelastustöissä World Trade Centerin terrori-iskun yhteydessä vuonna 2001. Robotit on suunniteltu epätasaisiin ja joka sään olosuhteisiin. Se kykenee toimimaan luotettavasti aavikolla, rantahietikossa, lumessa, vedessä, ruohoisessa metsämaastossa sekä rakennuksien sisällä. Robotti on kauko-ohjattavissa ja se kykenee kiipeämään portaita, kestäämään tiputuksia ja oikaisemaan itsensä. Se voidaan laskea maahan helikopterista tai pudottaa liikkuvasta ajoneuvosta sekä heittää rannikkoveteen. Tämä robotti on ainoa liikkuva ajoneuvo, joka on saanut Yhdysvaltain puolustusministeriön virallisen hyväksynnän kauko-ohjattavana ja ampuma-aseita etäisyydeltä käyttävänä laitteena.



*Underwater*

**Kuva 10. 3 Vedessä /2/**



*All weather, all terrain vehicle*

**Kuva 10. 4 Lumessa /2/**

## 10.2 SWORDS

Irakissa nousi esiin tarve kehittää ratkaisu, jolla pystyttiin kaupunkiolosuhteissa tarkkailemaan ympäristöä ja tarvittaessa vastaamaan vihamieliseen tulitukseen ilman, että sotilaiden henki olisi uhattuna. Tällöin TALONin päälle asennetaan aseistusta. Aseistus voi olla hyvinkin monipuolista: periaatteessa kaikki ihmisvoimin kannateltavissa olevat aseistukset voidaan liittää TALONiin, muun muassa konekivääreitä, raketinheittäjiä ja kranaattikivääreitä. Tämän kehitysversion tyypiksi tuli SWORDS-robotti (Special Weapons Observation Reconnaissance Detection Systems). Se ei siis ole uusi keksintö, vaan siinä yhdistetään jo olemassa olevia järjestelmiä. Sotilaat käyttävät

SWORDSia kauko-ohjaimella, ja voivat olla pisimmillään 1000 metrin päässä itse laitteesta. SWORDSin etu on sen hyvä osumatarkkuus: se voi osua kolikon tarkkuudella maaliin jopa 2 kilometrin päästä. Liikkeessä sen osumatarkkuus tosin heikkenee.



Kuva 10. 5 Raketinheitin /2/



Wearable OCU



Kuva 10. 7 Konekivääri /3/

SWORDS-järjestelmä toimii litium-akuilla. Ohjauslaatikko painaa noin 14 kilogrammaa ja siinä on kaksi ohjausjoystickia, jotka kontrolloivat robotin alustaa sekä asetta. Toimintaa tarkkaillaan näytöltä. SWORDS nimettiin yhdeksi vuoden 2004 keksinnöistä yhdysvaltalaisen Time Magazinen toimesta. Vuoden 2004 loppuun mennessä valmiita SWORDS-robotteja oli olemassa neljä kappaletta ja 18 oli tilattu Yhdysvoimien armeijan käyttöön Irakiin. Jokainen prototyyppi on maksanut tähän mennessä noin 230 000 euroa; tulevaisuuden tuotannossa niiden hinnan on arvioitu putoavan 150 000 – 180 000 euroon.

### 10.3 CO-operative Unmanned Ground Attack Robots (COUGAR ) /5/

COUGAR on kehitysprojekti, jossa tutkitaan ja demonstroidaan monien eri miehittämättömien järjestelmien yhteistoimintaa. Sen tarkoituksena on toteuttaa näiden yhteinen hyökkäys. COUGAR ei sinänsä ole järjestelmä itsessään, vaan ikään kuin testiohjelma, jota voidaan soveltaa useisiin miehittämättömiin järjestelmäohjelmiin, kuten FCS:ään ja Gladiatoriin. COUGAR-ohjelma käyttää simulaatio-kokeilusimulaatio-lähtöistä lähestymistapaa. Ohjelman tarkoituksena on saavuttaa optimaalinen hyötysuhde eri alustojen ja aseiden yhteistoiminnassa. Näin pyritään saamaan ai-



kaan paras mahdollinen lopputulos. COUGAR-projektilla on tähän mennessä ollut kaksi demonstraatiota.

