

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ILMASTA MAAHAN -ASEIDEN TARVITSEMAN MAALITIEDON HANKINNASSA ILMATORJUNNAN SUOJAAMASSA YMPÄRISTÖSSÄ

EUK:n tutkielma

Kapteeni
Jani Viitala

Esiupseerikurssi 62
Ilmasotalinja

Huhtikuu 2010

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Esiupseerikurssi 62	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Kapteeni Jani VIITALA	
Tutkielman nimi MIHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ILMASTA MAAHAN -ASEIDEN TARVITSEMAN MAALITIEDON HANKINNASSA ILMATORJUNNAN SUOJAAMASSA YMPÄRISTÖSSÄ	
Oppiaine johon työ liittyy Operaatiotaito ja taktiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Huhtikuu 2010	Tekstisivuja 34 Liitesivuja 9
TIIVISTELMÄ <p>Vuoden 2004 iskukykytutkimus esittää lentotiedustelujärjestelmän hankkimista tukemaan HN-kalustoon perustuvaa ilmasta maahan -järjestelmää. Tässä tutkimustyössä on tutkittu kolmen erilaisen miehittämättömän ilma-aluksen käyttömahdollisuuksia ilmasta maahan -aseiden tarvitseman maalitiedon hankkimisessa. Tutkimuksessa mukana olleet ilmasta maahan -aseet olivat JDAM (Joint Direct Attack Munition), AGM-154 JSOW (Joint Standoff Weapon) ja toistaiseksi epävarman hankintansa vuoksi vähäisemmässä määrin AGM-158 JASSM (Joint Air to Surface Standoff Weapon). Miehittämättömiksi ilma-aluksiksi valittiin Predator-koneen kolme eri kehitysversiota, MQ-1 Predator A, MQ-9 Reaper (Predator B) ja Avenger (Predator C).</p> <p>Tutkimuksen pääasiallinen tutkimusmenetelmä on ollut laadullinen kirjallisuusselvitys julkisia lähteitä käyttäen. Suoritusarvoista johdettuihin päätelmiin on käytetty soveltuvin osin määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Lähestymistapa tutkimukseen on ollut hermeneuttinen. Alakysymysten osalta kyseessä on ollut deskriptiivinen tutkimus ja tavoitteena on ollut löytää avainasiat miehittämättömien ilma-alusten käytön kannalta.</p> <p>Tutkimusraportin ensimmäinen luku on johdanto. Toisessa luvussa on selvitetty toimintaympäristön yleiset piirteet ja kolmannessa luvussa ilmasta maahan -aseiden ominaisuudet. Neljäs luku käsittelee tutkimuksessa olleiden miehittämättömien ilma-alusten ominaisuuksia maalitiedon hankkimismahdollisuuksien kannalta.</p> <p>Tutkimustyön johtopäätökset on kirjattu viidenteen lukuun. Tulosten perusteella perinteisten, ilman häiveominaisuuksia rakennettujen miehittämättömien ilma-alusten ei ole mahdollista hankkia kaikkea ilmasta maahan -aseiden tarvitsemaa maalitietoa. Lähialueen ilmatorjunnan vaikutuksen väistämiseksi häiveominaisuudet ja jonkin asteinen tunkeutumiskyky ovat välttämättömät erityisesti pitkän kantaman ilmasta maahan -aseiden tarvitseman maalitiedon hankkimisessa.</p>	
AVAINSANAT Ilmasta maahan -aseet, ilmatorjunta, lentokalusto, lentotiedustelu, miehittämättömät ajoneuvot, miehittämättömät ilma-alukset, pommit, sensorit, UAS, UAV, UCAV, UVS	

TUTKIELMAN SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	TUTKITTAVAN AIHEEN VALINTA JA TARKENTUMINEN	1
1.2	VIITEKEHYS	2
1.3	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	3
1.4	TUTKIMUSONGELMA JA KYSYMYKSENASETTELU	3
1.4.1	<i>Tutkimuskysymykset.....</i>	<i>3</i>
1.4.2	<i>Käsittelytapa ja rajaukset.....</i>	<i>4</i>
1.4.3	<i>Peruskäsitteiden määrittely.....</i>	<i>8</i>
1.5	LÄHDEAINEISTO.....	8
1.6	AIEMPI TUTKIMUS	9
2	TOIMINTAYMPÄRISTÖ	10
2.1	TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS.....	10
2.1.1	<i>Perusteita</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Tiedusteltavat kohteet.....</i>	<i>11</i>
2.1.3	<i>Vastassa oleva ilmapuolustus.....</i>	<i>11</i>
2.1.4	<i>Ympäristön olosuhteet ja sää.....</i>	<i>13</i>
2.2	TIIVISTELMÄ TÄRKEIMMISTÄ ARVOISTA.....	13
2.3	KUVATUT OMINAISPIIRTEET VERRATTUNA TÄMÄN HETKEN ULKOMAIISIIN OPERAATIOIHIN	14
3	UUSI SUORITUSKYKY – HN-KALUSTOLLE HANKITTAVAT ILMASTA MAAHAN -ASEET	14
3.1	EROJA JA YHTÄLÄISYYKSIÄ	14
3.2	TARKASTELTAVIEN ASEIDEN KUVAUKSET	15
3.2.1	<i>JDAM – päivityspaketilla lisää tarkkuutta ja ulottuvuutta.....</i>	<i>15</i>
3.2.2	<i>AGM-154C JSOW – moottoriton liitopommi</i>	<i>17</i>
3.2.3	<i>AGM-158 JASSM – potentiaalista kaukovaikutusta.....</i>	<i>19</i>
3.3	TIIVISTELMÄ TÄRKEIMMISTÄ ARVOISTA JA MAALITIEDOTARPEISTA	20
4	MIEHITTÄMÄTTÖMÄT ILMA-ALUKSET MAALITIEDON KERÄÄJINÄ	21
4.1	JOHDANTO PREDATOR-SARJAAN.....	21
4.2	PREDATORIN KOLME SUKUPOLVEA	22
4.3	TOIMINTAKORKEUS JA -NOPEUS.....	23
4.4	TOIMINTASÄDE JA -AIKA.....	24
4.5	KOKO, HÄIVEOMINAISSUUDET JA SELVIYTYMINEN UHKAYMPÄRISTÖSSÄ.....	25
4.6	HYÖTYKUORMA SEKÄ MAALITIEDUSTELUN JA TIEDONSIIRRON VÄLINEET	26
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
5.1	TARKASTELUSSA OLLEIDEN UAV:IDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET MAALITIEDON HANKINNASSA....	28
5.2	YHTEENVETO	33
5.3	TUTKIMUSTULOSTEN LUOTETTAVUUS	33
5.4	JATKOTUTKIMUSTARPEET	34

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

LIITELUETTELO

LIITE 1
LIITE 2
LIITE 3
LIITE 4
LIITE 5
LIITE 6
LIITE 7

LYHENTEET
JDAM
AGM-154C JSOW
AGM-158A JASSM
MQ-1 Predator A
MQ-9 Reaper
Avenger

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ILMASTA MAAHAN -ASEIDEN TARVITSEMAN MAALITIEDON HANKINNASSA ILMATORJUNNAN SUOJAAMASSA YMPÄRISTÖSSÄ

1 JOHDANTO

1.1 Tutkittavan aiheen valinta ja tarkentuminen

Tutkimuksen aihealueena on miehittämättömien ilma-alusten (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) kehitysnäkymät ja käyttömahdollisuudet. Miehittämättömien ilma-alusten kehitystyö on ollut viime vuosina aktiivista ja niiden käyttö sekä käyttömahdollisuudet ovat lisääntyneet radikaalisti 1990-luvun jälkeen. Vuoden 2004 iskukykytutkimus esittääkin operatiivisen lentotiedustelujärjestelmän hankkimista tukemaan HN-kalustoon (Hornet) perustuvaa ilmasta maahan -järjestelmää¹.

Mahdollisesti hankittavat pitkän ja keskipitkän kantaman ilmasta maahan -aseet tarvitsevat kohteesta vähintään sijainnin koordinaatteina ja osa aseista tarvitsee tai pystyy vähintään käyttämään hyväkseen myös kuvamateriaalia sekä kohteen tunnistamiseen että reitillä suunnistamiseen.

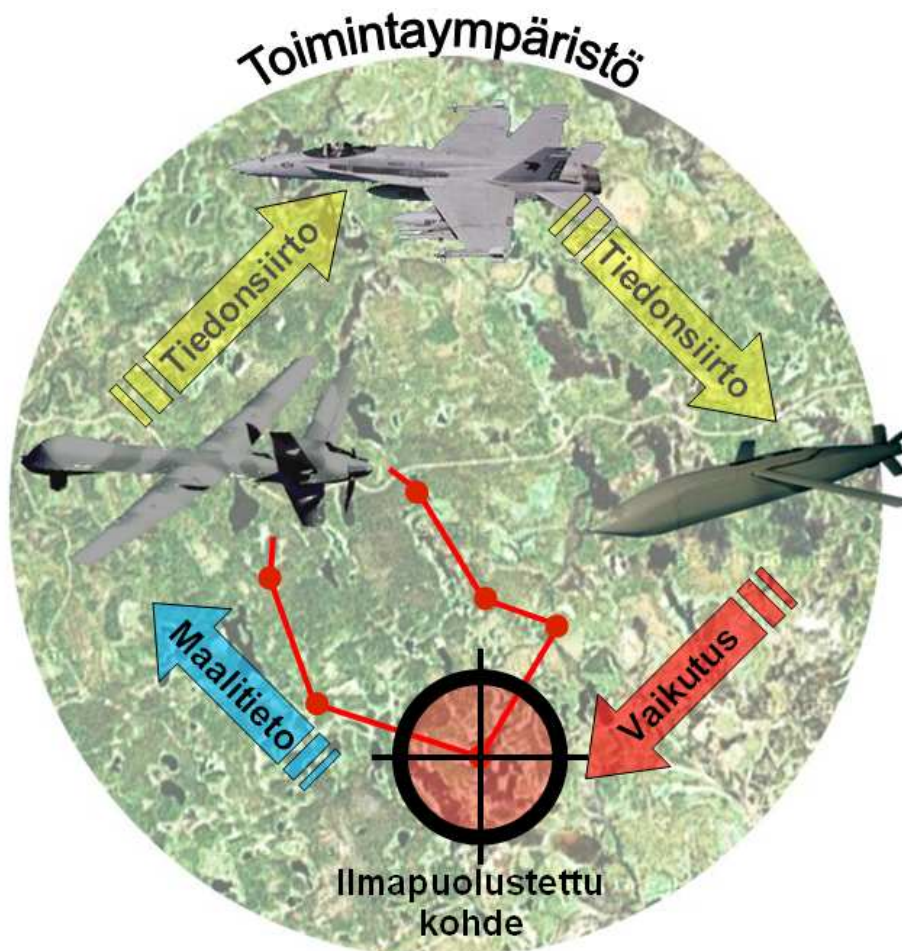
Ilmasta maahan -aseiden ulottuvuuden vuoksi todennäköiset – ja nyt myös mahdolliset – kohteet voivat sijaita syvällä vastustajan ilmapuolustetulla alueella, jolloin myös kyseeseen tulevan tiedustelujärjestelmän tulee kyetä toimimaan kaukana omista joukoista ja johtoyhteyksistä. Tällöin tarkasteluun päätyvät lähinnä MALE- (Medium Altitude Long Endurance) ja HALE- (High Altitude Long Endurance) tyyppiset lentolaitteet, joilla on oltava kyky siirtää tietoa vähintään ilmasta maahan ja mahdollisuuksien mukaan myös muille ilma-aluksille.

Aihepiiri supistui ensin UAV-kaluston käyttöön ilmavoimien tulevan ilmasta maahan -aseistuksen maalitiedon hankinnassa. Tarkoituksena oli aluksi sulkea uhkatekijät (so.

¹ Pääesikunta, Maavoimaosasto: Tiedote *Iskukykytutkimuksen tulokset*, 4.3.2004, s. 5

lähialueen ilmapuolustus) pois tutkimuksen piiristä ja etsiä vastausta tutkimuksen pääkysymykseen apukysymysten 2 ja 3 kautta. Aihepiiriin syventymisen myötä kävi ilmeiseksi, että tärkeimmät vaikuttavat tekijät miehittämättömien ilma-alusten käytössä ovat niiden sensorien kyvyt ja mahdollisuudet selviytyä ilmapuolustetussa ympäristössä². Tämän jälkeen lisäksi tutkimuskysymyksiin uuden apukysymyksen (nro 1) ja tutkimus rajautui suhteellisen myöhäisessä vaiheessa koskemaan miehittämättömien ilma-alusten käyttöä ilmapuolustetussa toimintaympäristössä. Erityyppisten UAV:iden osalta päädyin aihepiiriin tutustumisen jälkeen valitsemaan tutkimukseen Predator-perheen eri versiot, Predator A:n, Reaperin sekä suhteellisen uuden Avengerin.

1.2 Viitekehys



Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys

² Callero, Monti: *Assessment of Nonlethal Aerial Vehicles for Integration with Combat Aviation Missions*, RAND Corporation, 1995, s. viii on päätyntä myös samaan lopputulokseen. Vaikka lähde on aihealueen nopea kehitys huomioiden suhteellisen vanha, ja osa yli viidentoista vuoden takaisista ongelmista on jo ratkaistu, on perusproblematiikka mielestäni edelleen validi.

Tutkimus koskee kuvatussa toimintaympäristössä olevan ilmapuolustetun kohteen tiedustelua miehittämättömällä ilma-aluksella. Saadakseen toivotun vaikutuksen ilmasta maahan -ase tarvitsee maalista maalitietoa ja yhtenä maalitiedon hankinnan välineenä on UAV. Tutkimuksen punaisena lankana on siis selvittää UAV:n käyttöä ja kykyä suoriutua ilmasta maahan -aseiden tarvitseman maalitiedon hankinnassa ilmapuolustetussa toimintaympäristössä. Tiedonsiirto on välttämätön vaihe maalitiedon saamiseksi ilmasta maahan -aseelle, mutta varsinainen tiedonsiirto ei kuulu tutkittaviin asioihin.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen pääasiallinen tutkimusmenetelmä on ollut laadullinen kirjallisuusselvitys julkisia lähteitä käyttäen. Tutkimuksessa on käsitelty määrättyä tapausta aineistolähtöisen analyysin kautta³ ja tutkimuksen tulokset perustuvat tutkijan aineiston (ja osittain niistä tehtyjen laskelmien) pohjalta tekemiin päätelmiin. Suoritusarvoista johdettuihin päätelmiin on käytetty soveltuvien osin määrällisiä tutkimusmenetelmiä⁴. Lähestymistapa tutkimukseen on ollut hermeneuttinen ja tutkimusprosessiin tullut syötteitä niin tutkijan omasta aiemmasta ymmärryksestä ja tiedoista ilmoituksesta kuin lähdemateriaalista. Näkökulma tutkimuksessa on ollut tiukasti rajattuna suomalaiseen toimintaympäristöön. Hermeneuttinen lähestymistapa näkyy myös siinä, että tutkimusongelmaan ei ole löydettävissä absoluuttista totuutta ja johtopäätöksissä on löydettävissä jossain määrin subjektiivisuutta.⁵ Alakysymysten osalta kyseessä on ollut deskriptiivinen tutkimus ja tavoitteena on ollut löytää avainasiat UAV:n käytön kannalta (mitä UAV:t pystyvät tekemään, mitä ilmasta maahan -aseet tarvitsevat).

1.4 Tutkimusongelma ja kysymyksenasettelu

1.4.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimustehtävän pääkysymys

³ Huttunen, Mika; Metteri, Jussi: *Ajatuksia operaatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 2, Taktiikan asiantieto n:o 1/2008, Edita Prima Oy, Helsinki 2008, s. 51

⁴ Metteri, Jussi: *Kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät operaatiotaidon ja taktiikan tutkimuksessa*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 2, n:o 1/2006, Edita Prima Oy, Helsinki, 2006, s. 11

⁵ Huttunen ja Metteri (2008), s. 23–26

- Millaiset ovat tutkimukseen valittujen miehittämättömien ilma-alusten käyttömahdollisuudet ilmasta maahan -tehtävien vaatiman maalitiedon hankkimisessa Suomen lähi-alueella

Tutkimustehtävän alakysymykset:

- 1) Mitä uhkaa vastaan ja millaisessa toimintaympäristössä UAV:n oletetaan toimivan
 - Millaisia ovat lähialueen ilmatorjuntajärjestelmien yleiset ominaisuudet ja miten ne vaikuttavat UAV:n käyttömahdollisuuksiin
 - Aiheuttavatko ympäristön olosuhteet rajoituksia UAV:n tehtävän suorittamiselle
- 2) Minkälaiset mahdollisuudet esimerkki-UAV:illa on kerätä ja välittää tarvittavaa maalitietoa
 - Vaikuttavina asioina
 - Toimintakorkeus ja -nopeus
 - Toimintasäde ja -aika
 - Maalitiedustelun ja tiedonsiirron välineet
- 3) Mitä tietoa hankittavat ilmasta maahan -aseet tarvitsevat ja voivat käyttää hyväkseen
 - Ilmasta maahan -aseiden ohjautus alkuhakeutumisen aikana ja siihen tarvittavat tiedot
 - Loppuhakeutumismenetelmä ja etsimen tarvitsema tieto
 - Miten maalitieto saadaan syötettyä aseelle

1.4.2 Käsittelytapa ja rajaukset

Olen tutkinut aihetta ilmasta maahan -asejärjestelmien antamien mahdollisuuksien ja vaatimusten antamista lähtökohdista. Tarkoituksena oli selvittää, miten kuvaus- ja paikkatiedusteluun käytettäviä miehittämättömiä lentolaitteita voisi ja kannattaisi käyttää osana ilmavoimien ilmasta maahan -iskukykyä. Tarkasteltavat lentolaitteet valittiin länsimaisten valmistajien valikoimasta, koska ne ovat itäkalustoa todennäköisemmin yhteensopivia ilmavoimien ja hankittavien ilmasta maahan -aseiden käyttämien järjestelmien kanssa. Yksittäiset laitteet tutkimukseen valittiin siten, että esimerkkitapausten ominaisuuksissa oli selvästi havaittavia eroja, koska tarkoituksena oli tarkastella erilaisia käyttömahdollisuuksia nykyisen kaltaisessa

toimintaympäristössä. Lopulta valinta osui Predator-sarjan eri versioihin, joilla oli tehtävän suorittamisen kannalta riittävän suuret eroavaisuudet suorituskyvyissä.