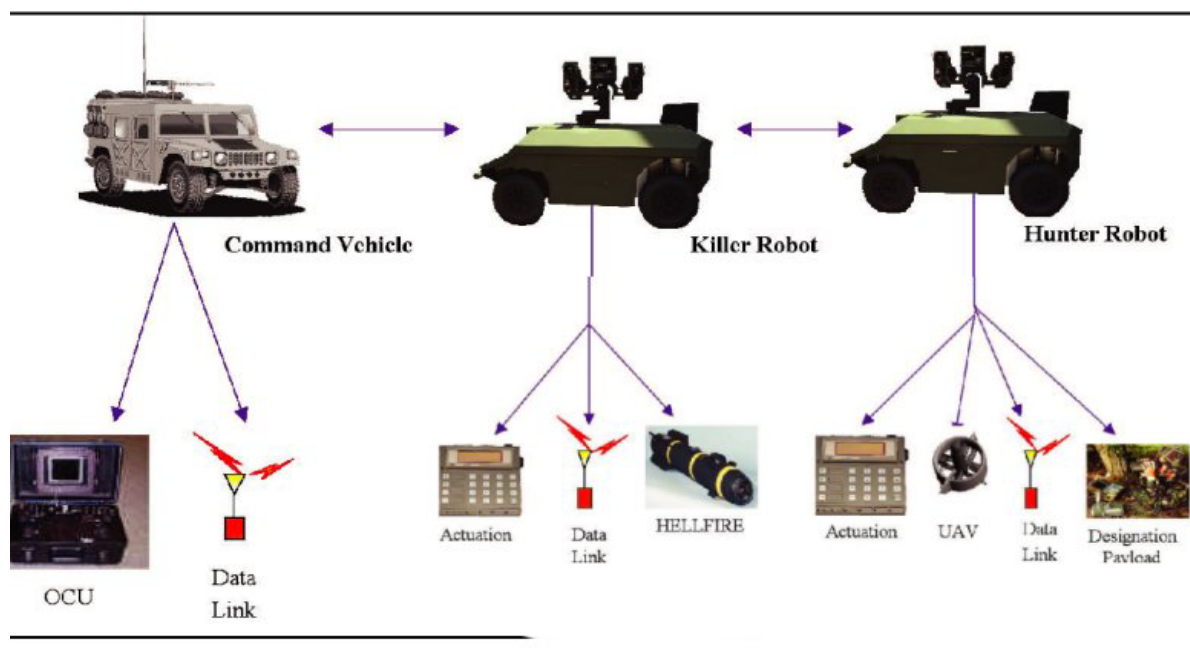


**Kuva 10. 8 Cougar /3/**



**Kuva 10. 9 Cougar&Hellfire /3/**

Viimeisessä demonstraatioissa oli käytössä komentoajoneuvo, Killer-robotti, Hunter-robotti ja miehittämätön lennokki. Demonstraation tarkoituksena oli miehittämättömiä ajoneuvojen yhteistoiminnalla paikallistaa ja tuhota kohde. Komentoajoneuvo koostui yhdestä käyttäjästä, joka käytti ohjausyksikköä. Killer-robotin tehtävänä oli kuljettaa hyötykuorma, tässä tapauksessa HELLFIRE-ohjus, määrättyyn paikkaan. Hunter-robotin tarkoituksena oli viedä päivä/yö-näkölaitteisto, laserpaikanninjärjestelmä (RSTA-laitteisto) ja pieni miehittämätön lentolaitte (UAV) paikalle. Ennen laukaisua operaattori ohjelmoi lentolaitteelle lentoreitin. Lennon aikana operaattori tarkkailee ilmasta kuvattua dataa. Demonstraation aikana käyttäjä kontrolloi kaikkia kolmea miehittämätöntä järjestelmää. Käyttäjä ohjelmoi Killer-robotin seuraustoimintatilaan (convoy mode), jolloin robotti seuraa suunnan näyttävää Hunter-robottia. Tämän jälkeen käyttäjä ohjaa Hunter-robotin teleoperatiivisesti tuliasemaan, jossa Killer kytketään pois seurausmoodista. Hunter-robotti teleoperoidaan eteenpäin tunnistamaan kohdetta Killerin jäädessä tuliasemaan. Tällä aikaa operaattori etsii haluttua kohdetta käyttäen UAV:ta ja Hunter-robotin RSTA(tunnistus-, valvonta- ja tähtäysjärjestelmä)-pakettia. Löydettyään kohteen operaattori laukaisee ohjuksen Killeristä. Kohteen tuhoutuminen varmistetaan Hunterin RSTA-paketin avulla. COUGARin toisen vaiheen demonstraatio toteutettiin joulukuussa 2002.



**COUGAR Phase II Demonstration System**

**Kuva 10. 10 Esitys Cougar järjestelmästä /5/**

## 11 KEHITYSNÄKYMÄT /9/

### 11.1 Autonomiset kehitysasteet

Yhdysvaltain armeija on määritellyt seuraavan kaltaisia tyypejä miehittämättömien maa-ajoneuvojen luokitteluun. Tämä on lähinnä suuntaviivoja tulevaisuuden kehitte-  
lyyn antava tyypittely, mistä syystä esitän luokittelun tässä tulevaisuuden kehitysnä-  
kymiä käsittelevässä kappaleessa. Vasta Searcher-tyyppisestä laitteesta on käytössä  
olevia ajoneuvoja. Tässä luokittelussa laitteet jakautuvat paitsi autonomia-tasonsa  
mukaan, myös sen suhteen, millaisia tehtäviä ne on suunniteltu suorittamaan.

**Taulukko 11. 1 Käyttöasteet tulevaisuuden UGV:lle /9/**

<b>Esimerkkijärjestelmä</b>	<b>Autonomia-aste</b>	<b>Mahdolliset käyttökohteet</b>
Pieni robotti rakennus- ja tunnelietsintöihin ("Searcher")	Teleoperoitu maa-ajoneuvo	Miinojen etsintä, miinojen poistaminen, EOD/UXO, materiaalien käsittely, ihmisvoimin kannettavissa oleva tunnistus/valvontalaitteisto
Pienellä logiikalla toimiva liikkuja ("Donkey")	Puoliautonominen edeltäkulkija/seuraaja	Huoltosaattue, loukkaantuneiden evakointi, suojasavujen levittäminen, epäsuora tulitus, tunnistaminen/valvonta, fyysinen turvallisuus
Miehittämätön hyökkääjää avustava maa-ajoneuvo ("Wingman")	Alustakeskeinen autonominen maa-ajoneuvo	Kauko-ohjattavat sensorit, tarkka-ampujien ja soluttautujien neutralointi, epäsuora tulitus, etuvartio/tiedustelu, kemiallisten ja biologisten aseiden tunnistus, taisteluvaurioiden arviointi
Autonominen tuhoaja-joukkue "Hunter-Killer"	Verkkokeskeinen autonominen maa-ajoneuvo	RSTA, yhdistelmä-aseistus (tappava suora tuli/tunnistus/epäsuora tuli, pienen yksikön puolustus tai hyökkäys), alue puolustus, MOUT-tiedustelu

#### 11.1.1 Searcher (2005)

Searcher-tyyppinen ajoneuvo edustaa teleoperoitua järjestelmää. Tämän tyyppiset lait-  
teet ovat nykyisin yleisimmin käytössä olevia miehittämättömiä maa-ajoneuvoja.  
Searcher on pienikokoinen ja kevyt ajoneuvo, joka suorittaa tehtäviä erityisesti raja-  
tuissa tai pienissä tiloissa, kuten rakennuksissa, tunneleissa, luolissa tai muissa vastaa-  
vissa ympäristöissä. Searcher kantaa mukanaan kevyitä hyötykuormia, kuten sensorei-  
ta tai erilaisia kameroita. Kommunikaatio sotilaan ja laitteen välillä tapahtuu radion tai

optisen kuidun välityksellä. Tämäntyyppisen laitteen energianlähde täytyy olla riittävä esimerkiksi kerrostalon muutaman tunnin kestoiseen tutkimus- ja kartoitustehtävään. Edellä esitelty TALON-robotti kuvaa hyvin Searcher-tyyppistä laitetta, jonka täytyy kestää erilaisia sääntiloja ja iskuja sekä kyetä kulkemaan vaikeissa maastoissa.

Seuraavassa esitellään yhteenveto Searcherin ominaisuuksista:

- pieni, hybridinen energianlähde
- lähellä maata liikkuva alusta
- tehtäväkohtaiset sensorit
- tehokas sotilas-robotti-käyttöliittymä
- manipulaattorit ja työkalut etsintään.

#### 11.1.2 Donkey (2010)

Donkey on pienellä logiikalla toimiva liikkuja, jota suunnitellaan erinäisiin huoltotehtäviin. Tällaisia ovat aseiden, ammuksien, ruuan, vaatteiden, varusteiden ja muiden tarvikkeiden kuljetus ajallaan oikeaan paikkaan, esimerkiksi taistelukentälle. Tämän keskikokoisen, puoliautonominen ajoneuvon on tarkoitus toimia sotilaiden kuljetustaakkaa helpottavana, jolloin sotilaiden on helpompi reagoida ja toimia taistelutilanteessa. Tarvittaessa Donkey voi kuljettaa myös miehistöä, esimerkiksi loukkaantuneita pois rintamalta. Laitteen toimintasäteen täytyisi olla vähintään 50 kilometriä. Sillä olisi monipuoliset maastossa liikkumisen kyvyt ja se pystyisi säätämään nopeuttaan maastokohtaisesti.

Puoliautonomisena laitteena Donkeyn reitti täytyisi määritellä edeltä käsin, vaikka se pystyy myös poikkeamaan reitiltään esteiden väistämiseksi. Donkeylla olisi perussensoreita, joilla se kykenisi havaitsemaan muut ajoneuvot tai ihmiset. Laitteen tulisi olla varma suorituskyvyltään, mistä syystä sillä täytyy olla turvattu ja tehokas kommunikatioyhteys käyttäjään. Ongelmatilanteen tai Donkeyn logiikalle ylivoimaisen tilanteen sattuessa se osaa pyytää ohjeita ihmiskäyttäjältä. Pyrkimys on myös tehdä Donkeysta edullinen ja teknologisesti mahdollisimman yksinkertainen.

Seuraavassa esitellään yhteenveto Donkeyn ominaisuuksista:

- joka sään olosuhteisiin
- pitkäkestoinen energian syöttö
- elektroninen reitinmerkintäjärjestelmä
- kyky ylittää maastoesteitä
- alkeellinen itsesuojelu.

### 11.1.3 Wingman (2015)

Wingman-tyyppisten laitteiden suunnitellaan tulevaisuudessa korvaavan miehitettyjä hyökkäysajoneuvoja, jotka tukevat päähyökkäystä ja toimivat johtoyksikölle alisteisina. Se pystyisi rutiininomaisesti suorittamaan miehitetyille ajoneuvoille hyvin riskialttiiksi katsottuja tehtäviä, kuten toimimaan hyökkäyksen tunnustelijaryhmänä. Wingman olisi alustakeskeisesti autonominen ja pystyisi näin ollen liikkumaan autonomisesti taistelukentällä. Hienostuneen sensorijärjestelmänsä (RSTA-ominaisuudet) ansiosta se pystyisi välittämään johtoyksikölle arvokasta ja monipuolista tietoa ympäristön tilasta ja tapahtumista. Tämä mahdollistaisi johtoyksikön tehdä taistelutulosta optimoivia tai ihmishenkiä säästäviä muutoksia ja toimenpiteitä taistelusuunnitelmassa jatkuvasti päivittyvän tilannekuvan mukaisesti.

Wingman olisi kooltaan keski- tai suurikokoinen ja kykenisi toimimaan kaikissa sääolosuhteissa sekä vuorokaudenajankohdissa samoin kuin liikkumaan eri nopeuksilla riippuen maastonmuodoista. Eri maastonmuodoissa, mukaan lukien vesiesteissä (kuten järvet tai lammet), tulisi kyetä liikkumaan tasaisesti ja ilman ongelmia. Ihmiskonekäyttöliittymän avulla johtoyksikön olisi helppo antaa Wingmanille siirtymis- ja toimintakäskyjä. Se osaisi etsiä piiloon ja tehtävän kannalta optimaalisimpaan asemaan, esimerkiksi näköyhteyden saavuttamiseksi. Sillä olisi myös kyky itse diagnosoida mahdollisia vaurioitaan myöhempää korjausta varten. Muita olennaisia kykyjä olisivat tarkka kohteen tunnistus, kyky johtoyksikön käskyjen mukaan suorittaa suoraa ja epäsuoraa tulitusta sekä tunnistaa itseään kohdistuva hyökkäys tai vaara ja toimia sen mukaisesti (esimerkiksi hakeutua suojaan). Wingman omaisi paljon kykyjä autonomiseen toimintaan ja autonomian maksimointi onkin kehityksen pääpainopiste. Ihmisohjausta tarvitaan kuitenkin toimintaluvan ja -ohjeiden antamiseen tehtäväpaikalla.

Seuraavassa esitellään yhteenveto Wingmanin ominaisuuksista:

- taistelutunnus
- edistyksellinen energiajärjestelmä
- intuitiivinen sotilas-robotti-käyttöliittymä
- perustavaa tasoa oleva iteseselviytymis-järjestelmä
- aseidenhallinta-järjestelmä
- esteiden havaitseminen ja välttäminen.



**Kuva 11. 1 RSTA-järjestelmä /3/**

#### 11.1.4 Hunter-Killer (2020)

Hunter-Killer on verkkokeskeisesti autonominen miehittämätön maa-ajoneuvo, ja sen kehittäminen liittyy kiinteästi verkkokeskeisen sodankäyntimallin ideaan ja FCS:ään. Hunter-Killerin toivotaan antavan Yhdysvaltain armeijalle välineen paljastaa vihollisen liikkuminen maan pinnalla, saada aikaan raskaita tappioita viholliselle sekä samalla vähentää omia uhreja. Hunter-Killer-ryhmä koostuisi useista miehittämättömistä ajoneuvoista, jotka pystyisivät siirtymään väijytyspaikkaan. Täällä ne järjestäytyisivät tehokkaaseen tarkkailu/tuhoamis sektoriin, välittäisivät tärkeitä tietoja ihmisten johtokeskukselle ja tarkkailisivat ympäristöä ilmoittaen milloin vihollinen lähestyy tuhoamis sektorilla. Hunter-Killer-ryhmä tuhoaisi vihollisvoimat sektorilla tarkasti ja te-

hokkaasti. Tämän jälkeen se varmistaisi oman selviytymisensä ennakkoon ohjelmoitujen tietojen mukaan kuten siirtymällä uuteen paikkaan.

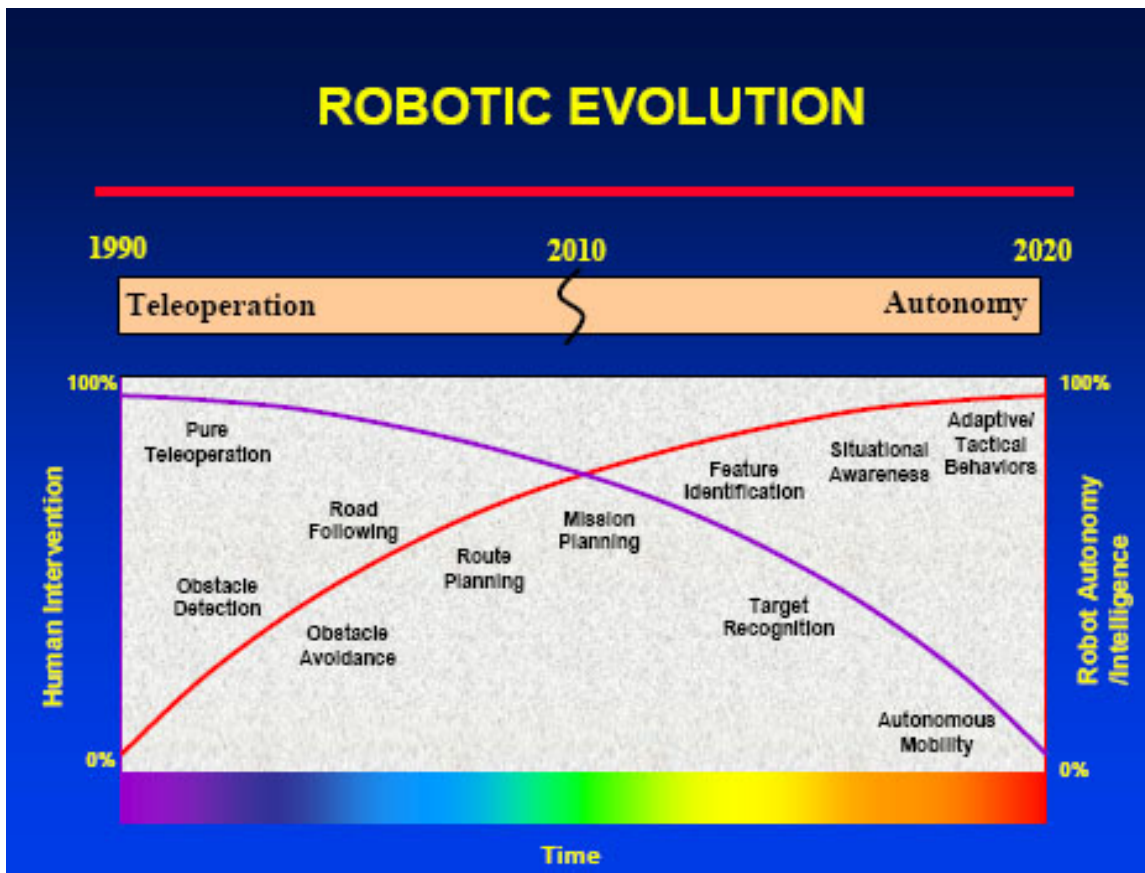
Hunter-Killer-ryhmä koostuisi vähintään kymmenestä keskikokoisesta, verkkokeskeisesti autonomisesta ”killer”-UGV:stä, joista jokainen kantaisi sisällään useita pieniä verkkokeskeisiä ”hunter/observer”-UGV:eita (ns. marsupial-ominaisuus). Tilanteen vaatiessa näitä maa-hunter/observeereita voitaisiin täydentää tai korvata vastaavilla ilmaratkaisuilla. Hunter-Killer-ryhmä ohjelmoitaisiin tehtävän alussa johtokeskuksessa ihmisten toimesta. Ryhmän toiminta ja sisäinen kommunikaatio edellyttäisivät paikallista langatonta UGV-tietoverkkoa, jonka kautta kaikki tieto kulkisi laitteiden itsensä sekä johtokeskuksen ja laitteiden välillä.