Näkökulmaksi olen valinnut miehittämättömien ilma-alusten käytön ilmavoimien ilmasta maahan -toiminnan kannalta. Ilmasta maahan -toiminnan voi jakaa toiminnan kohteen tai toimintatavan mukaan eri tavoin, esimerkiksi RAND Corporationin tutkimus suosittaa eri puolustushaaroille seuraavaa yksinkertaistettua jakoa:

1. Lähitaistelussa olevien vihollisen maajoukkojen tuhoamisen tukeminen [CAS, Close Air Support, lähitulituki]
2. Vihollisen maajoukkojen heikentäminen ennen lähitaistelun alkamista [AI, Air Interdiction, ilmaeristäminen]
3. Vihollisen sodankäyntikyvyn tuhoaminen [Strategic Air Attack]⁶

Lähitulituki rajattiin pois jo iskukykytutkimuksessa⁷, joten UAV:n käyttöä tarkastellaan muun kuin (lähi)taistelussa olevien kohteiden tiedustelun kannalta. Osan UAV:n hankkimasta tiedosta voi hankkia myös muilla tavoin (rauhan ajan tiedustelu, erikoisjoukot, satelliitit jne.) ja toisaalta UAV:tä voi ja tulee käyttää myös muihin tiedustelu- ja jopa rauhan ajan virkaaputehtäviin. Edellä mainitut rajaavat kuitenkin pois tutkimuksesta, koska ne eivät palvele tutkimuksen pääkysymystä, ja koska tarkoituksena ei ole selvittää miehittämättömien ilma-alusten kokonaiskäytön konseptia suhteessa muihin tiedustelu- ja tiedonhankintajärjestelmiin.

Elektronisen sodankäynnin UAV:tä ja sen sensoreita vastaan (esimerkiksi GPS:n (Global Positioning System) ja SAR-tutkan (Synthetic Aperture Radar) häirintä) olen jättänyt tutkimustyön ulkopuolelle aiheen laajuuden ja lähdemateriaalin turvallisuusluokittelun vuoksi. Myös miehittämättömien ilma-alusten huollot, teknisen henkilökunnan, operaattorit (ohjaajat, sensorioperaattorit, tiedustelun koordinaattorit) ja edellä mainittuihin liittyvän koulutuksen rajaavat pois tutkimuksen piiristä.⁸

⁶ Pirnie, Bruce R.; Vick, Alan; Grissom, Adam; Mueller, Karl P.; Orletsky, David T.: *Beyond Close Air Support – Forging a New Air-Ground Partnership*, RAND Corporation, 2005, s. 78 [hakasulkeissa kirjoittajan lisäämät aiemmat termit]. Tutkimuksen mukaan vain CAS oli määritelty kunnolla, AI puutteellisesti ja strategiset hyökkäykset olivat vain sivumaininta.

⁷ Pääesikunta, Maavoimaosasto: *Tiedote Iskukykytutkimuksen tulokset*, 4.3.2004, s. 2

⁸ USAF on tutkinut omaa tilannettaan ja esittänyt jatkotoimenpiteitä henkilöstötilanteet parantamiseksi. Ks United States Air Force, Headquarters: *United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047*, Washington, 2009

Rajasin tutkimuksen koskemaan keskikokoisia lentolaitteita, joiden toimintasäde on yli 100 km. Pienimmät taktiset lennot jäivät pois riittämättömän toimintasäteen ja -ajan vuoksi. Suurimmat lentolaitteet, kuten esim. RQ-4 Global Hawk, rajautuivat puolestaan saatavuutensa ja hintansa vuoksi epätodennäköisinä vaihtoehtoina pois tutkimuksesta. Lisäksi iskukykytutkimus esittää nimenomaan operatiivisen lentotiedustelujärjestelmän hankkimista⁹, kun taas Global Hawkia voi pitää jo strategisen tasan tiedustelun välineenä¹⁰.

Miehittämättömät taisteluilma-alukset (UCAV, Unmanned Combat Air Vehicle) olivat mukana valittavien ilma-alusten joukossa tiedusteluominaisuuksiensa vuoksi. UCAV:ien taistelukyvyllä ei ole merkitystä tutkimusongelman kannalta, mutta mahdollisen aseistuksen ei annettu rajata muuten kelvollista maalitiedon hankkijaa tutkimuksen ulkopuolelle. Taistelukyky on vain huomioitava ominaisuus tiedustelukyvyn lisäksi. Taistelu- ja tiedustelukyvyn yhdistäminen puolustusvoimien yhteiseen tulenkäyttöön vaatisi oman tutkimuksensa, eikä mahdu tämän tutkimustyön piiriin. Lisäksi miehittämättömien taisteluilma-aluksien ominaisuuksista on tehty tutkimustyö esiupseerikurssi 61:llä¹¹.

Yllä mainitut perusteet huomioiden valitsin tutkimuskohteiksi General Atomics Aeronautical Systems Inc:n Predator-ilma-alusperheen kolme eri versiota (Predator A, B ja C). Predatoreita on käytetty aktiivisesti jo vuosia (pl. C-versio), niistä on saatu käyttökokemuksia ja lähdemateriaalia laitteista on saatavilla. Lisäksi kyseisiä lentolaitteita on käytetty maalitiedon hankinnassa Irakissa ja Afganistanissa, ja esimerkiksi Predator B (Reaper) pystyy käyttämään Suomeenkin hankittavaa JDAM:ia¹².

Tutkimuksen ilmasta maahan -aseet ovat JDAM (Joint Direct Attack Munition), AGM-154C JSOW (Joint Standoff Weapon)¹³ ja AGM-158A JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile). Kaksi ensin mainittua on jo vahvistettu hankittavien ilmasta maahan -aseiden listalle, kun taas JASSM:sta ei ole vielä saatu lopullista päätöstä¹⁴. Tämän vuoksi tutkimustyön ja

⁹ Pääesikunta, Maavoimaosasto: Tiedote *Iskukykytutkimuksen tulokset*, 4.3.2004, s. 5

¹⁰ Pääesikunta, Sotatalousosasto: *Puolustusjärjestelmien kehitys Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 STAE 2020*, osa 2, Edita Prima Oy, Helsinki, 2004, s. 83

¹¹ Puuperä, Sami: *Miehittämätön taisteluilma-alus UCAV, teknologiakatsaus*, Esiupseerikurssin tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2009

¹² Airforce-technology.com: *Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper - Unmanned Aerial Vehicle (UAV), USA*, <http://www.airforce-technology.com/projects/predator/>

¹³ DSCA (Defence Security Cooperation Agency) News Release, *Finland – F/A-18 Mid-Life Update Program*, 27.9.2006 http://www.dsca.mil/pressreleases/36-b/2006/Finland_06-33.pdf ja DSCA News Release, *Finland – F-18 Mid-Life Update Program*, 9.9.2008, http://www.dsca.mil/PressReleases/36-b/2008/Finland_08-85.pdf. Jälkimmäinen tarkentaa JSOW:n C-versioksi.

¹⁴ Defence Industry Daily, *Finland to Buy Cruise Missiles for its Hornets*, 8.4.2009, <http://www.defenseindustrydaily.com/Finland-to-Buy-Cruise-Missiles-for-its-Hornets-05370/>

johtopäätösten painopiste JDAM:n ja JSOW:n tarvitseman maalitiedon hankinnassa JASSM:n jäädessä vähemmälle painoarvolle.

Toimintaympäristöä tarkastelin yleisellä tasolla lähialueelta löytyvien esimerkkijärjestelmien suoritusarvoin (esim. etäisyydet, maalityypit, ilmatorjuntajärjestelmät) tutkimustyön tavoiteltavan turvallisuusluokittelun vuoksi. Tässä tutkimuksessa tarkastelen ilmapuolustusta vain ilmatorjunnan näkökulmasta, koska hävittäjätorjunnan ottaminen mukaan ei ole mahdollista tutkimustyölle annetun sivumäärän puitteissa. Toimintaympäristön tarkastelussa oli huomioitava eroavaisuudet esimerkiksi Irakiin tai Afganistaniin, joissa miehittämättömiä ilma-aluksia on viime aikoina käytetty paljon. Em. maissa mm vastapuolen ilmapuolustus on huomattavasti heikommalla tasolla, kuin tässä tutkimuksessa kuvattavassa ympäristössä.

Koska kaikkien tutkimukseen vaikuttavien tekijöiden vaikutusetäisyydet mitataan kymmenissä tai sadoissa kilometreissä, tarkastelen miehittämättömien ilma-alusten käyttöä suhteellisten etäisyyksien kautta pistemäisen tarkastelun sijaan. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kerään tutkimustyössä tarvittavat tiedot, jotka esitetään toisessa, kolmannessa ja neljännessä luvussa. Toisessa luvussa esitän lähialueesta yleisen toimintaympäristön kuvauksen, josta käy ilmi joukko maalityyppejä sekä toimintaympäristön ilmapuolustuskyky vaikutusetäisyyksiin. Kolmannessa luvussa esittelen tarkastelussa olevat ilmasta maahan -aseet, tärkeimpinä elementteinä ovat mahdolliset maalityypit, kantama sekä hakeutumiseen tarvittava maalitieto. Neljännessä luvussa esittelen valitut miehittämättömät ilma-alukset, tärkeimpinä elementteinä tutkimuksen johtopäätösten kannalta ovat maalitiedon keräämisen välineiden lisäksi toimintasäde, -nopeus ja -korkeus sekä mahdolliset häiveominaisuudet.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa vertailen tutkimuksessa selvinneitä vaatimuksia, tarpeita ja kykyjä etäisyyksien suhteessa. Tavoitteena on tarkastella erityyppisten miehittämättömien ilma-alusten mahdollisuuksia hankkia ilmasta maahan -aseiden tarvitsemaa maalitietoa ja tarkastelun määräävänä tekijänä on se, onko tehtävä mahdollista suorittaa a) ilmapuolustuksen kantaman ulkopuolelta, b) ilmapuolustus kiertäen tai c) ilmapuolustuksen kantaman sisällä. Tutkimustuloksista pitäisi käydä selville ilmapuolustuksen vaikutukset UAV:n yleisiin käyttöperiaatteisiin ja -mahdollisuuksiin.

1.4.3 Peruskäsitteiden määrittely

- Miehittämätön ilma-alus (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) – Joko kiinteä- tai pyöri-väsiipinen lentokyykyinen laite, joka toimii joko ohjelmoituna tai kauko-ohjattuna il-man koneessa olevaa ohjaajaa. Tässä tutkimuksessa käsitellään ainoastaan kiinteäsiipi-siä koneita, ja ne vaativat yleensä kiitotien tai katapultin lentoonlähtöä, ja kiitotien tai laskuvarjon laskeutumista varten.¹⁵
- Miehittämätön taisteluilma-alus (UCAV, Unmanned Combat Aerial Vehicle) – Mie-hittämätön ilma-alus, joka kykenee kantamaan ja käyttämään asekuormaa.
- Miehittämätön ilma-alusjärjestelmä (UAS, Unmanned Aerial System) – Sisältää tyy-pillisesti miehittämättömien ilma-alusten lisäksi ohjaus- ja valvontajärjestelmät, data-linkin, mahdollisen laukaisujärjestelmän ja muita UAV:n käyttöön liittyviä varustei-ta.¹⁶
- Tarvittava maalitieto – Tiedot, jotka ilmasta maahan -pommi tai -ohjus tarvitsee tai voi käyttää hyväkseen osuakseen maaliin. Kyseinen tieto voi olla esimerkiksi koordinaat-teja tai kuvaustiedustelun tuotteita, joiden avulla oikean maalin tai osuapisteiden mää-rittäminen on mahdollista.
- Standoff-kyky – Kyky vaikuttaa maaliin ilmapuolustuksen kantaman ulkopuolelta.

1.5 Lähdeaineisto

Tavoitteena oli tehdä tutkimusraportista julkinen, mikä rajoitti myös lähdemateriaalin valin-taa. Lähdemateriaalina käytetyt puolustusvoimien julkaisut ja asiakirjat ovat olleet julkisia. Osa hankkimastani lähdemateriaalista on ollut turvallisuusluokiteltua viranomaiskäyttöön, mutta kyseisestä materiaalista ei ole otettu luokiteltua asiaa tähän tutkimusraporttiin. Muista lähteistä mainittakoon yleisesti, että mukana on kirjallisuuslähteiden lisäksi paljon internet-lähteitä (mm. Jane's, RAND Corporation, Federation of American Scientists (FAS) ja Global Security) sekä laitevalmistajien omia tiedotteita, jolloin lähdekritiikkiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Wikipediaa ei ole käytetty suoranaisten sotilaallisten asioiden lähteenä, vaan sivustoa on käytetty joko kuvamateriaalin hankkimiseen tai yleisemmän tason asioiden lähteenä esimerkiksi rajakerrokseen liittyen.

¹⁵ Valavanis, Kimon P., *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, Springer 2007, Dordrecht, Netherlands, s. 8

¹⁶ Free Dictionary: *Unmanned Aircraft System*,
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Unmanned+Aircraft+System>

Ilmasta maahan -aseiden osalta tärkeänä lähteenä olivat Jane'sin tietopankit ja julkaisut, joita on täydennetty tarvittaessa muilla lähteillä. Tämän tutkimustyön osalta erityisesti tietoturvaluokittelu huomioiden katson Jane'sin tuovan riittävän tarkkuuden aseiden kuvaukseen, jotta tutkimuksen pääongelmaa on mahdollista päästä käsittelemään.

Lähdemateriaalista oli tarkoitus saada riittävän hyvä ymmärrys ja tietotaso tällä hetkellä käytössä olevien miehittämättömien ilma-alusten sekä hankittavien ilmasta maahan -aseiden suorituskyvystä, että tutkimusongelman käsittely on mahdollista.

Lähdeviittauksissa olen käyttänyt Taktiikan laitoksen opinnäytetöistä annetusta ohjeesta poikkeavaa tekniikkaa. Lähteissä on muutamia vieraskielisiä nimiä ja luettavuuden helpottamiseksi olen käyttänyt puolipistettä (;) pilkun sijaan (,) henkilöiden nimien välissä. Lisäksi huomattavan pitkistä osoitetiedoista johtuen Jane's tietokantaan tehtyihin lähdeviittauksiin löytyvät www-osoitteet lähdeluettelosta.¹⁷

1.6 Aiempi tutkimus

Miehittämättömistä ilma-aluksista on tehty tutkimuksia useiden länsivaltioiden eri ministeriöille ja puolustusvoimille¹⁸ (mm. Yhdysvallat, Iso-Britannia ja Ranska). Tekijöitä on ollut monia, joista mainittakoon mm. riippumaton RAND Corporation, jolta löytyy erilaajuisia tutkimuksia joko suoraan miehittämättömistä ilma-aluksista¹⁹ tai niitä sivuten²⁰. RAND:illa on myös parhaillaan käynnissä tutkimuksia miehittämättömistä ilma-aluksista²¹. Lisäksi aihepiiristä on tehty kaupallisia tutkimuksia²².

Maanpuolustuskorkeakoululla tehdyt tutkimukset ovat keskittyneet joko tässä tutkimuksessa tutkittavia lentolaitteita selvästi lyhyemmän kantaman laitteisiin²³, venäläisten miehittämät-

¹⁷ Vrt. *Taktiikan laitoksen ohje opinnäytetöistä*, Helsinki, 2009, s. 23–24

¹⁸ Esimerkiksi *U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle, Strategic Vision*, 2005

¹⁹ Esimerkiksi Drew, John G.; Shaver, Russel; Lynch, Kristin F.; Amouzegar, Mahyar A.; Snyder, Don: *Unmanned Aerial Vehicle End to End Support Considerations*, RAND Corporation, 2005 käsittelee miehittämättömien ilma-alusten huoltoon liittyviä ongelmia. Lisäksi Callero (1995) käsittelee sitä, kuinka UAV voisi tukea suoraan miehitettyjä ilma-aluksia.

²⁰ Esimerkiksi Taylor, William W.; Bigelow, James H.; Ausink, John A.: *Fighter Drawdown Dynamics Effects on Aircrew Inventories*, RAND Corporation, 2009 käsittelee mm lentäjätaustaisten henkilöiden käyttöä miehittämättömien ilma-alusten ohjaajina.

²¹ RAND, Project Air Force: *Force Modernization and Employment Program*, <http://www.rand.org/paf/agenda/forcemod/>

²² Esimerkiksi Mäkipaja, Simo: *CASE UAV Teknologiaohjelma avulla yhteistyötä*, esitelmä, Patria Oyj, 2006

²³ Jääskeläinen, Jussi: *Alussijoitteinen, miehittämätön ilma-alus*, sotatieteiden kandidaatin tutkielma, 2005

tömien ilma-alusten käyttöön²⁴ tai sitten kyseessä on ollut katsaus miehittämättömien ilma-alusten²⁵ ja taisteluilma-alusten²⁶ yleisiin ominaisuuksiin tai käyttöön. Aihepiiriä lähimpänä sivuaa J. Jurvelinin esipuseerikurssin tutkimustyö *Ilmasta maahan -suorituskyvyn kehittämisen erityispiirteitä suomalaisesta näkökulmasta*, jonka perusteella ”ilmasta maahan - suorituskyvyn kriittisimmäksi osatekijäksi nousi ilmasta maahan -tulenkäytön tarvitsema tiedustelu- ja maalinosoituskyky.”²⁷ Samassa tutkimuksessa nousi esiin muitakin kriittisiä kysymyksiä, joista viisi koski tiedustelu- ja maalinosoitusjärjestelmiä²⁸.