Väijytyspaikalla killer-yksikkö voisi lähettää pienempiä hunter/observer-yksiköitä ympäristöön. Näiden tehtävä olisi varmistaa alueen turvallisuus ja välittää tietoa kohteista. Tässä vaiheessa Killer-yksikkö menisi stand-by-tilaan, jossa se voisi pysyä vähintään 30 vuorokautta toimintavalmiina. Kun vihollinen lähestyy, se tunnistetaan hunter/observeereiden toimesta ja killer suorittaa tuhoamistehtävänsä. Killer pystyisi määrittämään vihollisen vahvuuden ja mitoittamaan voimankäyttönsä sen mukaisesti. Hunter-Killer toimii autonomisesti koko tehtävänsä ajan ilman ihmisen väliintuloa.

Seuraavassa esitellään yhteenveto Hunter-Killerin ominaisuuksista:

- ylivoimainen tuhovoima ja turvamekanismi (varmuus)
- paikallinen ja globaali käyttöliittymä
- marsupial (kantaa mukanaan pienempiä UGV-yksiköitä esim. itsekorjaustehtäviä varten)
- amfibio-ominaisuus
- robottien keskinäinen kommunikointi
- selviytymisvaistot
- itsediagnosoiva
- alkeellinen itsekorjauskyky.

Kuvan 11.2 kuvaajasta käy ilmi miehittämättömien robottien kehityskaari ihmisohjauksesta laitteen omaan autonomiseen käyttäytymiseen.



Kuva 11. 2 Robotiikan ja autonomian kehitys /6/

Kuva 11.2 havainnollistaa aikajännettä, jonka aikana ihmisen vaikutus miehittämättömien maa-ajoneuvojen toiminnassa ja suoriutumisessa pienenee ja vastaavasti robottien oma autonomiataso tai keinoäly kasvaa. Kauko-ohjattavuudesta pyritään siirtymään autonomiseen toimintaan vuoteen 2020 mennessä. Autonomiapyrkimys koskee tietenkin vain osaa laitteista ja sovelluksista; monet laitteet toimivat tehokkaimmin ja tarkoituksenmukaisimmin ihmisohjauksessa eikä niitä ole tarpeen kehittää autonomisiksi. Kuvassa 11.2 punaisella aikajanalla kuvataan robotin toimintaedellytyksiä, kuten tien seuraaminen tai tilanteen tiedostaminen. Violetti jänne taas kuvaa jatkuvan ihmisohjauksen tarpeen vähenemistä.



## 12 YHTEENVETO

Miehittämättömät maa-ajoneuvot ovat sotilasteknologisenä osa-alueena monella tapaa vielä uusi asia. Aluetta tutkitaan paljon ja se on suuren mielenkiinnon kohteena etenkin kehitettäessä verkkokeskeistä sodankäyntitapaa. Monet mallit ja hahmotelmat sekä itse laitteista että niiden käyttökohteista ovat kuitenkin vielä pitkälti tulevaisuuden visioita. Omassa työssäni olen pyrkinyt kuvaamaan paitsi nykytilannetta miehittämättömien maa-ajoneuvojen hyödyntämisessä, myös näitä tulevaisuuden kuvia. Toivoakseni työni antaa oman panoksensa puolustusvoimien tarpeisiin selkiyttää kuvaa miehittämättömistä maa-ajoneuvoista. Samalla työni toimii ikään kuin eräänlaisena suomenkielisenä tutustumisoppaana tälle alalle. Tässä mielessä näen tutkintotyöni onnistuneen tavoitteisiin nähden varsin hyvin.

Kehityssuunta on selkeä: autonomia on tavoiteltu ominaisuus. Yhdysvallat pyrkii verkkokeskeiseen autonomiaan ja kehittää laitteitaan tämän vision pohjalta. Suomen puolustusvoimien tarpeet ovat erityyppiset. Täällä haetaan kestäviä ja modulaarisia ratkaisuja, joilla on monipuoliset suoritevalmiudet. Suomella ei ole tarpeita ajoneuvojen korkeaan autonomiaan, vaan tehokkaat ihmisohjauksessa toimivat laitteet ovat suurimman mielenkiinnon kohteena. Tällaista laitetta edustaa esimerkiksi TALON-robotti.

Puolustusvoimien tarpeet ja käyttökohteet miehittämättömille maa-ajoneuvoille liittyvät yleisimmin haluun suorittaa ihmiselle vaarallisia tai epämiellyttäviä tehtäviä koneiden avulla. Tehtävät voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään. Ensinnäkin keveitä miehittämättömiä ajoneuvoja voidaan käyttää tukemaan ryhmän tai joukkueen tiedustelu- ja pioneeritehtäviä: tiedustelukyky ja ympäristön havainnointi sensoreiden välityksellä sekä hyvät kommunikaatioyhteydet ovat olennaisia tässä kohtaa. Pioneeripuolella tehtävät painottuvat pomminpurkamiseen ja raivaustehtäviin. Tämän luokan laitteilta vaaditaan vain vähän autonomisia ominaisuuksia ja ne ovatkin yleensä teleopeeroitavia. Toinen keskeinen käyttökohde liittyy joukkojen huoltoon erityisesti tylsissä, likaisissa, vaarallisissa tai ihmiselle mahdottomissa tehtävissä. Keskeisiä toimintoja tässä ovat kuljetus, materiaalin täydennys, tiedustelu ja valvonta. Näillä laitteilla autonomian ja älykkyyden taso on jo huomattavasti suurempi kuin edellisessä luokassa.