Puolustusvoimilla on tällä hetkellä työryhmiä, jotka selvittävät UAV-asiaa²⁹ (ml. mikro- ja mini-UAV:t, jotka on rajattu pois tutkimuksen piiristä) ja FinUVS-teknologiaohjelma on tuottanut jo selvityksiä ja tutkimusraportteja UAV:n käyttöön liittyen. Edellä mainitut työt liittyvät tämän tutkimuksen aihepiiriin, vaikkakin näkökulmassa ja rajauksissa on selviä eroavaisuuksia.³⁰ Suomi on myös mukana yhteistyössä Saksan, Ranskan ja Espanjan kanssa Agile UAV-NCE-hankkeessa (UAV Network-Centric Environments) ja suomalaisyritykset keskittyvät hankkeessa datalinkin kehittämiseen³¹.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Toimintaympäristön kuvaus

2.1.1 Perusteita

Toimintaympäristöksi on valittu Suomi ja sen välitön lähiympäristö. Tarkastelussa ei oteta huomioon esimerkiksi kansainvälisten tehtävien vaatimuksia Suomesta poikkeavissa olosuhteissa. Seuraavissa alaluvuissa määritetään toimintaympäristön yleiset piirteet, esimerkiksi

²⁴ Petrelius, Tuomo: *Venäläisten miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien ominaisuudet ja taktiset käyttöperiaatteet tiedustelu- ja tulenjohtotehtävissä*, kadettikurssin tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2005

²⁵ Kananen, Jari: *Miehittämättömät ilma-alukset, niiden kehitys sekä käyttö viimeaikaisissa sodissa*, Pro Gradututkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2007

²⁶ Puuperä (2009)

²⁷ Jurvelin, Jaakko: *Ilmasta maahan –suorituskyvyn kehittämisen erityispiirteitä suomalaisesta näkökulmasta*, Esiupseerikurssin tutkimustyö, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2006

²⁸ Jurvelin (2006), s. 38–39

²⁹ Ks. esim. Pääesikunta, Materiaaliosasto, *AE24745 UAV -teknologiaohjelma ; CONOPS-ryhmä ja johtoryhmä*, 28.11.2008

³⁰ Lähteet on luokiteltu turvallisuusluokkaan IV (viranomaiskäyttö) ja ovat saatavilla kirjoittajalta.

³¹ EADS Press Release: *EADS Defence & Security was awarded research and technology programme for the ”Agile UAV in Network-Centric Environments” project*, 18.12.2007, http://www.eads.com/1024/en/pressdb/archiv/2007/20071218_eads_ds_mas_Agile%20UAV_Network-Centric_Environments.html

ilmapuolustuksen yleinen taso mallinnetaan lähialueelta valittujen ilmatorjuntajärjestelmien ominaisuuksien kautta.

Seuraavissa luvuissa ja alaluvuissa termillä rajojen sisäpuolella tarkoitetaan Suomen aluetta ja rajojen ulkopuolisella alueella tarkoitetaan nimenomaan Suomen rajojen ulkopuolista aluetta.

2.1.2 Tiedusteltavat kohteet

Tiedustelun kohteena on sekä kiinteitä että siirtymiskykyisiä maaleja. Kiinteitä ovat esimerkiksi sillat, tutkat, liikenteen infrastruktuuri ja lentotukikohdat sekä osa johtopaikoista ja ilmatorjuntajoukoista. Siirtymiskykyisistä maaleista mainittakoon esimerkiksi hyökkävien joukkojen johtopaikat, joukko- ja materiaalikeskittymät, liikkuvat ilmatorjuntajoukot sekä merivoimien alukset. Tiedustelun ja vaikuttamisen aikana siirtymiskykyisten kohteiden oletetaan olevan paikallaan. Syynä oletukseen on se, että käytettävät ilmasta maahan -aseet eivät pysty iskemään liikkuvaan maaliin, joten maalitietokin on saatava paikallaan olevasta maalista.

Kiinteiden kohteiden koordinaatit oletetaan saavan selville rauhan aikaisella tiedustelulla, jolloin UAV-maalitiedustelun rooliksi jää kuvamateriaalin hankkiminen tai maalin aktiivisuuden selvittäminen (esim. lentotukikohdan konetilanne tai rautatieaseman liikennemäärä voivat vaikuttaa optimaaliseen iskuajankohtaan). Kiinteiden kohteiden oletetaan sijaitsevan alle 280 km:n (noin 150 NM:n) päässä valtakunnan rajasta³².

Siirtymiskykyisistä kohteista tarvitaan vähintään sen hetkiset koordinaatit mahdollisimman suurella tarkkuudella sekä mahdollisuuksien mukaan kuvaustiedustelumateriaalia. Osa siirtymiskykyisistä kohteista vaihtaa sijaintiaan tiheään tahtiin, ja niitä voidaan pitää aikakriittisinä maaleina (Time Sensitive Target, TST).

2.1.3 Vastassa oleva ilmapuolustus

Ilmavalvonnan havaitsemiskyvyn oletetaan olevan hyvällä tasolla sellaisten ilma-alusten osalta, joissa ei ole käytetty hyväksi häiveominaisuuksia. Vastustajan valvontakyky rajojen sisäpuolelle ylittää keski- ja yläkorkeuksilla selvästi sisämaan puolelle, mutta on rajoittunutta ala-

³² JASSM:n maksimikantama on yli 200 NM (lähde www-sivu Jane's JASSM, ks lähdeluettelo) ja vastustajan ilmapuolustuksesta johtuen laukaisun oletetaan tapahtuvan 50 NM rajan sisäpuolelta → tiedustelu on kyettävä ulottamaan 150 NM:iin.

korkeuksissa. Tiedusteltavien kohteiden tasalla valvonnan voi katsoa kattavan koko korkeusalueen maanpinnasta alkaen.

Toiminta-alueen kuvattu ilmatorjunta rakentuu muutaman lähialueelta valitun esimerkin pohjalle, joiden ominaisuuksia voi pitää tyypillisinä kyseisille järjestelmille. Kuvauksessa huomioidaan pitkän, keskipitkän ja lyhyen kantaman järjestelmät³³.

Pitkän kantaman järjestelmät suojaavat strategisesti tärkeitä kohteita ja tässä tutkimuksessa niiden oletetaan sijaitsevan lähellä suojaamia kohteita. Tutkimuksessa pitkän kantaman ilmatorjunnan maksimikantama on keski- ja yläkorkeuksiin noin 80 NM (noin 150 km) enintään noin 88 500 ft:n (27 km) korkeuteen³⁴. Alakorkeuksiin torjuntaetäisyys on noin 23 NM (43 km)³⁵.

Keskipitkän kantaman järjestelmät sijaitsevat suojattavien kohteiden lähetyvillä, ja niiden kantama on noin 17–24 NM (32–45 km) korkealla lentäviin maaleihin ja 8,5–11 NM (16–20 km) matalalla lentäviin. Korkeuspeitto ulottuu 45 000–80 000 ft:iin (noin 13–25 km).³⁶

Lyhyen kantaman järjestelmät peittävät pidemmän kantaman järjestelmien lähikatvealueita. Niiden kantama on 2–5,5 NM (4–10 km) ja korkeuspeitto kattaa maanpinnasta noin 12 000 ft:iin (noin 3,5 km:iin).³⁷ Näin ollen lyhyen ja keskipitkän kantaman järjestelmien yhdistelmänä tiedusteltavilla kohteilla ilmatorjunta kykenee vaikuttamaan koko UAV:iden käytämälle korkeusalueelle.

Lähialueella on käytössä uudenaikaisia hävittäjiä ja niiden voi olettaa pystyvän vaikuttamaan keskisuuriin miehittämättömiin ilma-aluksiin, ellei niitä ole suojattu omilla hävittäjillä ja mi-

³³ Järjestelmien yleisistä määritelmistä voi katsoa tarkennuksia esimerkiksi Ilmatorjuntaupseeriyhdistys: *Asejärjestelmät*, <http://www.ilmatorjuntaupseeriyhdistys.fi/lohtaja/asejarj.htm>

³⁴ [www-sivu](http://www.sivu) Jane's S-300 (ks linkki lähdeluettelosta). Esimerkiksi valittu S-300PM on käytössä Venäjällä.

³⁵ Federation of American Scientists: S-300PMU SA-10 GRUMBLE SA-N-6 GRUMBLE, <http://www.fas.org/nuke/guide/russia/airdef/s-300pmu.htm> antaa tekstissä mainitun arvon torjunnoille alakorkeuksissa käytettäessä 24 metriin nostettua tutkaa. Sivut käsittelee S-300PMU:ta, joka on S-300PM:n vientiversio (Jane's S-300 mukaan). Laskennallinen tutkahorisontti 150 metrin korkeudessa lentävään maaliin on noin 38 NM (70 km), joten kelpuutan 23 NM torjuntaetäisyyden toimintaympäristön tarkasteluun.

³⁶ [www-sivut](http://www.sivut) Jane's HAWK ja Jane's BUK (ks linkit lähdeluettelosta). HAWK on käytössä Ruotsissa (RBS-97 uusin versio) ja BUK sekä Suomessa että Venäjällä.

³⁷ [www-sivut](http://www.sivut) Jane's Tunguska ja Jane's Bofors L/70 (ks linkit lähdeluettelosta). Ensin mainittu on käytössä Venäjällä ja jälkimmäinen mm Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa.

käli vastustajan ilmavalvonta on saanut niistä havainnon^{38 39}, mutta kuten aiemmin rajauksissa totesin, hävittäjätorjunta on rajattu pois tästä tutkimuksesta.

Vastustajan ilmapuolustuksen johtamis- ja tukeutumisyjärjestelmien ei oleteta aiheuttavan rajoituksia UAV:n torjuntoihin liittyen.

2.1.4 Ympäristön olosuhteet ja sää

Vuoristojen määrä lähialueella on vähäinen ja korkeuserot ovat suhteellisen pieniä, joten maastonmuodoilla ei katsota olevan merkittävää vaikutusta operointiin. Sää on vaihtelevaa ja se voi rajoittaa sekä lentämistä kohdealueella että lähestymisten lentämistä laskukentälle. Jääntävien olosuhteiden riski on merkittävä talviaikaan. Pilvikorkeus, pilvikerrosten kattavuus ja näkyvyys pilvien alapuolella voivat vaihdella radikaalisti lyhyilläkin etäisyyksillä. Suomessa on pilvisiä päiviä keskimäärin 141–188 kpl vuodessa⁴⁰ (lisäksi vielä osittain pilviset päivät), joten pilvitilanteella on suuri merkitys kuvaustiedustelulle. Pilvet rajoittavat elektro-optisten laitteiden käyttöä, mutta niillä ei ole ratkaisevaa merkitystä SAR-tutkan toiminnalle, kunhan tutka toimii riittävän alhaisella taajuudella⁴¹.

2.2 Tiivistelmä tärkeimmistä arvoista

Suorituskyky / järjestelmä	Lyhyen kantaman järjestelmät	Keskipitkän kantaman järjestelmät	Pitkän kantaman järjestelmät
Suurin kantama (matalalle) / NM	2–5,5	8,5–11	23
Suurin kantama (korkealle) / NM	-	17–24	80
Suurin torjuntakorkeus / 1000 ft	12	45–80	88,5

Taulukko 1. Lähialueen ilmatorjuntajärjestelmien tärkeimmät suoritusarvot.

³⁸ Irakilainen MiG-25 onnistui ampumaan Predatorin alas, joten en näe syytä epäillä, ettei JAS-39, F-16MLU tai Su-27 siihen pystyisi. Cosgrove-Mather, B.: *Pilotless Warriors Soar To Success*, CBS:n uutisartikkeli 25.4.2003, <http://www.cbsnews.com/stories/2003/04/25/tech/main551126.shtml> ja CBS: uutislähetys (katkelma) <http://www.youtube.com/watch?v=wWUR3sgKUV8>

³⁹ BBC NEWS: *Russia "Shot Down Georgia Drone"*, 21.4.2008, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/7358761.stm> kertoo puolestaan venäläisen MiG-29:n ampuneen alas georgialaisen UAV:n

⁴⁰ Ilmatieteen laitos: *Pilvisten päivien lukumäärä kuukausittain*, http://www.fmi.fi/saa/tilastot_55.html. Kyseisessä tilastossa pilvinen päivä tarkoittaa että lähes koko päivän on täysin tai lähes kattava pilvikerros.

⁴¹ Chan, Y. K.; Koo, V. C.: *An Introduction to Synthetic Aperture Radar (SAR)*, Progress In Electromagnetic Research B, Vol. 2, 2008, s. 53

2.3 Kuvatut ominaispiirteet verrattuna tämän hetken ulkomaisiin operaatioihin

Tarkastelussa on tärkeä huomata, että nyt kuvattu toimintaympäristö eroaa selvästi esimerkiksi Afganistanista, Irakista tai muista Aasian tai Afrikan maista. Tärkein ero on vastapuolen ilmapuolustuksen heikko taso lähi-ilmatorjunta-aseiden kantaman ulkopuolella. Käytännössä ilma-aluksilla (niin miehitetyillä kuin miehittämättömillä) voidaan operoida 15 000 ft:n (n. 4,5 km:n) yläpuolella⁴². Heikko ilmapuolustus näkyy myös olemattomana hävittäjätorjuntana. Lisäksi vastapuolen hyökkäyksellisistä ilmaoperaatioista ei ole vaaraa, joten hitaatkaan ilma-alukset eivät jää vastustajan operaation jalkoihin, vaan voivat turvallisesti lentää pitkiäkin aikoja tarvittavalla alueella.

Lähimenneisyydestä Kosovon operaatio Allied Force lienee lähimpänä suomalaista toimintaympäristöä sään ja kasvillisuuden osalta. Puolustaja pystyi käyttämään hyväkseen sekä säätä että maastoa⁴³ ja vaikeuttamaan siten tiedustelua ja ilmasta maahan -toimintaa. Serbeillä oli käytössään ilmatorjuntaa ja he onnistuivat pudottamaan useita matalalla lentäneitä miehittämättömiä ilma-aluksia, ml. Predatoreita, joita käytettiin tiedusteluun, maalinosoituksiin (ja paikantamisiin) miehitetyille ilma-aluksille sekä löydettyjen maalien tunnistamiseen voimassa olleiden ROE-menetelmien (Rules Of Engagement) mukaisesti.⁴⁴

3 UUSI SUORITUSKYKY – HN-KALUSTOLLE HANKITTAVAT ILMASTA MAAHAN -ASEET

3.1 Eroja ja yhtäläisyyksiä

Aseiden toimintaperiaatteen osalta on huomattava, että ne eroavat toisistaan merkittävästi. JDAM (Joint Direct Attack Munition) on erillinen ohjain/ohjausyksikköpaketti, joka voidaan kiinnittää moneen erilaiseen ”tyhmään” pommiin. JSOW (Joint Standoff Weapon) puolestaan on liitopommirunko, jonka sisään voidaan laittaa erilaisia tytäripommeja tai taistelukärkiä. Ja viimeisenä esiteltävä JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile) onkin jo täysiverinen risteilyohjus. Yhteistä kaikille edellä mainituille on INS/GPS-pohjainen suunnistusjärjestelmä ja standoff-kyky (joskin JDAM:n osalta hyvin rajoittunut) sekä laukaisun jälkeinen itsenäinen maaliin hakeutuminen (päivitystarvetta tai edes -mahdollisuutta ei laukaisun jälkeen ole).

⁴² Tiron, Roxana: Despite Doubt, Air Force Stands by Predator, *National Defence Magazine*, December 2001, http://www.nationaldefensemagazine.org/ARCHIVE/2001/DECEMBER/Pages/Despite_Doubts4155.aspx

⁴³ Global Security: *Operation Allied Force*, http://www.globalsecurity.org/military/ops/allied_force.htm

⁴⁴ Lambeth, Benjamin S.: *NATO's Air War for Kosovo: A Strategic and Operational Assessment*, RAND Corporation, 2001, s. 94–97

Tekniset tiedot aseista löytyvät liitteistä (liitteet 2–4) ja kuvaus yleisistä toimintaperiaatteista ja käytöstä löytyvät seuraavista alaluvuista.

3.2 Tarkasteltavien aseiden kuvaukset

3.2.1 JDAM – päivityspaketilla lisää tarkkuutta ja ulottuvuutta

JDAM on GPS-avusteinen INS-ohjausmodifikaatio, joka voidaan asentaa tavalliseen ohjaimattomaan ilmasta pudotettavaan pommiin. Mahdollisia vaihtoehtoja ovat ainakin Mk 82, Mk 83, Mk 84, BLU-109/B, BLU-110/B, BLU-111/B ja BLU-126/B. Ohjauselektronikka ja ohjainpinnat on sijoitettu pommin takaosaan tavallisen peräosan ja -siipien tilalle. GBU-31- ja GBU-32-versioissa on lisäksi pommin keskirunkoon kiinnitettävät pitkät levyt, joissa on ohuet siipimäiset ulokkeet. Niiden tehtävänä on pitää pommi oikeassa asennossa, tuottaa nostovoimaa ja parantaa pudotusmahdollisuuksia vaikuttamalla rajakerrokseen.⁴⁵

JDAM:ille sopivat kohteet vaihtelevat taisteluosan ominaisuuksien mukaan. Pelkästään INS/GPS-järjestelmiin perustuvat hakeutumiset rajoittavat iskut ainoastaan paikallaan olevia kohteita vastaan ja vasta GBU-54 Laser JDAM mahdollistaa hyökkäykset myös liikkuvia maaleja vastaan⁴⁶.

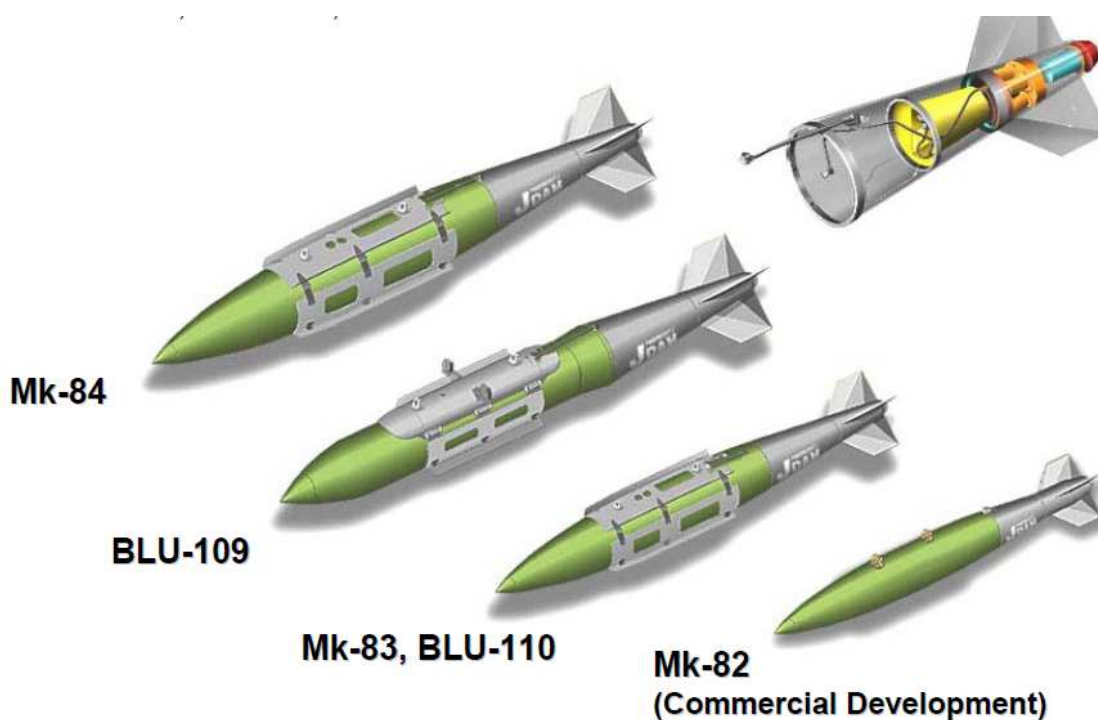
INS:n elektronikka on sijoitettu perärunkoon, kuten myös GPS-vastaanotin. Tällä hetkellä oletetaan, että GPS-antenneja olisi kaksi kappaletta, yksi yläpinnalla matkalentovaihetta varten ja toinen takaosassa varmistamassa hyvän satelliittiyhteyden loppuhakeutumisen aikana. Uusi neliantenninen järjestelmä on kuitenkin tulossa uusimpiin versioihin⁴⁷, minkä pitäisi entisestään lisätä häirinnänsietoa ja mahdollisesti osumatarkkuutta.

⁴⁵ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta). Lähde käyttää sanamuotoa "Boundary layer separators", mikä viittaa rajakerroksen irtoamiseen (tai itse asiassa irrottamiseen ilman virtauksen suuntaa muuttamalla). Tarkoituksena lienee estää nostovoiman syntymistä irtoamishetkellä ja varmistaa pommin turvallinen pudottaminen. (Rajakerroksen irtoamisesta lisää mm. Balmer, David: *Separation of Boundary Layers*, <http://www.see.ed.ac.uk/~johnc/teaching/fluidmechanics4/2003-04/fluids14/separation.html> sekä Wikipedia: *Boundary Layer Separation*, http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_layer_separation)

⁴⁶ Defence Update: *Laser Guided JDAM Debuts in Iraq*, <http://defense-update.com/newscast/0808/270808laserguidedjdamdebutsiniraq.html> sekä Defenceworld.net: *Boeing signs contract with USA to provide JDAM*, <http://www.defenseworld.net/go/defensenews.jsp?id=3697&h=Boeing%20signs%20contract%20with%20USA%20provide%20JDAM>

⁴⁷ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

Tehtävätiedot syötetään pommiä kantavalle lentokoneelle ennen lentoa ja tietoihin kuuluvat mm. maalin koordinaatit, loppuhakeutumisen parametrit sekä hyväksyttävät pudotusehdot lentoarvojen osalta (esim. korkeus, nopeus, lentosuunta ja etäisyys maalista)⁴⁸, ja lentoarvoista riippuen JDAM:illa on mahdollista saavuttaa 8,5–15 NM:n kantama⁴⁹. Maalipisteen koordinaatteja voi päivittää myöhemminkin joko ohjaajan manuaalisesti syöttämänä tai automaattisesti koneen sensoreilta.⁵⁰ Ennen pommin pudottamista sen ohjausyksikölle syötetään tiedot lentokoneen sijainnista ja nopeudesta sekä maalin koordinaatit. Laukaisun jälkeen pommi hakeutuu annettuun pisteeseen itsenäisesti. Mikäli GPS-yhteyttä ei saada (esim. viasta tai häirinnästä johtuen), pommi hakeutuu kohteeseen pelkän INS:n avulla. Tämän hetkinen GPS/INS-ohjausyksikön vaadittu CEP (Circular Error Probable) on 30 m ainoastaan INS:n ohjaamana ja 13 m GPS-tuettuna.⁵¹ Boeingin edustajan mukaan todellinen CEP on 95 %:n varmuudella hieman alle 10 m.⁵²



Kuva 2.⁵³ JDAM:n eri versioita. Jokaisen pommin peräosa on tehty erikseen kyseiselle versiolle sopivaksi, vaikkakin 95 % osista on samoja.⁵⁴

⁴⁸ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁴⁹ Maksimikantamassa oli pientä eroa eri lähteissä, Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta) antoi arvoksi 13 NM, kun taas Davis, Charles H.: *JDAM The Kosovo Experience and DPAS*-esitys, s. 9 <http://guidebook.dcm.mil/38/dpas/12DavisPres.pdf> antaa kantamaksi noin 15 NM.

⁵⁰ Global Security: *JDAM Operations*, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jdam-ops.htm>

⁵¹ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁵² Davis (1998) s. 8. Lähde antaa arvoksi 9,2–9,9 m.

⁵³ Davis (1998)

⁵⁴ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

Mainittakoon vielä lopuksi, että GBU-38-pommeja on pudotettu myös miehittämättömästä taisteluilma-aluksesta (MQ-9 Reaper) ja että kyseinen pommi on hyväksytty operatiiviseen käyttöön UCAV:lle heinäkuussa 2009.⁵⁵

3.2.2 AGM-154C JSOW – moottoriton liitopommi

Julkisuudessa olevien tietojen mukaan Suomi on hankkimassa viittätoista (15) AGM-154C-liitopommia (myöhemmin lyhenne JSOW (Joint Standoff Weapon) tarkoittaa nimenomaan AGM-154C-versiota, ellei toisin mainita) sekä yhden käsittelyharjoittelupommin.^{56 57}

JSOW on aerodynaamisesti muotoiltu, moottoriton liitopommi. Sen eri versiot kantavat mukanaan taistelukärkeä tai tytäripommeja, joiden tyyppi vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. C-versiossa on kovia maaleja vastaan tarkoitettu englantilaisvalmisteinen BROACH-taistelukärki (Bomb Royal Ordnance Augmented CHarge⁵⁸), joka on kaksivaiheinen – ensimmäinen vaiheen tehtävänä on läpäistä maali ja vasta toinen vaihe on varsinainen tuhoava osa. Läpäisykyvyn pitäisi olla yli 1,5 m (5 ft) teräsbetonia.⁵⁹ BROACH-taistelukärki on suunniteltu toimimaan nimenomaan komentobunkkereita, SAM-aseimia (Surface to Air Missile, ilmatorjuntaohjus), siltoja ym. kovia maaleja vastaan.⁶⁰ Etsinpäänä JSOW:ssa on viilentämätön kuvaa muodostava infrapunaetsin (IIR, Imaging Infra Red) (pitkän aallonpituuden alueella⁶¹) ATA-teknologialla (Automated Targeting Acquisition, automaattinen maalin valinta) varustettuna. Maalinvalintaan vaikuttavat tiedot voidaan syöttää ennen lentoa, lennon aikana koneen sensorien kautta tai muualta saatavasta maalitiedosta⁶² (esim. datalinkin kautta).

JSOW:ta voidaan kuljettaa ylisoonisella nopeudella, mutta laukaisun on tapahduttava alisoonisella puolella ilmanopeuden ollessa välillä 250–650 kt (n. 460–1 200 km/h). Pudotus-

⁵⁵ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁵⁶ Deagel: *FMS: Finland Requires F-18 Mid-Life Upgrade Program*, September 09, 2008, http://www.deagel.com/news/FMS-Finland-Requires-F-18-Mid-Life-Upgrade-Program_n000004981.aspx

⁵⁷ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁵⁸ www-sivu Jane's BROACH (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁵⁹ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁶⁰ www-sivu Jane's BROACH (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁶¹ Kyseinen aallonpituusalue (long wavelength infrared, LWIR) on välillä 8–15 µm. Tällä alueella sensori voi tehdä kuvan passiivisesti perustuen täysin kohteen lähettämään lämpösäteilyyn, eikä erillistä lämmönlähdettä kohteen "valaisemiseksi" tarvita. Ko alueella on myös infrapunaikkuna, jossa ilmakehän vaimennus on vähäistä (lähde <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>).

⁶² Raytheon'in JSOW-tuote-esittely "*JSOW Family of Precision Strike Weapons*", 2009, s. 1 (ks. linkki lähdeluettelosta)

korkeus voi olla välillä 200–40 000 ft (n. 60–12 000 m). Edellä mainituilla lentoarvoilla saadaan pudotusetäisyydet 12–70 NM:in (n. 22–130 km).^{63 64}

JSOW käyttää INS:iä ja GPS:ää suunnistaakseen esiohjelmoitujen reittipisteiden kautta kohteelle. Pisteet voidaan ohjelmoida joko ennen lentoa tai lennon aikana ennen laukaisua.⁶⁵

Valmistajan mukaan JSOW:lla on pieni tutkapoikkipinta-ala (Radar Cross Section, RCS) ja infrapunajälki, joten pommilla on mahdollista hyökätä myös vahvasti ilmapuolustettuja kohteita vastaan⁶⁶ (kunhan laukaisualusta selviää laukaisuhetken saakka).



Kuva 3: Yllä F/A-18C varustettuna neljällä AGM-154 JSOW-testipommilla⁶⁷ ja alla lähikuva JSOW:sta⁶⁸.

⁶³ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta) sekä Raytheon'in JSOW-tuote-esittely "*JSOW Family of Precision Strike Weapons*", 2009, s. 1 (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁶⁴ Global Security: *AGM-154 Specifications*, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/agm-154-specs.htm> antaa pisimmäksi kantamaksi 40 NM (noin 64 km). Toisaalta kyseisessä lähteessä oli myös muita epätarkkuuksia, kuten väärää taistelukärkeä eri JSOW:n versioissa.

⁶⁵ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁶⁶ Raytheon'in JSOW-tuote-esittely "*JSOW Family of Precision Strike Weapons*", 2009, s. 1

⁶⁷ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁶⁸ <http://bathead.com/Weapons/jsow.jpg>

3.2.3 AGM-158 JASSM – potentiaalista kaukovaikutusta

JASSM (Joint Air-to-Surface Standoff Missile) on häiveominaisuuksilla varustettu ohjus, joka on tarkoitettu iskemään voimakkaasti puolustettuja kohteita vastaan. Sen runko on tehty komposiittimateriaaleista ja siinä on JSOW:n tavoin taittavat siivet. Taistelukärki painaa 432 kg ja koostuu läpäisevästä ja tuhoavasta osasta⁶⁹, jolloin ohjus sopii hyvin vahvarakenteisten kohteiden tuhoamiseen.

Reittisuunnistukseen ohjus käyttää samaa INS/GPS-yksikköä kuin JDAM ja JSOW. Ohjus voi lentää reitin ylä- tai alakorkeudessa (500 m) ja reitin lopussa se tekee jyrkän syöksyn kohti maalipistettä⁷⁰ (pehmeille maaleille syöksykulma on 40° ja koville, läpäisykykyä vaativille maaleille 70°⁷¹). Loppuhakeutumisen apuna ohjus käyttää kuvaa muodostavaa infrapunaetsintä (IIR), jonka 256 X 256-etsinpää toimii 3 – 5 µm:n aallonpituusalueella.^{72 73} Etsinpään katselukulma (IFOV, Instrument Field of View) on 12°⁷⁴ ja etsinpäälle annetun kuvan perusteella ohjus etsii tarkan osumapisteen.

USAF:n mukaan ohjus osuu maaliinsa 3 metrin tarkkuudella. Maalinetäjäjärjestelmä käyttää hyväkseen kolmiulotteista mallinnusta maalista yhdistettynä GPS-koordinaatteihin, ja ohjuksen voidaan ohjelmoida yhteensä kahdeksan erillistä maalimallinnetta.⁷⁵ 3D-malli tehdään maalista otettujen kuvien perusteella ja UAV on yksi väline, jolla kuvia on mahdollista hankkia.

JASSM:n kehitysohjelmassa on ollut paljon ongelmia ja viivästyksiä niin teknisellä kuin rahoituspuolella. Vuosina 2008 ja 2009 tehdyissä testeissä havaittiin ongelmia mm syyttimessä, minkä vuoksi ammutut testiohjukset eivät räjähtäneet.⁷⁶ Vuoden 2009 lopulla Lockheed Martin julkisti kuitenkin lehdistötiedotteen, jossa kerrottiin kuudestatoista testitarkoituksessa ammutusta ohjuksesta viidentoista toimineen moitteetta⁷⁷, joten näyttää siltä, että teknisistä ongelmista ollaan pääsemässä eroon. Toimintavarmuuden paraneminen lisännee Suomenkin kiinnostusta asetta kohtaan, ja vaikka JASSM:lle ei olekaan myönnetty myyntilupaa Suomal-

⁶⁹ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁷⁰ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁷¹ Global Security: JASSM, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jassm.htm>

⁷² www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁷³ 3–5 mm:n alueella (MWIR, Medium Wave Infra Red, keskiaaltoinfrapuna) on ilmakehän läpäisyikkuna, jossa ilmakehän vaimennus on suhteellisen pientä.

⁷⁴ Global Security: JASSM

⁷⁵ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁷⁶ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁷⁷ Lockheed Martin'in lehdistötiedote 26.10.2009 (ks. linkki lähdeluettelosta)

le, on sen ottaminen mukaan tutkimukseen edes osittaiseen tarkasteluun mielestäni perusteltua.

3.3 Tiivistelmä tärkeimmistä arvoista ja maalitietotarpeista

	JDAM	JSOW	JASSM
Tyyppi	Ohjainpaketti tavalliseen pommiin	Liitopommi	Risteilyohjus
Kantama / NM	8,5–15	12–70	> 200
Reittihakeutuminen	INS/GPS	INS/GPS	INS/GPS
Loppuhakeutuminen	INS/GPS	IR	IIR
Maalitietotarve	Koordinaatti	Koord. + kuva	Koord. + kuva
Tarkkuus	30 m / 13 m	n. 1,2 m	2,4–3 m (ks. liite 4)

Taulukko 2. Ilmasta maahan -aseiden suoritusarvot.

Kaikki tutkimuksessa käsiteltävät pommit ja ohjukset tarvitsevat maalipisteestä vähintään koordinaatit ja mahdollisimman tarkat sellaiset. JDAM ei tarvitse koordinaattien lisäksi muuta tietoa, mutta JSOW ja JASSM voivat käyttää hyväkseen joko satelliiteista, elektro-optisilta sensoreilta tai SAR-tutkalta saatua kuvamateriaalia ja parantaa sillä osumistarkkuuttaan. Kuvamateriaalista luodaan lähestymissuunnan mukainen mallinnus maalista etsinpäälle, joka pyrkii tunnistamaan tarkan osumakohdan maalista.

Maalitiedon hankinnan ongelmana on usein se, että aseiden tarvitseman maalitiedon tarpeet ja tiedonhankintavälineen kyvyt eivät ole keskenään yhtenevät⁷⁸. Mikäli maalitieto hankitaan UAV:llä, ilma-aluksen tulee pystyä sensoreillaan havaitsemaan, paikantamaan, tunnistamaan ja mahdollisesti yksilöimään kohde⁷⁹. Tämän edellytyksenä luonnollisesti on, että UAV:n on mahdollista päästä riittävän lähelle kohdetta käyttääkseen sensoreita. Käytettäessä SAR-tutkaa tiedonhankintaan, tutkan resoluutio pitää olla riittävän hyvä käytettävällä tiedusteluetäisyydellä (resoluutiosulun ja tiedusteltavan kohteen koon suhde on oltava vähintään 1:5 havaitsemista ja vähintään 1:20 tunnistamista tai yksilöimistä varten)⁸⁰. SAR-tutka voi mahdollistaa myös riittävän alhaista taajuutta käyttämällä kasvillisuuden läpäisemisen, eivätkä elektro-optisia

⁷⁸ Zyweck, Tony: *Sensor-to-Shooter trends and the implications for small to medium size military forces*-esitys, IQPC Sensor-to-Shooter Conference, Lontoo, Englanti, toukokuu 2008, s. 14

⁷⁹ Lisää sensorien toiminnan vaiheista ks. Kosola, Jyri; Solante, Tero: *Digitaalinen taistelukenttä – Informaatioajan sotakoneen tekniikka*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2003, s. 188–189

⁸⁰ Kosola ja Solante (2003), s. 245

laitteita rajoittavat puusto tai kasvillisuudella naamiointi tule rajoittaviksi tekijöiksi⁸¹. Optisella sensorilla resoluutiovaade tunnistamiseen ja yksilöintiin on kymmenien senttimetrien kokoluokkaa⁸².

4 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT ILMA-ALUKSET MAALITIEDON KERÄÄJINÄ

4.1 Johdanto Predator-sarjaan⁸³

Länsivaltojen operaatioiden tiedustelukykytarpeet näkyvät tällä hetkellä markkinoitavien ja kehitettävien miehittämättömien ilma-alusten tarjonnassa. Afganistanissa ja Irakissa ei ole ollut tarvetta tunkeutumiskykyisille ja nopeille laitteille, joiden pitäisi pystyä löytämään ja paikantamaan esimerkiksi ilmatorjunta- tai tykistöasemia ja selviytymään vihollisen ilmatorjunnalta.

Tarve on päinvastoin ollut laitteille, jotka kykenevät tuottamaan (mahdollisimman) reaaliaikaista ja ennen kaikkea jatkuvaa kuvaa toiminta-alueelta. Etsittävät kohteet ovat olleet yksittäisiä ihmisiä tai aseita ja ilma-alusten tuottamalla kuvalla on tuettu maajoukkojen toimintaa. Toisaalta miehittämättömien ilma-alusten aseistaminen on mahdollistanut nopean reagoinnin löydettyihin maaleihin.⁸⁴ Ilma-aluksilla on ollut toiminnanvapaus keski- ja yläkorkeuksissa, jolloin koneilla on ollut mahdollista pysytellä maalialueen lähetyvillä ilman riskiä joutumisesta alasammutuksi.

Tähän tutkimustyöhön on valittu Predator-sarjan kolme erityyppistä UAV:tä, jotka ovat kaikki saman tehtaan, General Atomics Aeronautical Systems Inc:n, valmistamia. Mainittakoon vielä, että tehdas kehittää koneensa sen mukaan, mitä USA:n asevoimien uskotaan tarvitsevan tulevaisuudessa sen sijaan, että tuotteita tehtäisiin alati vaihtuvien virallisten vaatimusten mu-

⁸¹ Kosola ja Solante (2003), s. 252. Kasvillisuuden läpäiseminen edellyttää kuitenkin matalampia taajuuksia, kuin mitä tässä tutkimuksessa tarkasteltavat UAV:t käyttävät.