Kolmatta luokkaa edustavat raskaat, tunkeutumiskykyiset järjestelmät, joiden käyttöönotto on Suomessa melko epätodennäköistä. Järjestelmät ovat hintavia ja teknisesti monimutkaisia. (liite 2)

Miehittämättömiä maa-ajoneuvoja voidaan luokitella monella tapaa esimerkiksi koon tai tehtäväkohteiden mukaan. Monessa hankkeessa keskeisin luokitus liittyy kuitenkin laitteiden autonomiatasoon: onko laite täysin ihmishajauksessa (teleoperoitu), puoliautonomisesti toimiva vai täysin autonominen. Tämä luokittelu hahmottaa myös miehittämättömien järjestelmien tulevaisuutta. Tällä hetkellä käytössä olevat laitteet edustavat teleoperoituja tai puoliautonomisia laitteita, autonomiset järjestelmät puolestaan ovat vielä tulevaisuuden visioita. Täysautonomisia järjestelmiä odotetaan tulevan käyttöön 2010–2020-luvuilla. Autonomian kehitysasteita tulevaisuuden laitteisiin painottuen kuvaa esimerkiksi amerikkalaisten Searcher/Donkey/Wingman/Hunter-Killer-luokittelu (luku 11.1).

Monella tapaa miehittämättömien järjestelmien – sekä maalla, merellä että ilmassa – kehittäminen liittyy ns. verkkokeskeiseen sodankäyntimalliin, jossa autonomisesti toimivat laitteet toimivat yhteistyössä keskenään kommunikoiden ja itsenäisesti niille ohjelmoituja tehtäviä suorittaen. Keskeistä on yhteinen tietoverkko, jonka puitteissa laitteet toimivat ja vaihtavat informaatiota keskenään. Tämä on todellisena toimintakehikkona pitkälti tulevaisuutta, mutta yleisenä ajatusmallina selventää miehittämättömien maa-ajoneuvojen kehitystarpeita ja -suuntaa. Suomen Puolustusvoimien intressiä miehittämättömiin maa-ajoneuvoihin ei ainakaan vielä ohjaa verkkokeskeisen sodankäynnin idea. Taloudelliset resurssit eivät anna tälle mahdollisuutta eikä sille myöskään ole olemassa selkeää tilausta. Kuten aiemmin jo todettiin, kiinnostuksen kohteena ovat enemmänkin teleoperoitavat ja puoliautonomiset laitteet, jotka on suunniteltu tiettyjä itsenäisiä tehtäväalueita varten.

*Puolustusvoimille voisi olla hedelmällistä lähteä kehitystyöhön mukaan etenkin teknillisten oppilaitosten projekteihin, joissa kehitetään opiskelijatyönä uudenlaisia ratkaisuja ja sovelluksia miehittämättömistä järjestelmistä. Esimerkiksi Tamrockin AutoMine ja Avantin teleoperoidut kaupalliset järjestelmät ovat lähtöisin tällaisista projekti-hankkeista.*

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen hyötykuormien suoritevaatimuksia määrittää pyrkimys autonomisuuteen, eli omatoimiseen suoriutumiseen annetussa tehtävässä. Tämä pyrkimys asettaa laitteille tiettyjä teknologisia vaatimuksia. Ajoneuvojen autonomisen käyttäytymisen tärkein teknologia-alue liittyy havainnointiin (havainnointitekniikat: sensorit, tietokoneet ja ohjelmistomoduulit), joka on keskeistä ajoneuvon kyvyille liikkua paikasta toiseen tiedostaen ympäristöään. Ajoneuvon on pystyttävä käsittelemään ja hyväksikäyttämään sensorien sille ympäristöstä välittämää dataa, jotta se voi tunnistaa ja välttää suunnitellun reitin eteen mahdollisesti tulevia esteitä. Liikkeenopeuden säilyttäminen on oleellista, samoin kuin tietysti tehtävän suorittaminen virheettömästi. Esteitä havainnoinnille asettavat muun muassa eri sääolosuhteet ja vuorokaudenajat sekä erilaiset maastonmuodot ja ihmisten rakentamat konstruktiot esimerkiksi liikuttaessa rakennusten sisällä.

Navigointi on myös olennaista miehittämättömille maa-ajoneuvoille: navigointitekniikan avulla laite paikantaa itsensä, suunnistaa maastossa ja sijoittautuu määrättyihin paikkoihin. Muita suoritevaatimuksia ovat suunnittelu, joka tällä hetkellä tarkoittaa lähinnä reitin suunnittelua eli liikkumista alkupisteestä määränpään, tehtäväkohtaiset taidot ja käyttäytyminen, esimerkiksi sotilastaktiikan alueella sekä oppivuus ja mukautuminen, jotka liittyvät läheisesti havainnointiin.

*Erilaiset tutkijaverkostot, joissa jaetaan tietoa ja pyritään edistämään kehitystä tiettyyn teknologia-alueeseen (esimerkiksi konenäköön) liittyen ovat hyödyllisiä foorumeita uuden teknologian trendien seuraamiseen. Näiden kautta saadaan tietoa soveluksista, jotka olisivat hyödyllisiä myös Puolustusvoimille. Siten tällaisten verkostojen seuraaminen ja kontaktien luominen niihin on tärkeää.*

Alustan eli itse ajoneuvon tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu hyvä liikkuvuus, mahdollisimman korkea hyötykuormakapasiteetti sekä taloudelliset ratkaisut energiankulutuksessa. Laitteen muut hyvät ominaisuudet jäävät käytössä puolitiehen, ellei myös tehokkaista ja varmoista kommunikaatioyhteyksistä ole huolehdittu. Laitteita suunniteltaessa on kartoitettava tarkkaan kunkin laitteen käyttökohteet ja tarkoitukset. Toimintaympäristöt on myös huomioitava: erilaiset maastot vaihtelevine muotoineen aiheuttavat erikoishaasteita, samoin kuin esimerkiksi liikenteen seassa liikkuminen tai

erilaisissa rakennelmissa toimiminen. *Metsäteollisuuden kehittämät metsäkoneet ovat hyvä esimerkki tehtäväkohtaisen suunnittelun huippuunsa viemisestä: tällaista tulevaisuuden teknologiaa edustaa vaikkapa Timberjackin kävelevä Walker-kone. Se pysyy kulkemaan vaikeakulkuisessa maastossa, jonne ei pyöräkoneella päästä.*

Kehitystyötä miehittämättömien ajoneuvojen osalta tehdään ympäri maailmaa aktiivisesti. Kaupallisia sovelluksia on markkinoilla paljon, myös meillä Suomessa. Aseteknologian osalta sovellukset ovat vielä kalliita ja tuotantomäärät pieniä. Miehittämättömiin järjestelmiin liittyvän teknologian yleistyessä voidaan hiljalleen siirtyä laitteiden sarjatuotantoon, jolloin niiden hinnat laskevat ja ne tulevat Suomen kaltaiselle pienelle maalle mahdollisiksi hankkia. Tällä hetkellä aletaan hiljalleen saavuttaa tätä pistettä: armeijan tarpeet lähestyvät markkinoiden tarjontaa.

*Mielenkiintoisia tulevaisuuden kysymyksiä voisivat Suomen kohdalla olla kotimaisen teollisuuden ja korkeakoulujen integrointi laitteiden kehittämis- ja ylläpitotehtäviin, EU:n rooli mahdollisena areenana jäsenmaiden yhteistyölle alalla sekä kansainvälinen yhteistyö, kuten miehittämättömien maa-ajoneuvojen käyttö rauhanturvatehtävissä. Kansainvälisellä tasolla seuraavat kymmenen vuotta kertovat paljon siitä, miten ala jatkaa kehitystään ja kuinka hyvin nykyiset suunnitelmat pitävät paikkansa.*

## LÄHDELUETTELO

/1/ Domonyi, Harri, Autojen itsenäisyyspäivä. Tekniikan Maailma 8/2004, s. 38-40

/2/ Foster-Miller-yrityksen kotisivut

<http://www.foster-miller.com/lemming.htm> [viitattu 23.4.2005]

/3/ Globalsecurity-organisaation kotisivut

<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/ugv.htm> [viitattu 23.4.2005]

/4/ Government Accountability Office (Yhdysvallat)

[www.gao.gov/new.items/d05442t.pdf](http://www.gao.gov/new.items/d05442t.pdf) [viitattu 23.4.2005]

/5/ Joint Robotics Program Master Plan FY 2003

<http://www.jointrobotics.com/history/previous.shtml> [viitattu 23.4.2005]

/6/ Joint Robotics Program Master Plan FY 2004

[http://www.jointrobotics.com/activities\\_new/masterplan.shtml](http://www.jointrobotics.com/activities_new/masterplan.shtml) [viitattu 23.4.2005]

/7/ Lehtinen, Hannu, VTT, keskustelu

/8/ Närväinen, Pekka, Patria New Technologies, PowerPoint-esitys [29.9.2003]

/9/ Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles

National Research Council of the National Academies

<http://www.nap.edu/books/0309086205/html/> [viitattu 23.4.2005]

/10/ Timberjack-yhtiön edustaja, haastattelu

1 PEstal-os ak 78/8.4/D/II/17.11.2003 Miehitämättömien järjestelmien teknologiaohjelma (Patria NT)  
2 Eversti Lainevirran sanoma 27.2.2004 (EJ)

## MAAVOIMIEN MIEHITTÄMÄTTÖMÄT JÄRJESTELMÄT

### YLEISTÄ

Tällä asiakirjalla annetaan perusteet laatia esiselvitys maavoimien miehitämättömistä järjestelmistä, painottuen miehitämättömiin ajoneuvoihin (Unmanned Ground Vehicle; UGV).

Esiselvityksen päämääränä on selvittää

- nykyisin tai lähitulevaisuudessa käyttöön tulevat maalla käytettävät miehitämättömät järjestelmät ja
- teknologiset mahdollisuudet ja kehitystrendit maalla käytettävissä miehitämättömissä järjestelmissä.

Esiselvitys laaditaan kirjallisuusselvityksenä (asiakirjatutkimus) pääasiassa internetin avulla, tukeutuen MpKK:n Kirjastoon. Esiselvityksessä voidaan tehdä myös teemahaastatteluja maavoimaesikunnan henkilöstölle.

### 1 Tarve maavoimissa

Suorituskykytarvekuvaus maavoimien miehitämättömille järjestelmille on nykyisin jäsentymätön, vaikka käytännön sovellutuksia on otettu käyttöön ja aihealueelta on laadittu teknisiä tutkimuksia.

Miehitämättömiä järjestelmiä (UGV) tarvitaan maavoimissa toteuttamaan luotettavasti, turvallisesti ja nopeasti sellaisia tehtäviä, joissa henkilökäyttäjän turvallisuus on vaarassa. Tällaisia tehtäviä ovat mm

- miinojen ja räjähtämättömien taisteluvälineiden raivaaminen (EOD), erityisesti tiedustelu ja paikantaminen
- terrori- ja erikoisjoukkopätkä (IEDD)
- suojelutiedustelutehtävät
- asevaikutustehtävät.

Miehitämättömien järjestelmien erityispiirre on niiden kyky kuljettaa sensoreita ja muita laitteita paikkoihin, joihin henkilöstö ei välittömän uhan johdosta voi mennä. Sensorit ovat varoittavia (warning), havaitsevia (detection) tai tunnistavia (identification). Muita laitteita ovat mm raivaimet ja muut kohteelle toimenpiteitä suorittavat laitteet.

Toimintaympäristön rajoitukset ja reunaehdot rajaavat oleellisesti miehitämättömän laitteen käyttömahdollisuuksia. Käyttöympäristön

keskeisin tekijä on maasto, joka vaikuttaa miehittämättömän laitteen liikkuvuuteen. Ajoneuvon mitoittamiselle (liikuntakyky) on UGV:n osalta jo määritelmän mukaisesti nähtävä erilaisia toimintaympäristöjä, mm

- metsät ja muut peitteiset maa-alueet
- pellot ja avoimet maa-alueet
- rakennetut alueet
- rakennukset ja muut taitorakenteet
- erikoisympäristöt, kuten lentokoneet.

Toisaalta miehittämätön laite voidaan siirtää toiminta-alueelle manuaalisesti tai ampumalla se tykistöjärjestelmällä. Tällöin se ei ole liikkuva, mutta toimii älykkäästi keräämällä tietoa sensoreillaan ja mahdollisesti toimimalla ohjelmoidulla tavalla havaitsemiaan tai tunnistamiaan kohteita vastaan.

Edellä kuvattujen laitteiden tiedonsiirtokyky ja keskinäinen tiedonvaihtokyky tekevät niistä käsitteellisesti osan laajempaa kokonaisuutta, josta käytetään nimeä **verkkokeskeinen sodankäyntitapa** tai **-toimintamalli (Network Centric Warfare; NCW)**. Verkkokeskeisessä sodankäynnissä sensorit, operaattorit, päätöksentekijät ja analyysijärjestelmät liittyvät tiedonsiirtoverkon avulla toisiinsa ja (ase)vaikutusjärjestelmiin. Tiedonsiirtoverkkokeskeinen toimintatapa tunnetaan laajemmin yhteiskunnassa internetin käyttönä. Internet on laajalti muuttanut talouselämän ja hallinnon toimintaa. Toiminnot, palvelut ja informaatio ovat liittyneet toisiinsa internetin välityksellä, joka mahdollistaa nopean reaaliaikaisen johtamisen ja toiminnan ohjauksen.

Ulkoiset rajapinnat ja sidosjärjestelmät miehittämättömille järjestelmille ovat siis:

- sensorit
- (ase)vaikutusjärjestelmät (hyötykuorman suuruus huomioiden)
- levitysjärjestelmät (jos kyseessä ei ole liikkuva ajoneuvoratkaisu)
- tiedonsiirtojärjestelmät
- voimalähteet.

Keskeisin vaikuttava tai osallistuva järjestelmä on **ajoneuvoalusta**.

Muutoksia olemassa oleviin järjestelmiin ei pääsääntöisesti ole tarkoituksenmukaista tehdä, vaan miehittämättömyysvaatimus on otettava huomioon uusia järjestelmiä ja toimintatapoja kehitettäessä.