⁸² Kosola ja Solante (2003), s. 322

⁸³ Miehittämättömien ilma-alusten suoritusarvojen osalta tärkeimmät lähteet ovat olleet Jane'sin sivustot, Global Security sekä valmistajien omat kalustoesittelyt. Mikäli lähdeviitteenä on vain yksi edellisistä, annettu arvo on ollut muissa kahdessa lähteessä joko sama tai lähes sama, tai siitä ei ole ollut muualla mainintaa. Vain, jos lähteiden arvoissa on ollut merkittävää poikkeamaa, on lähdeviitteeseen otettu kaikki tarvittavaksi katsotut lähteet ja selitetty eroavaisuudet lähteiden välillä.

⁸⁴ Esimerkiksi Mulrine, Anna: UAV Pilots, *Air Force Magazine*, January 2009

kaan⁸⁵. Predatorien alkuperäinen käyttötarkoitus oli selkeästi tuottaa korkealaatuista kuvamateriaalia maan pinnalla olevista maaleista ja havaitsemisen jälkeen tarjota myös maalin sijaintitiedot hyökkäysten mahdollistamiseksi⁸⁶.

4.2 Predatorin kolme sukupolvea

MQ-1B Predator A polveutuu RQ-1A ja RQ-1B Predatoreista ja tyyppimerkinnän ensimmäisen kirjaimen muuttuminen R:stä M:ksi kertoo tehtäväkentän muuttuneen pelkästä tiedustelusta (Reconnaissance) myös taisteluun (Multi mission/Missile carrier). MQ-1B päätyi tarkasteltavaksi tutkimustyöhön aseistuksestaan huolimatta. Se on ominaisuuksiltaan muuten kuten edeltäjänsä, aseistamattomat RQ-1:t, mutta ajan myötä mm. avioniikkaa on parannettu⁸⁷. Tärkeä lisä on ollut myös siipien jäänesto⁸⁸, jonka puuttuminen esti RQ-1:n operoinnin jäätävissä olosuhteissa⁸⁹.

MQ-9 Reaper (Predator B) on jatkokehitelmä MQ-1B:stä. Kehitystyön tavoitteena (ja lopputuloksena) oli saada uusi Predator lentämään korkeammalle ja nopeammin sekä kantamaan selvästi enemmän hyötykuormaa.⁹⁰

Avenger (Predator C) on Predator-sarjan uusin kehitysversio, eikä se ole vielä aktiivikäytössä minkään maan asevoimissa⁹¹ (samasta syystä sillä ei vielä ole MQ-numerointiakaan). Tarkkoja ja täysin kattavia sekä luotettavia tietoja esimerkiksi suoritusarvoista tai hyötykuormasta ei tutkimuksen tekohetkellä ollut saatavilla, vaan lähteiden tiedot perustuvat ainakin osittain sivistyneisiin arvioihin, ja se tuodaan myös useimmissa lähteissä ilmi.

Selvyiden vuoksi käytän ilma-aluksista Predator A:n, B:n ja C:n sijasta tässä tutkimusraportissa nimityksiä Predator A, Reaper ja Avenger

⁸⁵ Fulghum, David A.; Sweetman, Bill: Predator C Avenger Makes First Flights, *Aviation Week*, Apr 17 2009 ja Trimble, Steven: General Atomics defends Predator C strategy, *Flight International*, 13.8.2009, <http://www.flightglobal.com/articles/2009/08/13/330983/general-atomics-defends-predator-c-strategy.html>

⁸⁶ Drew (ja muut 2005), s. 80

⁸⁷ www-sivu Jane's MQ-1 (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁸⁸ Global Security: *MQ-1B*, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/mq-1b.htm>

⁸⁹ Global Security: *Predator Specifications*, <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/predator-specs.htm>

⁹⁰ www-sivu Jane's MQ-9 (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁹¹ www-sivu Jane's Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta)

4.3 Toimintakorkeus ja -nopeus

Korkeuden vaikutus UAV:n tiedustelutoimintaan on kaksijakoinen. Toisaalta suurempi korkeus mahdollistaa tiedustelun kauemmas, toisaalta alemmalta korkeudelta saa tarkempaa kuvaa. Korkeuden osalta on huomioitava myös uhkaympäristö eli mahdollistaako UAV:n suurin toimintakorkeus lentämisen ilmatorjunnan kantaman yläpuolella tai toisaalta onko mahdollista lentää riittävän matalalla, että päästään ilmatorjunnan alakatveeseen. Ja lopuksi UAV-lentotoimintaan ja käytettäviin korkeuksiin vaikuttavat sääolosuhteet. Pilvikorkeus voi rajoittaa elektro-optisten laitteiden käyttöä ja ellei UAV pääse kiipeämään jäätävien olosuhteiden tai muidenvaikuttavien sääilmiöiden yläpuolelle, voi toiminta estyä kokonaan.

Nopeusalueen vaikutukset toimintaan ovat korkeutta yksiselitteisemmät, lähtökohtaisesti suuri nopeus tuo mukanaan pääasiassa etuja. Suurella nopeudella siirtymiset tiedusteltavalle alueelle vievät vähemmän aikaa, uhkan vaikutuspiirissä oltava aika saadaan minimoitua ja nopea maali on myös vaikeampi torjua kuin hitaasti lentävä. Suuren nopeuden mahdollisia haittoja ovat esimerkiksi yleensä suurempi polttoaineenkulutus ja mahdolliset epätarkkuudet sensorihavainnoissa.

Predator A on suunniteltu toimimaan keskikorkeudessa (enintään 25 000 ft (noin 7 600 m)), mutta käytännön toimintakorkeutta voidaan vaihdella tarpeen mukaan. Esimerkiksi Balkanilla siirtymälennot toiminta-alueelle lennettiin 22 000 ft:ssä (noin 6 700 m) ja tiedusteltavalla alueella laskeuduttiin 1 500 ft:iin (noin 460 m), jotta EO-sensoreilla (Electro-Optical) saatiin kuvaa pilven alta.⁹² Jo suunnitteluvaiheessa todettiin, että selviämismahdollisuudet ilmatorjunnalta tällä korkeusalueella olivat kyseenalaiset. Tämän vuoksi valmistuskustannukset piti saada riittävän alas, että ilma-alukset olisivat tarvittaessa ”uhrattavissa”⁹³, ja esimerkiksi Kosovossa UAV:ita lähetettiin tietoisesti tehtäviin, joissa oli suuri riski tulla alasammutuksi⁹⁴. Myöhemmin UAV:den arvo niin rahallisesti kuin operaatioiden komentajien työvälleinä on noussut ja selviytymiseen (”Survivability = Degree to Which an Air Vehicle Can Survive While Performing Its Mission in a Man-made Hostile Environment”) on alettu kiinnittää enemmän huomiota⁹⁵.

⁹² www-sivu Jane’s MQ-1 (ks. linkki lähdeluettelosta). Kuvattu tapaus tapahtui vuonna 1995, jolloin koneen varustusvaihtoehtoihin ei kuulunut SAR-tutkaa (Synthetic Aperture Radar), joka saatiin käyttöön vasta seuraavana vuonna (lähde sama).

⁹³ Drew (ja muut 2005), s. 8

⁹⁴ Lambeth (2001), s. 94

⁹⁵ Hall, David H.: *Survivability and UAV’s – Balanced Survivability Design, Test and Evaluation*-esitys [sic], SURVICE Engineering Company, Ridgecrest, CA, 2003

Reaper kykenee toimimaan selvästi Predator A:ta suuremmissa korkeuksissa (50 000 ft (noin 15 240 m)⁹⁶, mikä lisää sen selviytymismahdollisuuksia ”joissain uhkaympäristöissä”⁹⁷. Toisin sanoen Reaper pystyy lentämään lyhyen kantaman ja osan keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmien maksimikantaman yläpuolella. Toinen merkittävä tekijä on se, että Reaper kykenee lentämään sellaisten sääilmiöiden yläpuolella, jotka voisivat estää Predator A:n toiminnan⁹⁸.

Avenger nousee vielä hieman Reaperinkin yläpuolelle, 60 000 ft:iin (noin 18 280 m:iin)⁹⁹ lisäten samalla hieman selviytymismahdollisuuksiaan myös yläkorkeuksien käytön kautta.

Predator A ja Reaper ovat likimain samalla nopeusalueella, eli molempien toimintanopeus on suhteellisen pieni (normaali lentonopeusalue Predator A:lla on selvästi alle 100 kt¹⁰⁰ (< 185 km/h) ja Reaperilla selvästi alle 200 kt (< 370 km/h)¹⁰¹. Ilmapuolustuksen kannalta molemmat ovat hitaita maaleja ja nopeuseron vaikutukset näkyvät lähinnä siirtymisajoissa toiminta-alueille (jos tukikohdasta toiminta-alueelle on matkaa esimerkiksi 200 NM, Predator A:lla edestakaisiin siirtymisiin kuluu noin 5 ½ h ja Reaperilla noin 2 ¼ h) ja valvottavan/tiedusteltavan alueen tiedusteluajassa. Avengerin yli 400 kt:n¹⁰² nopeusalue lyhentää siirtymisiä merkittävästi (esimerkkitapauksessa siirtymiset onnistuvat alle tunnissa), uhka-alueella vietetty aika lyhenee merkittävästi ja suurempi nopeus antaa mahdollisuuksia yrittää väistää uhkaa kinemaattisesti (edellyttäen, että uhkaavasta torjuntajärjestelmästä saadaan reaaliaikaista tietoa esim. tutkavaroitinilta).

4.4 Toimintasäde ja -aika

Toimintasäde (tai -matka) ei Predator-sarjan ilma-aluksilla aiheuta suoranaisia rajoitteita tehtävän suorittamiselle kuvatussa toimintaympäristössä. Tarkastelussa olevien ilmasta maahan -aseiden suurimmat kantamat ovat selvästi pienemmät kuin ilma-alusten toimintasäteet, joten tarvittavien kohteiden tiedustelu on toimintasäteen puitteissa mahdollista.

⁹⁶ www-sivu Jane's MQ-9 (ks. linkki lähdeluettelosta)

⁹⁷ Drew (ja muut 2005), s. 10

⁹⁸ Drew (ja muut 2005), s. 76 ja 78

⁹⁹ www-sivu Jane's Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁰⁰ Wikipedia: *MQ-1*, <http://en.wikipedia.org/wiki/MQ-1> antaa nopeudeksi 70–90 kt. Lisäksi Jane's antaa arvon "Loiter speed 73 kt (135 km/h)".

¹⁰¹ www-sivu Jane's MQ-9 (ks. linkki lähdeluettelosta) "Cruising speed 180 kt (333 km/h)"

¹⁰² www-sivu Jane's Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta)

Toiminta-aika ei tunnetun, kiinteän, kohteen (esimerkiksi lentotukikohta) tiedustelussa tule rajoittavaksi tekijäksi. Mikäli joltain alueelta halutaan jatkuvaa seurantaa aikakriittisten maa-
lien torjuntaan, mahdollistaa kymmenien tuntien toiminta-aika suhteellisen hyvän ajallisen
kattavuuden, etenkin kun huomioidaan, että Predator-järjestelmään kuuluu maa-aseman ja
komentokeskuksen lisäksi neljä ilma-alusta¹⁰³.

Kaikkien tutkimuksessa mukana olevien ilma-alusten toiminta-aika on noin vuorokausiluok-
kaa¹⁰⁴ ja toimintasäde vähintään satoja merimaileja, joten tarkasteltavassa toimintaympäris-
tössä ne eivät aseta rajoituksia toiminnalle.

4.5 Koko, häiveominaisuudet ja selviytyminen uhkaympäristössä

RAND Corporationin vuonna 1995 tehdyssä tutkimuksessa pidettiin tärkeänä, että UAV:llä
pystyisi lentämään aivan maan pinnan lähellä (NOE, Nap-of-the-Earth) sekä tehtävän suorit-
tamisen että uhkaympäristössä selviämisen vuoksi.¹⁰⁵ Nykyisissä operaatioissa uhkaa on väis-
tetty lentämällä ilmatorjuntauhkan kantaman yläpuolella, eikä tämän kokoluokan ilma-
aluksilla ole ollut tarvetta lentää matalalla. Suomen lähiympäristö, josta löytyy merkittävää
ilmatorjuntakykyä, voisi kuitenkin tarjota käyttöä matalalla kovaa lentäville UAV:ille.

Kaikki tutkimukseen valitut esimerkki-UAV:t ovat suhteellisen suurikokoisia johtuen toimin-
tasäde- ja toiminta-aika- sekä hyötykuormatarpeesta. Predator A:n ja Reaperin tutkapoikkipin-
ta-ala (RCS, Radar Cross Section) lienee suuri johtuen mm. potkurista, ulkoisesta asekuor-
masta ja sensoreista. Avengerissa on käytetty jo joitain häiveominaisuuksia tutkapoikkipinta-
alan pienentämiseksi. Asekuormaa ja sensoreita on mahdollista kantaa siipiripustimien lisäksi
rungon sisällä, siiven ja ilmanottoaukon muotoilu sekä moottorin sijoitus vähentävät havaitta-
vuutta¹⁰⁶. Kolmesta tarkasteltavana olevasta ilma-aluksesta ainoastaan Avengerilla voisi olla
mahdollisuuksia selvittää nykyaikaisin ilmatorjuntajärjestelmin puolustetulla alueella. Avenge-
rin suunnittelun perusteena onkin ollut operoida ”suuremman uhkan ympäristössä” kuin mihin
Predator A ja Reaper on suunniteltu. Avengeria pidetään sopivana USAF NG-UAS-
ehdokkaana (Next Generation UAS), jonka pitäisi pystyä myös rajoitettuihin SEAD-tehtäviin

¹⁰³ Drew (ja muut 2005), s. 9

¹⁰⁴ www-sivut Jane's MQ-1, MQ-9 ja Avenger (ks linkit lähdeluettelosta)

¹⁰⁵ Callero (1995), s. ix

¹⁰⁶ Fulghum ja Sweetman, (2009)

(Suppression of Enemy Air Defences) – vaikkei vielä täysiverinen X-45:een tai X-47:ään verrattava UCAV olisikaan.¹⁰⁷

4.6 Hyötykuorma sekä maalitiedustelun ja tiedonsiirron välineet

Kuten ensimmäisessä luvussa totesin, miehittämättömien ilma-alusten ilmasta maahan -kyky rajataan tarkastelun ulkopuolelle ja hyötykuormassa huomioidaan ainoastaan maalitiedustelun välineet. Samoin pois rajautuvat suoraan UAV:n omaa aseistusta tukevat järjestelmät, kuten laservalaisimet, ellei niillä pystytä myös mittaamaan etäisyyttä maaliin ja edesauttamaan tarkkan paikkatiedon hankkimista.

Yhteistä kaikille tutkimustyössä mukana oleville ilma-aluksille on mahdollisuus käyttää AN/APY-8 Lynx-tutkaa. Elektro-optisissa laitteissa on enemmän vaihtelua. Predator A:ssa on vuodesta 2002 alkaen käytetty MTS-A-sensoritornia¹⁰⁸ (Multispectral Targeting System), Reaperissa MTS-B:tä tai L-3 Wescam 14TS:ää¹⁰⁹ ja Avengerissa ”eri tyypisiä” EO/IR-kamerajärjestelmiä¹¹⁰.

AN/APY-8 Lynx pystyy valmistajan mukaan näkemään yli 80 km:n (noin 43 NM:n)¹¹¹ päähän SAR-moodissa 3 m:n resoluutiolla ja 30 km:n (noin 16 NM:n) päähän suurella resoluutiolla.^{112 113} GMTI-moodilla on mahdollista havaita liikkuvat maamaalit 23 km:n (noin 12 NM:n) etäisyydeltä.¹¹⁴ SAR-tutkan tuottama kuva muistuttaa mustavalkokuvaa ja yleisimmät, Lynxinkin käyttämät, moodit ovat ”spotlight” ja ”stripmap”¹¹⁵.

¹⁰⁷ Harrington, Caitlin: Predator C emerges to operate in ‘higher threat environments’, *Jane’s Defence Weekly*, 21.4.2009

¹⁰⁸ www-sivu Jane’s MQ-1 (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁰⁹ www-sivu Jane’s MQ-9 (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹¹⁰ www-sivu Jane’s Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta). Arvioitavana ovat ainakin F-35:een tuleva FLIR ja GA-ASI:n videojärjestelmä.

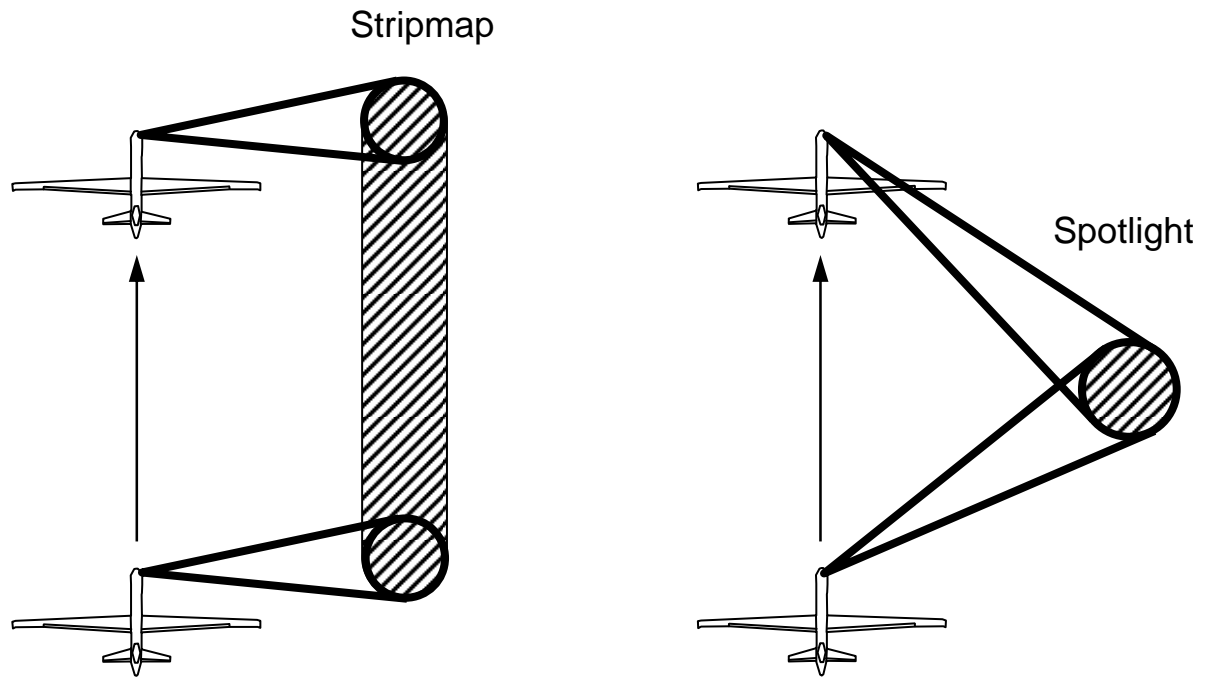
¹¹¹ General Atomics Aeronautical Systems Inc: *LYNX SAR/GMTI RADAR*-esite, <http://www.ga-asi.com/products/sensors/pdf/GMTILynxSar.pdf>

¹¹² www-sivu Jane’s Lynx I (ks. linkki lähdeluettelosta). Lynx tutkasta on olemassa myös II-versio, jota käytetään mm. Reaperissa. Sen suoritusarvot ovat samaa luokkaa kuin I-versiossa pl pienemmät paino ja sähkönkulutus. Vrt www-sivu Jane’s Lynx II (ks. linkki lähdeluettelosta).