## 2 Suorituskykyvaatimukset

### 2.1 Operatiiviset suoritevaatimukset

Järjestelmien operatiiviset käyttösyklit (operational cycles) määräytyvät käyttötarkoituksen, lukumäärän, toimintaetäisyyden ja hyötykuorman perusteella. Yleisesti ottaen toimintaetäisyyden kasvaessa käyttösyklin pituus kasvaa. Samoin monikäyttöisyys lisää käyttösykliä. Edellä esitettyjen tekijöiden ollessa suuria (etäisyys kymmeniä tai satoja kilometrejä ja laitteen kyetessä valvontaa ja vaikutukseen) on käyttösykli kerrallaan jopa 30 vuorokautta. Jos hyötykuorma jää pieneksi, vaikuttaa se

käyttösyklin pituuteen yleensä vähentävästi. Massamainen käyttö pienentää yleensä käyttösyklin pituutta.

Järjestelmien vaikuttavuus (effectivness) voidaan jakaa kolmeen osaan:

- tiedustelukyky
- valvontakyky
- vaikutuskyky

Tiedustelukyky tarkoittaa aktiivista kykyä hankkia tietoa toiminta-alueelta tai kohdealueelta. Tällöin järjestelmän on oltava liikkuva.

Valvontakyky tarkoittaa passiivista kykyä kerätä tietoa siltä paikalta, jossa järjestelmä kulloinkin sijaitsee.

Vaikutuskyky on valinnainen ja riippuu merkittävästi hyötykormasta. Se voi olla asevaikutus tai suojavaikutus tai johtamissodankäynnin vaikutus (elektroninen sodankäynti). Asevaikutus voi olla pehmeään kohteeseen (henkilö) käytettävä tai kovaan/puolikovaan kohteeseen (ajoneuvo) vaikuttava. Suojavaikutus voi olla fysikaalinen (esimerkiksi puhdistusaineen levittäminen) tai elektroninen. vaikutus voi olla myös elektroninen hyökkäys kohdejärjestelmää vastaan.

Järjestelmien käytettävyys (availebility) on riippuvainen käyttötarkoituksesta ja lukumäärästä. Käyttötarkoituksesta johtuen järjestelmät ovat kriittisiä, sillä kohde on sen havainto- tai vaikutuspiirissä lyhyen aikaa tai havaintotieto käynnistää laajemman toimintoketjun. Käytettävyyden on siis oltava hyvin korkea, esimerkiksi luokkaa 96%. Massamainen käyttö toisaalta vähentää yksittäisen järjestelmän käytettävyyksyaati- musta, sillä järjestelmät korvaavat tai varmentavat toisiaan.

## 2.2 Toteutuksen reunaehdot

Miehittämättömän järjestelmän henkilöstötarve ei saa kasvaa merkittävästi suuremmaksi kuin miehitetyssä vaihtoehdossa. Järjestelmän kustannukset ovat luonnollisesti suuremmat kuin miehitetyllä toimintatavalla.

Materiaali- ja teknologiavaatimusten osalta miehittämättömän järjestelmän on oltava yhteensopiva muiden käytössä olevien järjestelmien kanssa:

- sensorit (samankaltaisia tai että järjestelmä pystyy keskustelemaan - antamaan ja ottamaan vastaan palveluja - toisen järjestelmän kanssa)
- vaikutusjärjestelmät (samankaltaisia tai että järjestelmän osia voidaan vaihtaa ilman muutostöitä, vastaavuuden tila)
- tiedonsiirtojärjestelmät (samankaltaisia tai että järjestelmä pystyy keskustelemaan - antamaan ja ottamaan vastaan palveluja - toisen järjestelmän kanssa)
- ajoneuvoalusta (samankaltaisia tai että järjestelmän osia voidaan vaihtaa ilman muutostöitä, vastaavuuden tila).

## 3 Miehittämättömän järjestelmän ominaisuuksista



Miehittämättömät maavoimien järjestelmät jaetaan kahteen kategori-  
aan:

1. liikkuvat miehittämättömät ajoneuvot (joissa hyötykormaa)
2. siirrettävät miehittämättömät järjestelmät, joka sisältää
  1. sensorijärjestelmiä (tiedustelu ja valvontapisteitä)
  2. sensori-vaikutusjärjestelmiä.

**Liikkuvat miehittämättömät ajoneuvot (AGV)** sisältävät ajoneuvo-  
alustan ja hyötykuorman.

Ajoneuvoalustaan keskeisesti vaikuttava tekijä on ajoneuvon käyttöympä-  
ristö (maasto), sillä se vaikuttaa miehittämättömän laitteen liikkuvuu-  
den vaatimuksiin. Ajoneuvon kannalta järjestelmät tulee jakaa

- metsässä tai muulla peitteisellä maa-alueella liikkuviin järjestelmiin
- pelloilla ja avoimilla maa-alueilla liikkuviin järjestelmiin
- rakennetulla alueella liikkuviin järjestelmiin
- rakennuksissa tai muissa taitorakenteissa liikkuviin järjestelmiin
- erikoisympäristöissä liikkuviin järjestelmiin.

Hyötykuorman perusteella liikkuvat miehittämättömät järjestelmät  
jaetaan

- sensorialustoihin
- (ase)vaikutusjärjestelmäalustoihin
- sensori ja (ase)vaikutusjärjestelmäalustoihin.

Ajoneuvoalusta voi olla suojaamaton, kevyesti sirpelesuojattu tai  
osumilta suojattu (useita vaihtoehtoja).

Siirrettävät miehittämättömät järjestelmät voidaan toimittaa kohteelle  
manuaalisesti tai ampumalla se tykistöjärjestelmällä. Järjestelmät  
jaetaan

- sensorijärjestelmiin
- (ase)vaikutusjärjestelmiin
- sensori ja (ase)vaikutusjärjestelmiin.

Siirrettävät miehittämättömät järjestelmät ovat osa laajempaa kokonai-  
suutta (Verkkokeskeinen sodankäyntitapa, Network Centric Warfare).

**Tiedonsiirtokyky** on keskeinen tekijä sekä laitetta ohjattaessa että sen  
sensoreita ja vaikutusjärjestelmiä käytettäessä.

Tiedonsiirtojärjestelmän katketessa tai katkaistaessa yhteys etäjärjes-  
telmään, on sillä oltava autonominen ohjelmoitu logiikka toiminnasta  
tällaisessa tilanteessa.

Järjestelmää ohjataan kaukokäyttöisesti toimintaetäisyyden perusteella

- läheltä, etäisyys satoja tai tuhansia metrejä (yhteys voi olla lanka- tai radioyhteys)
- keskietäisyydeltä, etäisyys kilometrejä (radioyhteys)
- kaukoetäisyydeltä, etäisyys kymmeniä tai satoja kilometrejä (radioyh-  
teys ja välitysasemia tai lanka- ja radioverkkojen yhdistelmä).

**Ohjausyksikkö** on sijoitettava alueelle, josta operaattori voi toimia  
suojassa. Ohjausyksikkö tarvitsee monisensoritietojen ollessa

kyseessä kykyä analysoida ja yhdistää dataa ymmärrettäväksi informaatioksi (datafuusio).

Ohjausyksikkö on voitava liittää fyysisesti tai loogisesti toiminnanohjausjärjestelmään tai johtamisjärjestelmään.