¹¹³ Lisäksi Defence Update:n Lynx / AN/APY-8 antaa suuren resoluution arvoiksi 10 cm erottelukyvyn 40 km:n (noin 22 NM:n) etäisyydelle, <http://defense-update.com/products/l/lynx-sar.htm>

¹¹⁴ General Atomics Aeronautical Systems Inc: *LYNX SAR/GMTI RADAR*-esite, <http://www.ga-asi.com/products/sensors/pdf/GMTILynxSar.pdf>

¹¹⁵ Järvinen, Sami: Global Hawk and SAIP - An Example of Automatic Target Recognition, *State-of-the-Art in Sensors*, toimittaneet Jormakka, Jorma ja Rissanen, Antti, Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2006, s. 30–31



Kuva 4. SAR-tutkan Stripmap- ja Spotlight-moodit. Ensin mainittua käytetään etsintään laajoilla alueilla, kun taas jälkimmäistä käytetään jo löydetyn, kiinnostavan kohteen tarkempaan tiedusteluun paremmalla resoluutiolla.¹¹⁶ Stripmap-moodissa antenni osoittaa kiinteästi tiettyyn ilmansuuntaan lentokoneen liikkuessa eteenpäin ja tutka kartoittaa maastosta pitkää kaistaa. Spotlight-moodissa puolestaan antenni osoittaa kiinteästi tiettyyn pisteeseen ja tutka tekee tarkkaa kuvaa pienestä alueesta.

Elektro-optiset sensorit on Predator A:ssa ja Reaperissa sijoitettu nokan alla olevaan gimbaloituun MTS-torniin, jossa voi olla IR-, CCD TV-(Charge-Coupled Device TV) ja/tai IITV-kameroita (Image Intensified TV) sekä laseretäisyysmittari ja -valaisin. Molemmille tornityypeille, Predator A:n MTS-A:lle sekä Reaperin korkealta tapahtuvaan kuvaukseen optimoidulle MTS-B:lle, luvataan ”pitkää valvonta- ja maalinhakuetaisyyttä”.¹¹⁷ Lähtökohtaisesti elektrooptisten sensoreiden havainto- ja tunnistametaisyydet ovat selvästi lyhyemmät kuin SAR-tutkalla¹¹⁸, lisäksi niiden ongelmina ovat herkkyys sään vaikutuksille ja olematon kyky nähdä kasvillisuuden läpi. Toisaalta etuna on kuvamateriaalin hyvä resoluutio ja helppo tulkittavuus¹¹⁹, mutta kuvien saamiseksi UAV:n on lennettävä (suhteellisen) lähelle uhkaa¹²⁰.

¹¹⁶ ¹¹⁶ Järvinen (2006), s. 30–31 mukaisesti.

¹¹⁷ www-sivut Jane’s MTS-A ja Jane’s MTS-B sekä Raytheon: *Multi-Spectral Targeting System AN/AAS-52*-esite, http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/sas/documents/content/rtn_sas_ds_an_aas52.pdf ja Raytheon: *Multi-Spectral Targeting System MTS-B*-esite, http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/sas/documents/content/rtn_sas_ds_mts-b.pdf

¹¹⁸ Vrt. esim. Kosola ja Solante (2003), s. 369

¹¹⁹ Kosola ja Solante (2003), s. 367

¹²⁰ Vertaamalla esimerkiksi Raytheon: *Multi-Spectral Targeting System MTS-B*-esitteen ja www-sivulla <http://defense-update.com/products/m/MTS.htm> olevia tietoja, tuli MTS-B:n näkemäksi etäisyydeksi noin

Tiedonsiirto tapahtuu Predator A:lla joko Reaperilla suoralla datalinkillä (vaatii ”näköyhteyden” (Line of Sight, LOS) ilma-aluksen ja maa-aseman välillä), jonka kantama on 150 NM (noin 278 km), tai vaihtoehtoisesti satelliitin välityksellä, jolloin maa-aseman ja ilma-aluksen keskinäisellä etäisyydellä ei enää ole väliä. Datalinkki toimii molempiin suuntiin, eli ilma-alukselle voi antaa käskyjä kesken lennon ja ilma-alus pystyy lähettämään keräämäänsä tiedustelumateriaalia maa-asemalle.¹²¹

Avengerin EO-sensorivalikoima on toistaiseksi avoin, eikä sen datalinkistä ole tarkempaa luotettavaa tietoa¹²², mutta en näe syytä olettaa, että niiden kyvyt olisivat ainakaan heikommat kuin Predator A:lla tai Reaperilla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tarkastelussa olleiden UAV:iden käyttömahdollisuudet maalitiedon hankinnassa

JDAM:n maksimikantama (noin 13–15 NM) on niin lyhyt, että silloin, kun ampuva kone ei ole valtakunnan rajojen ulkopuolella, sen käyttö on lähempänä lähitulitukea kuin ilmaeristämistä. Ainakin maalit ovat todennäköisesti niin lähellä omia joukkoja, että ilmasta maahan -hyökkäykset on koordinoitava tarkasti maajoukkojen kanssa.¹²³ JDAM-isku edellyttäisi myös ampuvan Hornetin lentämistä lähelle kohdetta, joten siinä tapauksessa kyseisen kohteen ilmapuolustuksen voi olettaa olevan rajoittunutta joko korkeuden, vaakakantaman tai molempien edellä mainittujen suhteen. Näillä etäisyyksillä UAV:n käyttömahdollisuudet ovat hyvät. EO/IR-sensoreiden maksimikantamalta on mahdollista saada tiedustelu- sekä valvontatietoa maalista ja SAR-tutkalla maalia voi tarkkailla selvästi (kymmeniä merimaileja) ampuvan koneen takaa. UAV:n häiveominaisuuksilla ei ole merkitystä, koska ilma-alus lentää ilmatorjunnan kantaman ulkopuolella. Datalinkin 150 km:n kantama ei tule rajoittamaan toimintaa. Korkealla lentävät Reaper ja Avenger soveltuvat siis tähän tehtävään hyvin. Predator A:lla voi tulla rajoituksia toimintamahdollisuuksiin, mikäli on tarve käyttää nimenomaan EO/IR-

25 km 25.000 ft:stä. Lisäksi esimerkiksi israelilainen EO/IR-järjestelmiä valmistava Controp-yhtiö määrittää ”Long Range Payloads are effective for mission ranges of up to 7–10 km”. Controp: *Long Range Payloads*, <http://www.controp.com/category/long-range-payloads>

¹²¹ www-sivut Jane’s MQ-1 ja Jane’s MQ-9

¹²² www-sivu Jane’s Avenger (ks. linkki liiteluettelosta)

¹²³ Vrt. Joint Publication 3-03 *Joint Interdiction*, 03 May 2007, s. II-2

sensoreita ja kohteen suojana on keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmä (esim. HAWK), jota Predator A ei kykene väistämään korkeuskantaman yläpuolelle.

Jos kuvamateriaalia halutaan läheltä maksimikantamaa, EO/IR-sensoreiden ongelmaksiksi voi muodostua kuvakulma¹²⁴, mikäli maaston muodot tai kasvillisuus rajoittavat näkyvyyttä. Myös kuvien tarkkuus voi olla kyseenalaista niin suurilla etäisyyksillä. Paremman kuvamateriaalin saamiseksi kuvaava ilma-alus olisi saatava lähemmäksi kohdetta, jolloin kuvakulma olisi edullisempi maastonmuodot ja kasvillisuus huomioiden. Tämä edellyttäisi sekä kykyä toimia ilmatorjunnan kantaman yläpuolella että suosiollisia sääolosuhteita.

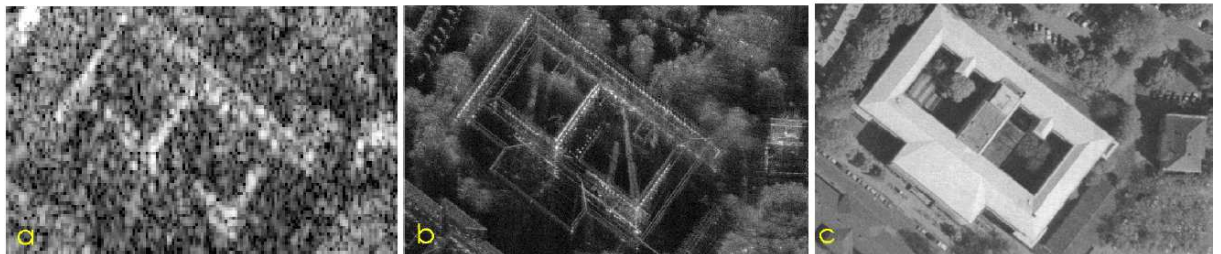
Näin ollen SAR-tutka näyttäisi soveltuvan maalitiedon hankintaan keski- tai yläkorkeudessa toimivalle UAV:lle paremmin kuin EO/IR-sensorit. SAR-tutkan suorituskyky ei ratkaisevasti heikkene sään vaikutuksesta, joten jos sää ei muuten (esim. jäätämisen tai tuuliolosuhteiden vuoksi) estä UAV:n lentämistä, on maalitiedon hankkiminen mahdollista sekä GMTI- että hyvän erottelukyvyn -moodeilla. Molemmat moodit ovat todennäköisesti tarpeen etsittäessä ja luokiteltaessa JDAM:ille osoitettavia maaleja, joista ainakin osa tulee olemaan siirtyviä. GMTI:n käyttö soveltunee tilanteeseen, jossa pyritään selvittämään siirtyvän maalin pysähtymispaikan koordinaatit, koska JDAM:illa ei laser-versiota lukuun ottamatta pysty iskemään liikkuvaan maaliin. Afganistanistakin saadut kokemukset vahvistavat, että vasta JDAM:n ja SAR-tutkan suorituskykyjen yhdistelmä mahdollistaa joka sään toimintakyvyn¹²⁵. SAR-tutkan resoluutio ei ole niin hyvä kuin (elektro-)optisilla sensoreilla, mutta toisaalta ilmasta maahan -aseiden todennäköiset kohteetkin ovat suhteellisen suuria. Tässäkin on selkeä ero lähi-alueen toimintaympäristössä verrattuna esimerkiksi Irakiin tai Afganistaniin, joissa tärkeämpää on saada tarkkaa reaaliaikaista (video)kuvaa epäilyttävästi käyttäytyvistä yksittäisistä ihmisistä kuin tarkkoja paikkatietoja esimerkiksi tykistöjärjestelmistä.

Käyttömahdollisuuksissa on tässä tapauksessa valinnan varaa. UAV:n voi lähettää hankkimaan tietyn tiedon halutusta pisteestä, lähettämään tiedon ja palaamaan sen jälkeen takaisin. Tarvittaessa UAV:n voi laittaa ilmapäivystykseen valvomaan kiinnostuksen kohteena olevaa aluetta tai maalia ja lähettämään jatkuvaa SAR-tutkan tai EO/IR-sensoreiden tekemää kuvaa tai niiden yhdistelmää. JDAM:n tapauksessa oletettu vähäinen uhka mahdollistaa korkeuksien ja reittien valinnan optimaalisesti sään ja mahdollisten maastonmuotojen kannalta.

¹²⁴ 13 NM:n (noin 24 km:n) vaakaetäisyydellä kulmaksi tulee noin 17° 25 000 ft:ssä (noin 7,5 km:ssä) ja noin 27° 40 000 ft:ssä (noin 12 km:ssä).

¹²⁵ Ripley, Tim: US Air Force speeds JDAM integration on Reaper, *Jane's Defence Weekly*, 9.4.2009

JSOW:n tarvitseman maalitiedon hankinta on suomalaisessa ympäristössä JDAM:iin verrattuna monipuolisempi ja monimutkaisempi prosessi. JSOW:n kantama mahdollistaa laukaisut vastustajan keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmien ulottumattomista ja kantama on myös pidempi kuin UAV:iden sensoreiden tiedusteluetäisyydet. Mikäli keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmää tarkastellaan irrallisena elementtinä yksittäisen kohteen suojana, UAV:t kykenevät hankkimaan SAR-tutkallaan tietoa kyseisestä maalista – vaikkakaan eivät tarkimmalla resoluutiolla. 3 m:n resoluutio maksimikantamalla mahdollistaa suurten rakennusten erottamisen ja sitä kautta maalipisteen koordinaattien ja etsinpäälle annettavan mallikuvan määrittämisen. Maalitiedon hankkimiseen ajoneuvoista kyseinen resoluutio ei kuitenkaan riitä, jos oletetaan, että havaitsemiseen tarvitaan resoluutiosuhde 1:5 ja yksilöimiseen 1:20, joten siirtyvien kohteiden tiedustelun pitää tapahtua lähempänä uhkaa.



Kuva 5. Kuvasta käy hyvin ilmi eri resoluutioiden ja sensoreiden väliset erot. Vasemmalla (a) on SAR-kuva noin metrin resoluutiolla, keskellä (b) SAR-kuva alle 20 cm:n resoluutiolla ja oikealla (c) sama rakennus valokuvattuna ilmasta. Huomattavaa on myös, että ilmakuva on otettu lähes kohtisuoraan rakennuksen päältä, kun taas SAR-kuva on otettu alle 30°:n kulmalla horison tista (kuvausetäisyys on tuntematon).¹²⁶

Yksittäisen maalin osalta käyttömahdollisuudet ovat lähes samat kuin aiemmin JDAM:lle mainitut, mutta EO/IR-sensoreiden käyttömahdollisuutta ei keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmän suojaamaa kohdetta vastaan ole. JSOW:n käyttämästä maalitiedosta erityistarpeen muodostaa ATA-etsimen tarvitsema kuva halutusta osumapistestä, joka pitää saada välitettyä aseelle. Ellei UAV:n datalinkki kykene muodostamaan yhteyttä laukaisevaan Hornetiin, maalitieto pitää olla saatavilla ennen pommituslentoa.

Kun tilannetta tarkastellaan kokonaisvaltaisemmin ja oletetaan, että keskipitkän kantaman ilmatorjuntaa on myös muualla kuin tiedusteltavan kohteen välittömässä läheisyydessä (ts.

¹²⁶ Soergel, U.; Michaelsen, E.; Thoennesen, U.; Stilla, U.: *Potential of high resolution SAR images for urban analysis*-esitys, International Society for Photogrammetry and Remote Sensingin yhteiskonferenssissa, Tempe, Arizona, USA, 14.-16.3.2005

kohteen ja valtakunnan rajan välissä), muuttuu tilanne ainakin Predator A:n ja Reaperin osalta ongelmalliseksi. Matalalla lentäen Predator A ja Reaper pystyvät pitkää toimintamatkaansa hyväksikäyttäen kiertämään keskipitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmät tarvittaessa pitkällekkin vastustajan syvyyteen, mutta matalalla SAR-tutkan käytettävyyden on hyvin rajallinen ja EO/IR-sensoreidenkin käyttö edellyttäisi lentämistä lähes suoraan kohteen päältä. Samalla koko tehtävän ajan UAV olisi alttiina lyhyen kantaman ilmatorjunnalle sekä käsiaseiden tulitukselle. Pienellä nopeudella niiden käyttöarvo ja -mahdollisuudet olisivat lähestulkoon olemattomat, elleivät UAV-määrät olisi niin suuria, että kalustoa voisi uhrata yksittäisiin tehtäviin (mitä en pidä todennäköisenä).

UAV:n käyttömahdollisuuksiin tulee vaikuttavaksi tekijäksi myös datalinkin kantama. Vaikka tiedusteltava kohde olisikin valtakunnan rajoilta katsoen datalinkin kantaman sisällä, voi tilanne pakottaa maa-aseman sijoittamisen kauemmaksi, jolloin osa UAV:ista voidaan joutua laittamaan linkkikoneeksi ilmaan – ellei satelliittiyhteyttä ole saatavilla.

Mikäli yhtälöön lisätään pitkän kantaman ilmatorjunta, ei Predator A:lla ja Reaperilla liene kovinkaan suuria mahdollisuuksia suorittaa tehtäväänsä. Ilmatorjunnan kantaman ulkopuolelta sensoreiden kantama ei riitä ja häivetekniikan puute yhdistettynä pieneen nopeuteen nostaa todennäköisyyttä joutua ammutuksi. Joku saattaisi epäillä, että kalliita pitkän kantaman ohjuksia ei käytettäisi yksittäisen UAV:n torjuntaan, mutta itse olen taipuvainen päinvastaiselle kannalle. Ensinnäkin Suomen kaltaisella valtiolla tuskin tulee olemaan kymmenittäin operatiiviseen tiedusteluun kykeneviä UAV:ita, jolloin yhdenkin alas ampuminen voi vaikuttaa merkittävästi UAV:illa suoritettavaan tiedusteluun. Toiseksi UAV:n tuottama tieto voi aiheuttaa myöhemmin merkittäviä vaikutuksia esimerkiksi nyt tarkasteltavien ilmasta maahan -aseiden muodossa, joten tiedustelutiedon saamisen estäminen on luonnollisesti vastustajan kannalta edullista.

Avengerin mahdollisuudet suorittaa yllä olevan kaltainen tehtävä riippuvat suuresti sen todellisista häiveominaisuuksista, joista ei vielä ole saatavilla varmaa tietoa. Nopeus ja käytettävä korkeusalue lisäävät mahdollisuuksia selvittää tehtävästä ja vastustajan ilmapuolustuksen vaikutusalueella vietettävä aika pienenee selvästi¹²⁷. Avengerille suunniteltu mahdollinen tehtävä (”rajoitettu SEAD”) antaa myös syyn olettaa, että sillä olisi mahdollisuuksia selvittää myös lähialueen ilmatorjuntajärjestelmien vaikutuspiirissä. Selviytymismahdollisuuksia olisi mahdol-

¹²⁷ Esimerkiksi 50 NM:n matka tiedusteltavalle alueelle ja takaisin kestää Predator A:lla yli 1 h 20 min kun taas Avenger taittaa saman matkan alle 15 min:ssa.

lista nostaa edelleen käyttämällä vain passiivisia sensoreita SAR-tutkan sijaan ja käyttämällä elektronista taustahäirintää. Edelleen, mikäli ollaan valmiita tinkimään reaaliaikaisesta tiedonsiirrosta, voidaan datalinkinkin käytöstä luopua, jolloin Avengerin lähettämä säteily pienenee entisestään. Ongelmana tulevat olemaan viiveet tiedonvälittämisessä ampuvalle koneelle, joten käyttöperiaate ei sovellu aikakriittisten maalien tiedusteluun. Lisäksi on riskinä, että jos Avenger tulee torjutuksi tai putoaa muusta syystä (tekninen vika, voimakas jäättäminen), menetetään kaikki sen keräämät tiedot.

JASSM:ille mahdollisesti suunniteltavat maalit sijaitsevat todennäköisesti hyvin syvällä vastustajan ilmapuolustuksen sisällä. Suorituskyvyssä kantaman suhteen on selvä ero JSOW:iin verrattuna ja molemmilla on mahdollista vaikuttaa samantyyppisiin maaleihin, joten uskoisin JASSM:ia käytettävän vain JSOW:n kantaman ulkopuolella olevia maaleja vastaan. UAV:n osalta problematiikka on samantyyppinen kuin JSOW:lle hankittavan maalitiedon kanssa. Kohteiden tiedustelemiseksi on mentävä vastustajan ilmapuolustuksen vaikutuspiirin sisäpuolelle, eivätkä ongelmakenttä tai ratkaisut käyttömahdollisuuksien osalta enää sen jälkeen paljoakaan poikkeaa yllä esitetystä. Syvemmälle ilmapuolustuksen sisälle mennessä suuren nopeuden ja häiveominaisuuksien merkitys kuitenkin korostuu.

Yhtenä vaihtoehtona kaukana valtakunnan rajoista tapahtuvalle tiedustelulle on erimallisten Predator-perheen jäsenten yhdistäminen joko yhden tai useamman yhtäaikaisen tehtävän suorittamiseksi. Avenger (käsitykseni mukaan) ainoana selviytymiskykyisenä UAV:nä voisi suorittaa tiedustelutehtävää syvällä vastustajan ilmapuolustuksen sisällä, kun samaan aikaan halvempi ja haavoittuvaisempi Predator A tai Reaper voisi varustelusta riippuen sekä toimia Avengerin lähettämän ja vastaanottaman tiedon linkkikoneena että suorittaa omaa tiedustelutehtäväänsä eri maaleista ilmapuolustuksen kantaman ulkopuolelta. Mikäli iskukykytutkimuksen suosituksista ollaan valmiita tinkimään, Avengerin käyttö ilmasta maahan -toimintaan avaisi edelleen uusia käyttömahdollisuuksia. ”Rajoitettu SEAD-kyky” antaisi mahdollisuuden vaikuttaa Avengerilla valittuihin ilmatorjuntajärjestelmiin, jolloin ilmapuolustukseen olisi mahdollista tehdä hetkellisiä aukkoja, joita muut, vähemmän selviytymiskykyiset UAV:t voisivat käyttää hyväkseen.

5.2 Yhteenveto

Vaikka Predator-sarjan ilma-aluksia on käytetty paljon viimeaikaisissa operaatioissa, toimintaympäristön erojen vuoksi ne eivät varauksetta sovellu käytettäväksi maalitiedon hankkimiseen Suomen lähiympäristössä. Perinteiseen tekniikkaan luottavat ilman häivetekniikkaa rakennetut Predator A ja Reaper eivät kumpikaan kykene yksinään suoriutumaan ilmavoimille hankittavien ilmasta maahan -aseiden vaatiman maalitiedon hankinnassa suomalaisessa toimintaympäristössä, koska lähialueen ilmatorjuntajärjestelmät pystyvät pudottamaan ne hyvin suurella todennäköisyydellä. Käyttömahdollisuudet rajoittuvat ilmapuolustuksen kantaman ulkopuolelta toimimiseen ja ilmapuolustuksen kiertämiseen. Ilmapuolustuksen osia voi kiertää etenkin matalalla toimittaessa, mutta hitaiden ilma-alusten käyttöarvo tiedustelussa jää vähäiseksi. Matala lentokorkeus edellyttäisi lentämistä joko hyvin läheltä tiedusteltavaa kohdetta tai suoraan kohteen päältä, jolloin hitaat UAV:t hyvin todennäköisesti torjuttaisiin.

Osittain häiveteknologiaa hyväksikäyttävä Avenger tarjoaa ainakin teoreettisesti jo käyttökelpoisia käyttömahdollisuuksia maalitiedon hankintaan. Hyvällä tehtäväsuunnittelulla ja muulla tuella (elektroninen tuki, toiminta osana muita operaatioita, aiemman tiedustelutiedon hyväksikäyttö, muut mahdolliset UAV:t) onnistumismahdollisuuksia voi kasvattaa entisestään. Mikäli Avenger itse varustetaan vielä ilmasta maahan -aseilla, se voi rajoitetun SEAD-kyvyn myötä mahdollistaa myös muiden UAV:iden käytön yksittäisiin tiedustelutehtäviin.

Tiedustelujärjestelmät mahdollistavat ilmasta maahan -aseiden tarvitseman tiedon hankkimisen. Lähialueen olosuhteista johtuen SAR-tutka on elektro-optiseen järjestelmään verrattuna huonommasta erottelukyvystään huolimatta lähes välttämätön, jotta tiedustelu olisi mahdollista myös huonoissa sääolosuhteissa. SAR-tutkan ylivoimainen kantama antaa tiedustelulle myös standoff-kykyä.

Kaikilla tutkimuksessa mukana olleilla ilma-aluksilla tulee tiedonsiirtoa rajoittavaksi tekijäksi datalinkin kantama, joten satelliittilinkin mahdollisesti puuttuessa osa ilma-aluksista on laitettava linkkikoneeksi, mikäli tiedusteltavalta kohteelta halutaan reaaliaikaista tietoa.

5.3 Tutkimustulosten luotettavuus

Koska tutkimustyössä on käytetty ainoastaan julkisia lähteitä ja ainakin osa tutkimukseen liittyvästä tiedosta (erityisesti sotilaalliseen suorituskyykyyn vaikuttavat suoritusarvot, kuten

Avengerin tärkeät häiveominaisuudet) on todennäköisesti salaista, tutkimustuloksiin tulee väistämättä epätarkkuutta. Osa lähteistä on ollut laitevalmistajien omia julkaisuja, eikä ”kaupallisen optimismin” mahdollisuutta voi sulkea pois. Toisaalta myös luotettavana pitämistäni Jane’ sin tietokannoista löytyi yksityiskohtia, jotka todennäköisesti eivät olleet paikkansa pitäviä. Välillä oli havaittavissa tiettyjen tietojen kopioitumista useisiin eri (internet-)lähteisiin, mikä edellytti edelleen uusien lähteiden etsimistä kopioituneen tiedon varmistamiseksi. Myös toimintaympäristön yksinkertaistetun kuvauksen vuoksi saatuja tuloksia ei voi pitää niin tarkkoina, kuin olisi ollut mahdollista esiapseerikurssin tutkimusraporttia laajemmassa ja turvallisuusluokitellussa tutkimuksessa. Olen kuitenkin pyrkinyt vertailemaan julkisten lähteiden tietoja keskenään sekä löytämään mahdollisia epätarkkuuksia tai ristiriitaisuuksia, ja sen kautta parantamaan tutkimuksen reliabiliteettia eli tutkimustulosten toistettavuutta.¹²⁸

5.4 Jatkotutkimustarpeet

Tutkimuksen kuluessa esiin nousi käynnissä olevien tutkimusten lisäksi jatkotutkimuksen tarve kahdesta eri aihealueesta. Ensimmäinen on elektronisen sodankäynnin vaikutukset maalitiedon hankintaan ja toinen UCAV:ien käyttö osana puolustusvoimien yhteistä tulenkäyttöä (iskukykytutkimuksen suositusten vastaisesti). Näkemykseni mukaan aiheet ovat laajoja, diplomityön tasoa, eikä niiden pitäminen julkisina vaikuta todennäköiseltä. SAR-tutkan häirintä voi estää tai rajoittaa UAV:n käyttöä maalitiedon hankkimisessa ja esimerkiksi GPS:n häirintä voi tuoda epätarkkuutta saatavaan maalitietoon. UCAV:ien käytön tutkimista suomalaisessa toimintaympäristössä pidän perusteltuna, koska tässäkin tutkimuksessa olleet UAV:t kykenevät ilmasta maahan -toimintaan, enkä näe tarpeelliseksi rajoittaa mahdollisesti hankittavien UAV:iden suorituskykyä tarpeettomasti. Toisaalta en myöskään näe järkevänä rajata muuten sopivaa UAV:tä harkittavien vaihtoehtojen ulkopuolelle pelkästään sen vuoksi, että sillä on kyky käyttää aseistusta. Etenkään, jos ne pystyvät käyttämään ilmavoimille muutenkin hankittavia ilmasta maahan -aseita.

¹²⁸ Vrt. Hirsjärvi, Sirkka; Remes, Pirkko; Sajavaara, Paula: *Tutki ja kirjoita*, 11. painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2005, s. 216–218

TUTKIELMAN LÄHDELUETTELO

JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET:

Jurvelin Jaakko: *Ilmasta maahan –suorituskyvyn kehittämisen erityispiirteitä suomalaisesta näkökulmasta*, Esiupseerikurssin tutkimustyö, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2006

Jääskeläinen, Jussi: *Alussijoitteinen, miehittämätön ilma-alus*, sotatieteiden kandidaatin tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2005

Kananen, Jari: *Miehittämättömät ilma-alukset, niiden kehitys sekä käyttö viimeaikaisissa sodissa*, Pro Gradu-tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2007

Petrelius, Tuomo: *Venäläisten miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien ominaisuudet ja taktiset käyttöperiaatteet tiedustelu- ja tulenjohtotehtävissä*, kadettikurssin tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2005

Puuperä, Sami: *Miehittämätön taisteluilma-alusUCAV, teknologiakatsaus*, Esiupseerikurssin tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2009

JULKAISTUT LÄHTEET:

(Jane's-tietokannan lähdeviittaukset on eritelty lähdeluettelon loppuun)

Airforce-technology.com: *Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper - Unmanned Aerial Vehicle (UAV), USA*,
<http://www.airforce-technology.com/projects/predator/> Ladattu 9.3.2010

Balmer, David: *Separation of Boundary Layers*,
<http://www.see.ed.ac.uk/~johnc/teaching/fluidmechanics4/2003-04/fluids14/separation.html>
 Ladattu 3.3.2010

<http://bathead.com/Weapons/jsow.jpg> Ladattu 8.4.2010

BBC NEWS: *Russia "Shot Down Georgia Drone"*, 21.4.2008,
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/7358761.stm> Ladattu 26.2.2010

Callero, Monti: *Assessment of Nonlethal Aerial Vehicles for Integration with Combat Aviation Missions*, RAND Corporation, 1995

CBS: uutislähetys (katkelma),
<http://www.youtube.com/watch?v=wWUR3sgKUV8> Ladattu 22.2.2010

Chan, Y. K.; Koo, V. C.: *An Introduction to Synthetic Aperture Radar (SAR)*, Progress In Electromagnetic Research B, Vol. 2, 2008

Controp: *Long Range Payloads*,
<http://www.controp.com/category/long-range-payloads> Ladattu 1.3.2010

Cosgrove-Mather, B.: *Pilotless Warriors Soar To Success*, CBS:n uutisartikkeli 25.4.2003,
<http://www.cbsnews.com/stories/2003/04/25/tech/main551126.shtml> Ladattu 22.2.2010

Davis, Charles H.: *JDAM The Kosovo Experience and DPAS-esitys*, The Boeing Company, 1998, <http://guidebook.dcma.mil/38/dpas/12DavisPres.pdf> Ladattu 29.12.2009

Deagel: *FMS: Finland Requires F-18 Mid-Life Upgrade Program*, September 09, 2008, http://www.deagel.com/news/FMS-Finland-Requires-F-18-Mid-Life-Upgrade-Program_n000004981.aspx Ladattu 29.12.2009

Deagel: *FMS: Third Phase of Finnish F/A-18 MLU*, September 27, 2006, http://www.deagel.com/news/FMS-Third-Phase-of-Finnish-FA-18-MLU_n000001010.aspx Ladattu 29.12.2009

Defence Industry Daily: *Finland to Buy Cruise Missiles for its Hornets*, 8.4.2009, <http://www.defenseindustrydaily.com/Finland-to-Buy-Cruise-Missiles-for-its-Hornets-05370/> Ladattu 2.3.2010

Defence Update: *Lynx / AN/APY-8*, <http://defense-update.com/products/l/lynx-sar.htm> Ladattu 26.2.2010

Defence Update: *Laser Guided JDAM Debuts in Iraq*, <http://defense-update.com/newscast/0808/270808laserguidedjdamdebutsiniraq.html> Ladattu 3.3.2010

Defenceworld.net: *Boeing signs contract with USA to provide JDAM*, <http://www.defenseworld.net/go/defensenews.jsp?id=3697&h=Boeing%20signs%20contract%20with%20USA%20provide%20JDAM> Ladattu 29.12.2009

Drew, John G.; Shaver, Russel; Lynch, Kristin F.; Amouzegar, Mahyar A.; Snyder, Don: *Unmanned Aerial Vehicle End to End Support Considerations*, RAND Corporation, 2005

DSCA News Release: *Finland – F/A-18 Mid-Life Update Program*, 27.9.2006, http://www.dsca.mil/pressreleases/36-b/2006/Finland_06-33.pdf Ladattu 29.12.2009

DSCA News Release: *Finland – F-18 Mid-Life Update Program*, 9.9.2008, http://www.dsca.mil/PressReleases/36-b/2008/Finland_08-85.pdf Ladattu 29.12.2009

EADS Press Release: *EADS Defence & Security was awarded research and technology programme for the "Agile UAV in Network-Centric Environments" project*, 18.12.2007, http://www.eads.com/1024/en/pressdb/archiv/2007/20071218_eads_ds_mas_Agile%20UAV_Network-Centric_Environments.html Ladattu 3.3.2010

Federation of American Scientists: *S-300PMU SA-10 GRUMBLE SA-N-6 GRUMBLE*, <http://www.fas.org/nuke/guide/russia/airdef/s-300pmu.htm> Ladattu 22.2.2010

Free Dictionary: *Unmanned Aircraft System*, <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Unmanned+Aircraft+System> Ladattu lokakuussa 2009

Fulghum, David A.; Sweetman, Bill: *Predator C Avenger Makes First Flights*, *Aviation Week*, Apr 17 2009

General Atomics Aeronautical Systems Inc: *MQ-1 Predator Persistent ISR and Strike-esite*, http://www.ga-asi.com/products/aircraft/pdf/MQ-1_Predator.pdf Ladattu 29.12.2009

General Atomic Aeronautical Systems Inc: *LYNX SAR/GMTI RADAR*-esite, <http://www.gasi.com/products/sensors/pdf/GMTILynxSar.pdf> Ladattu 29.12.2009

Global Security: *AGM-154 Specifications*,
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/agm-154-specs.htm> Ladattu 29.12.2009

Global Security: *JASSM*,
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jassm.htm> Ladattu 29.12.2009

Global Security: *JDAM Operations*,
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jdam-ops.htm> Ladattu 29.12.2009

Global Security: *JDAM Specifications*,
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jdam-specs.htm> Ladattu 23.2.2010

Global Security: *MQ-1B*,
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/mq-1b.htm> Ladattu 29.12.2009

Global Security: *Operation Allied Force*,
http://www.globalsecurity.org/military/ops/allied_force.htm Ladattu 4.3.2010

Global Security: *Predator Specifications*,
<http://www.globalsecurity.org/intell/systems/predator-specs.htm> Ladattu 29.12.2009

Hall, David H.: *Survivability and UAV's – Balanced Survivability Design, Test and Evaluation*-esitys, SURVICE Engineering Company, Ridgecrest, CA, 2003

Harrington, Caitlin: Predator C emerges to operate in 'higher threat environments', *Jane's Defence Weekly*, 21.4.2009,
[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jdw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janes-data/mags/jdw/history/jdw2009/jdw39610.htm@current&Prod_Name=JDW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]predator+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]predator+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]predator+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jdw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janes-data/mags/jdw/history/jdw2009/jdw39610.htm@current&Prod_Name=JDW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]predator+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]predator+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]predator+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 3.3.2010

Hirsjärvi, Sirkka; Remes, Pirkko; Sajavaara, Paula: *Tutki ja kirjoita*, 11. painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2005

Huttunen, Mika; Metteri, Jussi: *Ajatuksia operatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 2, Taktiikan asiatietoa n:o 1/2008, Edita Prima Oy, Helsinki 2008

Ilmatieteen laitos: *Pilvisten päivien lukumäärä kuukausittain*-tilasto,
http://www.fmi.fi/saa/tilastot_55.html Ladattu 3.3.2010

Ilmatorjuntaupseeriyhdistys: *Asejärjestelmät*,
<http://www.ilmatorjuntaupseeriyhdistys.fi/lohtaja/asejarj.htm> Ladattu 22.2.2010

Joint Publication 3-03 *Joint Interdiction*, 03 May 2007

Järvinen, Sami: *Global Hawk and SAIP - An Example of Automatic Target Recognition, State-of-the-Art in Sensors*, toimittaneet Jormakka, Jorma ja Rissanen, Antti, Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2006

Kosola, Jyri; Solante, Tero: *Digitaalinen taistelukenttä – Informaatioajan sotakoneen tekniikka*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2003

Lambeth, Benjamin S.: *NATO's Air War for Kosovo: A Strategic and Operational Assessment*, RAND Corporation, 2001

Lockheed Martin'in lehdistötiedote 26.10.2009

http://www.lockheedmartin.com/news/press_releases/2009/MFC_102609_LockheedMartins_Joint.html Ladattu 3.3.2010

Metteri, Jussi: *Kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät operaatiotaidon ja taktiikan tutkimuksessa*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 2, n:o 1/2006, Edita Prima Oy, Helsinki, 2006