Kehitys kulkee verkkokeskeisen sodankäynnin mallin suuntaan, jossa etäohjattavilla miehittämättömillä järjestelmillä on kasvava rooli. Etäohjattavien miehittämättömien järjestelmien mahdollisuudet ja olemassa olevat ratkaisut on kartoitettava ja analysoitava ennen seuraavaa pitkän tähtäimen suunnitelmaa (2008-) ja puolustuselontekoa 2008.

Esiselvitys on laadittava vuoden 2005 alkuun mennessä.

Liite 2

Haastattelu Insinöörieversti Jukka Juusti 8.4.2005

## **Mahdolliset miehittämättömien maa-ajoneuvojen tarpeet/kohteet puolustusvoimilla?**

Tarpeet/kohteet ovat yleismaailmallisesti (myös Suomella) samat kaikilla puolustusvoimilla. Eli ne voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri luokkaan: 1. Kevyet ajoneuvot, joiden tehtävänä on lähinnä tukea ryhmän tai joukkueen toimintaa tiedustelu- tai pioneeritehtävissä.

-Eryteisesti asutuskeskustaistelu vaatii tiedustelukykyä omien tappioiden minimoimiseksi. Ajoneuvot ovat yleensä teleoperoitavia eikä niillä tarvitsekaan olla autonomista kykyä vaan niitä ohjataan komentolinkin kautta lähietäisyydeltä.

Pioneeripuolella tehtävät painottuvat pomminpurkamiseen ja raivaustehtäviin, joiden todennäköisyys kasvaa erityisesti asymmetrisen sodankäynnin lisääntymisen myötä. Tämän kevyen käyttöluokan laitteet yleistyvät myös Suomessa em tehtävissä kun järjestelmien hinta laskee massamaisen valmistuskapasiteetin myötä. Ensimmäisenä järjestelmät tulevat käyttöön pioneeripuolella, mutta myös jalkaväkitaistelua tukevissa tiedustelutehtävissä nähdään miehittämättömiä laitteita viimeistään 2015 mennessä Suomessakin.

2. Pienet miehittämättömät ajoneuvot joukkojen huoltoon liittyen erityisesti tylsissä, likaisissa, vaarallisissa ja ihmiselle mahdottomissa tehtävissä. Päätehtävänä tällöin olisivat materiaalin kuljetus, tiedustelu ja valvonta. Laitteet sisältävät älyä ja autonomiaa huomattavasti enemmän kuin luokan 1 kevyet ajoneuvot. Suomen osalta kysymykseen tulisivat lähinnä erikoiskohteiden valvontatehtävät ja erityistapauksessa materiaalitydennykseen liittyvät huoltotehtävät. Tämän laiteluokan käyttökelpoisuus Suomen puolustusvoimien kannalta on huomattavasti vähäisempi kuin kevyen luokan laitteiden. Ensimmäiset järjestelmät tulevat koekäyttöön aikaisintaan 2015.

3. Raskaat panssaroidut tunkeutumiskykyiset järjestelmät. Tämänkaltaisten järjestelmien käyttöönotto Suomessa ei ole kovin todennäköistä. Järjestelmät ovat kalliita ja vaativat teknisesti monimutkaisen operointijärjestelmän. Liittoutumattomalla maalla ei ole taloudellisia ja teknisiä resursseja kyseiseen teknologiaan. Tulevaisuudessa, mitkä olisivat mahdollisia suomalaisia yrityksiä, joiden kanssa PV voisi kehittää miehittämättömiä ajoneuvoja?(PATRIA,VTT...?)

-Kotimaisen teollisuuden rooli miehittämättömien järjestelmien osalta tulee olemaan lähinnä järjestelmien erilaisten käyttösovellusten modifiointi. Miehittämättömien ajoneuvojen kehittäminen ja valmistaminen Suomessa ei nähdäkseni ole taloudellisesti mielekäästä eikä kannattavaa liiketoimintaa. Osajärjestemien kehittämiseen voivat osallistua esim Patria, Instrumentointi ja TKK.

## **EU:n sisäiset kehitysnäkymät UGV:lle? Onko julkista tietoa saatavilla?**

EU:n sisäisistä kehitysnäkymistä UAV:n osalta parhaan asiantuntemuksen omaa vasta perustettu EDA (European Defence Agency), joka on tehnyt peruskartoituksen UAV-teknologian osalta. EDAn osalta asiaa voi tiedustella esim. siellä toimivilta suomalaisilta virkamiehiltä (esim. Pasi Pasivirta)

### **Liite 3**

#### **Haastattelu Majuri Pasi Pasivirta 18.4.2005**

##### **1. Onko EDA:sta olemassa jonkinlaista yleistä esittelyä tai (lehdistö)tiedotteen-omaista materiaalia saatavilla? Voisitteko mahdollisesti välittää minulle tällaista tietoa?**

EDA:an liittyvää tietoa löytyy seuraavan linkin takaa [http://ue.eu.int/cms3\\_fo/showPage.asp?id=277□=EN&mode=g](http://ue.eu.int/cms3_fo/showPage.asp?id=277□=EN&mode=g)

##### **2. Mikä on Teidän oma näkemyksenne EU:n tulevaisuuden kehitysnäkymistä miehittämättömien maa-ajoneuvojen osalta?**

EU:lla ei käsittääkseni ole asiaan liittyvä virallista linjaa. En ole myöskään vielä törmännyt sellaiseen suorituskykyvajeseen, johon ratkaisua haetaan miehittämättömistä maa-ajoneuvoista.

##### **3. Tämän hetkisen kehityksen/yhteistyöhankkeiden painopisteet?**

Miehittämättömiin järjestelmiin liittyen kaikki effortti vaikuttaa tällä hetkellä kohdistuvan UAV-kysymysten ratkaisemiseen (vertaa EDA:n työohjelma v 2005).

##### **4. Mahdollisia omia kommenttejanne tai lisäyksiä liittyen aiheeseen?**

Miehittämättömillä maa-ajoneuvoilla on varmaankin paljonkin hyviä käyttökohteita. Jonkun tulee kuitenkin ensiksi osoittaa tarve kyseisille järjestelmille. Oleellista olisikin kysyä mihin tarkoitukseen miehittämättömiä maa-ajoneuvoja on ajateltu käytettävän. Jos tähän ei tunnu löytyvän vastausta, niin asiaa voisi kartoittaa vielä selvittämällä onko maavoimilla jokin tunnistettu suorituskykyvaje, johon miehittämätön maa-ajoneuvo saattaisi olla ratkaisu. Amerikkalaiset käyttävät kyseisiä vehkeitä muun muassa rakennusten sisätiloissa tapahtuvaan tiedusteluun. Mikäli löytyy jokin tunnistettu suorituskykypuute (tai jokin asia haluttaisiin tehdä toisella tavalla tai paremmin) on perusteltua selvittää miehittämättömän maa-ajoneuvon soveltuvuutta asiaan. Eli summa summarum - jos mikään taho ei indikoi, että kyseisiä laitteita halutaan/tarvitaan, niin työn jatkaminen on kyseenalaista. Tämän lisäksi on syytä huomioda, että miehittämättömät maa-ajoneuvot kattavat normaalin RC-auton lisäksi myös raskaat (10t+) neli-akseliset ajoneuvot ja kaiken siltä väliltä.