Mittayksikköasetus 371/1992

Mulrine, Anna: *UAV Pilots*, *Air Force Magazine*, January 2009

Mäkipaja, Simo: *CASE UAV Teknologiaohjelma avulla yhteistyötä*, esitelmä, Patria Oyj, 2006

http://pic.srv104.wapedia.mobi/thumb/467014611/en/max/1440/900/GBU-31_xxl.jpg?format=jpg,png,gif Ladattu 29.12.2009

Pirnie, Bruce R.; Vick, Alan; Grissom, Adam; Mueller, Karl P.; Orletsky, David T.: *Beyond Close Air Support – Forging a New Air-Ground Partnership*, RAND Corporation, 2005

Pääesikunta, Maavoimaosasto: *Tiedote Iskukykytutkimuksen tulokset*, 4.3.2004

Pääesikunta, Sotatalousosasto: *Puolustusjärjestelmien kehitys Sotatekninen arvio ja ennuste 2020 STAE 2020, osa 2*, Edita Prima Oy, Helsinki, 2004

RAND, Project Air Force: *Force Modernization and Employment Program*, <http://www.rand.org/paf/agenda/forcemod/> Ladattu 17.2.2010

Raytheon: *JSOW-tuote-esittely "JSOW Family of Precision Strike Weapons"*, 2009
http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/rms/documents/content/rtn_rms_ps_jsow_datasheet.pdf Ladattu 29.12.2009

Raytheon: *Multi-Spectral Targeting System AN/AAS-52-esite*,
http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/sas/documents/content/rtn_sas_ds_an_aas52.pdf Ladattu 29.12.2009

Raytheon: *Multi-Spectral Targeting System MTS-B-esite*,
http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/sas/documents/content/rtn_sas_ds_mts-b.pdf Ladattu 29.12.2009

Ripley, Tim: US Air Force speeds JDAM integration on Reaper, *Jane's Defence Weekly*, 9.4.2009,
[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jdw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janes-data/mags/jdw/history/jdw2009/jdw39493.htm@current&Prod_Name=JDW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]predator+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]predator+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]predator+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jdw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janes-data/mags/jdw/history/jdw2009/jdw39493.htm@current&Prod_Name=JDW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]predator+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]predator+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]predator+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 3.3.2010

Soergel, U.; Michaelsen, E.; Thoennessen, U.; Stilla, U.: *Potential of high resolution SAR images for urban analysis*-esitys, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing in yhteiskonferenssissa, Tempe, Arizona, USA, 14.-16.3.2005,
<http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W27/soergel.pdf> Ladattu 3.3.2010

Taylor, William W.; Bigelow, James H.; Ausink, John A.: *Fighter Drawdown Dynamics Effects on Aircrew Inventories*, RAND Corporation, 2009

Tiron, Roxana: Despite Doubt, Air Force Stands by Predator, *National Defence Magazine*, December 2001,
http://www.nationaldefensemagazine.org/ARCHIVE/2001/DECEMBER/Pages/Despite_Doubts4155.aspx Ladattu 8.4.2010

Trimble, Steven: General Atomics defends Predator C strategy, *Flight International*, 13.8.2009, <http://www.flightglobal.com/articles/2009/08/13/330983/general-atomics-defends-predator-c-strategy.html> Ladattu 3.3.2010

USAF Predator Fact Sheet <http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?fsID=122>
 Ladattu 24.2.2010

United States Air Force, Headquarters: *United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047*, Washington, 2009

Valavanis, Kimon P.: *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, Springer 2007, Dordrecht, Netherlands

Wikipedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:081131-F-7734Q-001.jpg> Ladattu 29.12.2009

Wikipedia: *Boundary Layer Separation*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_layer_separation Ladattu 29.12.2009

Wikipedia: *Merimaili*,
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Merimaili> Ladattu 29.12.2009

Wikipedia: *MQ-1*,
<http://en.wikipedia.org/wiki/MQ-1> Ladattu 29.12.2009

Zyweck, Tony: *Sensor-to-Shooter trends and the implications for small to medium size military forces*-esitys, IQPC Sensor-to-Shooter Conference, Lontoo, Englanti, toukokuu 2008

JANE'S (linkkien avautuminen edellyttää kirjautumista Jane'sin verkkopalveluun Puolustusvoimien ja Rajavartiolaitoksen koulutusportaalin kautta. Tallennetut sivut löytyvät tarvittaessa kirjoittajalta)

Jane's Avenger:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juava365.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juava365.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]%28+predator+%3CAND%3E+c%29+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 26.2.2010

Jane's Bofors L/70:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0180.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]L%2F70+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]L%2F70+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]L%2F70+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0180.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]L%2F70+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]L%2F70+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]L%2F70+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 22.2.2010

Jane's BROACH:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3633.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]broach+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]broach+%3CIN%3E+title\)\)+%3CAND%3E+\(\[100\]broach+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3633.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80]broach+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]broach+%3CIN%3E+title))+%3CAND%3E+([100]broach+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 29.12.2009

Jane's BUK:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0113.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]sa-11+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]sa-11+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]sa-11+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0113.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]sa-11+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]sa-11+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]sa-11+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 22.2.2010

Jane's HAWK:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0246.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]hawk+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]hawk+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]hawk+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0246.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]hawk+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]hawk+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]hawk+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 22.2.2010

Jane's JASSM:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3784.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]jassm+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]jassm+%3CIN%3E+title\)\)+%3CAND%3E+\(\[100\]jassm+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3784.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80]jassm+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]jassm+%3CIN%3E+title))+%3CAND%3E+([100]jassm+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 29.12.2009

Jane's JDAM:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3667.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]jdam+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]jdam+%3CIN%3E+title\)+%3CAND%3E+\(\[100\]jdam+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3667.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80]jdam+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]jdam+%3CIN%3E+title)+%3CAND%3E+([100]jdam+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 29.12.2009

Jane's JSOW:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3658.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]agm-154+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]agm-154+%3CIN%3E+title\)+%3CAND%3E+\(\[100\]agm-154+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jalw/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/jalw/jalw3658.htm@current&Prod_Name=JALW&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80]agm-154+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]agm-154+%3CIN%3E+title)+%3CAND%3E+([100]agm-154+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 29.12.2009

Jane's Lynx I:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jrew/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jrew/jrew1806.htm@current&Prod_Name=JREW&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]\(+lynx+%3CAND%3E+synthetic\)+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]\(+lynx+%3CAND%3E+synthetic\)+%3CIN%3E+title\)+%3CAND%3E+\(\[100\]\(+lynx+%3CAND%3E+synthetic\)+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jrew/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jrew/jrew1806.htm@current&Prod_Name=JREW&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80](+lynx+%3CAND%3E+synthetic)+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100](+lynx+%3CAND%3E+synthetic)+%3CIN%3E+title)+%3CAND%3E+([100](+lynx+%3CAND%3E+synthetic)+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 26.2.2010

Jane's Lynx II:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jrew/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jrew/jrew2318.htm@current&Prod_Name=JREW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]lynx+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]lynx+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]lynx+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jrew/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jrew/jrew2318.htm@current&Prod_Name=JREW&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]lynx+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]lynx+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]lynx+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 26.2.2010

Jane's MQ-1:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juav1317.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR%3E\(\(\(\[80\]predator+%3CIN%3E+body\)%2C+\(\[100\]+\(\[100\]predator+%3CIN%3E+title\)+%3CAND%3E+\(\[100\]predator+%3CIN%3E+body\)\)\)\)](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juav1317.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E(%3COR%3E((([80]predator+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]predator+%3CIN%3E+title)+%3CAND%3E+([100]predator+%3CIN%3E+body))))) Ladattu 26.2.2010

Jane's MQ-9:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juav9266.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28\[80\]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/juav/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/binder/juav/juav9266.htm@current&Prod_Name=JUAV&QueryText=%3CAND%3E%28%3COR%3E%28%28[80]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]%28+predator+%3CAND%3E+b+%3CAND%3E+reaper%29+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 26.2.2010

Jane's MTS-A:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jeos/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jeos/jeos8417.htm@current&Prod_Name=JEOS&QueryText=%3CAND%3E\(%3COR](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jeos/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jeos/jeos8417.htm@current&Prod_Name=JEOS&QueryText=%3CAND%3E(%3COR)

%3E(([80]mts-a+%3CIN%3E+body)%2C+([100]+([100]mts-a+%3CIN%3E+title)+%3CAND%3E+([100]mts-a+%3CIN%3E+body)))) Ladattu 26.2.2010

Jane's S-300:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0108.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3C OR%3E%28%28\[80\]sa-10+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]sa-10+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]sa-10+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0108.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3C OR%3E%28%28[80]sa-10+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]sa-10+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]sa-10+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 22.2.2010

Jane's Tunguska:

[https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0056.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3C OR%3E%28%28\[80\]tunguska+%3CIN%3E+body%29%2C+%28\[100\]+%28\[100\]tunguska+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28\[100\]tunguska+%3CIN%3E+body%29%29%29%29](https://www.milnet.fi/www4.janes.com/subscribe/jlad/doc_view.jsp?K2DocKey=/content1/janesda-ta/yb/jlad/jlad0056.htm@current&Prod_Name=JLAD&QueryText=%3CAND%3E%28%3C OR%3E%28%28[80]tunguska+%3CIN%3E+body%29%2C+%28[100]+%28[100]tunguska+%3CIN%3E+title%29+%3CAND%3E+%28[100]tunguska+%3CIN%3E+body%29%29%29%29) Ladattu 22.2.2010

LIITE 1 LYHENTEET

A/G	Air-to-Ground
BLU	Bomb Live Unit
BROACH	Bomb Royal Ordnance Augmented Charge
CCD	Charge-Coupled Device
CEP	Circular Error Probable
DSCA	Defence Security Cooperation Agency
EO	Electro-Optical
FAS	Federation of American Scientists
GBU	Guided Bomb Unit
GMTI	Ground Moving Target Indicator
HALE	High Altitude Medium Endurance
HE	High Explosive
HN	F-18 Hornet
IFOV	Instrument Field of View
IIR	Imaging Infra Red
IITV	Image Intensified TV
IR	Infra Red
INS	Inertial Navigation System
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
JASSM	Joint Air-to-Surface Standoff Missile
JDAM	Joint Direct Attack Munition
JSOW	Joint Standoff Weapon
KIAS	Knots Indicated Air Speed
KTAS	Knots True Air Speed
LOS	Line of Sight
MALE	Medium Altitude Medium Endurance
MQ	Missile Carrier/Multimission, Unmanned
MTS	Multispectral Targeting System
MWIR	Medium Wave Infra Red
NG-UAS	Next Generation UAS
NIR	Near Infra Red

NM	Nautical Mile ¹²⁹
NOE	Nap-Of-the-Earth
RQ	Reconnaissance, Unmanned
SAR	Search And Rescue
SAR	Synthetic Aperture Radar
SEAD	Suppression of Enemy Air Defences
TST	Time Sensitive Target
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle

¹²⁹ Wikipedia: *Merimaili*, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Merimaili> Meripeninkulma eli merimaili (1852 m). Mit-tayksikköasetus 371/1992 10§ määrittää meripeninkulman lyhenteeksi mpk, mutta NM on yleisesti ilmailussa käytetty lyhenne, joten käytän sitä myös tässä ilma-aluksia käsittelevässä tutkimuksessa.

LIITE 2 JDAM



Kuva 6¹³⁰: GBU-31 (JDAM-kitti kiinnitettynä Mk 84-pommiin). Takaosassa on ohjausyksikkö ohjainsiipineen ja keskirungossa erottuvat siipimäiset ulokkeet, jotka pitävät pommin oikeassa asennossa sen lennon ajan ja pidentävät pommin kantamaa.

TEKNISET TIEDOT¹³¹

	GBU-31(V)1/B	GBU-31(V)3/B
Pituus	4,0 m	-
Kärkiväli	49,8 cm	63,5 cm
Paino	925,4 kg	961,4 kg
Tst-kärki	Mk 84, 428 kg HE	BLU-109/B, 240 kg HE
Ohjautuminen	Inertia/GPS	Inertia/GPS
Voimanlähde	-	-
Kantama	8,5–13 NM (16–24 km) ¹³²	8,5–13 NM (16–24 km)
Tarkkuus (CEP)	30 m INS-ohjautuksella, 13 m GPS-avustettuna	

Tällä hetkellä JDAM:sta on käytössä seuraavat versiot (joista Suomi on osoittanut kiinnostusta ainakin GBU-31:een^{133 134}):

¹³⁰ http://pic.srv104.wapedia.mobi/thumb/467014611/en/max/1440/900/GBU-31_xx1.jpg?format=jpg.png.gif

¹³¹ [www-sivu Jane's JDAM](http://www-sivu.jane's.com) (ks. linkki lähdeluettelosta) pl erikseen lähdeviittauksilla varustetut arvot.

¹³² Davis (1998), s 9 antaa pisimmäksi kantamaksi noin 15 NM (noin 28 km), kun pudotus tapahtuu nopeudelta 0,80 Mach 40 000 ft:n (n 12 km) korkeudesta. Myös Global Security: *JDAM Specifications*, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/jdam-specs.htm> antaa kantamaksi ”vähintään 5 ja enintään 15 NM”

- GBU-31(V)1/B: Mk 84 2 000 lb, USAF
- GBU-31(V)2/B: Mk 84 2 000 lb, US Navy
- GBU-31(V)3/B: BLU-109 2 000 lb, USAF
- GBU-31(V)4/B: BLU-109 2 000 lb, US Navy
- GBU-31(V)5/B: BLU-119/B, USAF
- GBU-32(V)1B: Mk 83 1 000 lb, USAF
- GBU-32(V)2B: Mk 83/BLU-110/B 1 000 lb, US Navy
- GBU-35(V)1/B: poistunut US Navyn malli, tilalle GBU-32(V)2B
- GBU-38(V)1/B: Mk 82/BLU-111 500 lb, USAF
- GBU-38(V)2/B: Mk 82/BLU-111 500 lb, US Navy
- GBU-38(V)4/B: BLU-126/B, US Navy
- GBU-54/B: Mk 82/BLU-111 Laser JDAM¹³⁵

¹³³ Defence Security Cooperation Agency: News Release, *Finland – F/A-18 Mid-Life Update Program*, 27.9.2006 http://www.dsca.mil/pressreleases/36-b/2006/Finland_06-33.pdf

¹³⁴ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta) sekä Deagel: *FMS: Third Phase of Finnish F/A-18 MLU*, September 27, 2006, http://www.deagel.com/news/FMS-Third-Phase-of-Finnish-FA-18-MLU_n000001010.aspx ovat mahdollisesti ottaneet samat tiedot yllä olevasta lähteestä. Lisäksi muutamat muut sivustot esittivät identtisiä tietoja ja mainitsivat lähteeksi esimerkiksi Deagelin sivustot.

¹³⁵ www-sivu Jane's JDAM (ks. linkki lähdeluettelosta)

LIITE 3 AGM-154C JSOW



Kuva 7. AGM-154 JSOW liidossa. Kuvasta erottuvat selvästi kuusisiipinen peräsinosa sekä ylärungosta auenneet pääsiivet.¹³⁶

TEKNISET TIEDOT

Pituus	4,06 m
Paino	468 kg
Tst-kärki	BROACH (monivaiheinen taisteluosa) 1. osa (läpäisy) 93 kg (206 lbs) 2. osa 184 kg (406 lbs)
Ohjautuminen	Inertia/GPS, IR (ATA)
Voimanlähde	Liitopommi ilman erillistä voimanlähdettä
Kantama	12–70 NM (22–130 km) laukaisukorkeudesta riippuen
Tarkkuus (CEP)	noin 1,2 m ¹³⁷

¹³⁶ www-sivu Jane's JSOW (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹³⁷ Raytheonin JSOW tuote-esittely: *JSOW Family of Precision Strike Weapons*, 2009

http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/rms/documents/content/rtn_rms_ps_jsow_datasheet.pdf
Kyseessä on valmistajan esitteessään antama tieto, joten arvossa voi olla "kaupallista optimismia".

LIITE 4 AGM-158A JASSM



Kuva 8¹³⁸. JASSM

TEKNISET TIEDOT¹³⁹

Pituus	4,26 m
Kärkiväli	2,7 m
Paino	1 023 kg
Tst-kärki	423 kg HE (läpäisy + paine/sirpale)
Ohjautuminen	Inertia/GPS sekä IIR
Voimanlähde	Suihkumoottori
Kantama	> 200 NM
Tarkkuus (CEP)	2,4–3 m (?) ¹⁴⁰

¹³⁸ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹³⁹ www-sivu Jane's JASSM (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁴⁰ Defence Industry Daily, *B-1B Lancers Receive Weapons Upgrade*, 24.8.2005,

<http://www.defenseindustrydaily.com/b1b-lancers-receive-weapons-upgrades-01071/> Myös muista lähteistä löytyi sanamuoto "accuracy is quoted as around 2.4 m (8 ft) CEP", lainauksen lähdettä ei kuitenkaan ilmoitettu. Valmistaja puolestaan lupaa tarkkuudeksi "pinpoint accuracy".

LIITE 5 MQ-1 Predator A



Kuva 9¹⁴¹. MQ-1B Predator

TEKNISET TIEDOT¹⁴²

Kärkiväli	16,76 m
Pituus	8,23 m
Korkeus	2,06 m
Tyhjäpaino	567 kg
Max kuorma, sisäinen	204 kg
Max kuorma, ulkoinen	136 kg
Moottori	4-sylinterinen Rotax 914 (78,3 kW/105 hp)
Max nopeus	120 kt (222 km/h)
Norm. lentonopeus	73 kt (135 km/h)
Lakikorkeus	25 000 ft (7 620 m)
Toimintamatka	> 3 500 NM (6 482 km) ¹⁴³
Toiminta-aika, norm.	24 h
Toiminta-aika, max	40 h

¹⁴¹ Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/File:081131-F-7734Q-001.jpg>

¹⁴² www-sivu Jane's MQ-1

¹⁴³ USAF Predator Fact Sheet <http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?fsID=122> antaa toimintasäteeksi > 400 NM, mikä lienee järkevä lukema nimenomaan toimintasäteeksi (normaalilla lentonopeudella siirtymiset säteen ulkorajoille vievät noin 11 h). Muutenkin Jane'sin antama toimintamatka vaikuttaa aivan liian suurelta (normaalin lentonopeuden ja toiminta-ajan tulona 73 NM/h * 40 h = 2920 NM).

LIITE 6 MQ-9 Reaper



Kuva 10¹⁴⁴. Kuvaushetkellä vielä prototyyppiasteella ollut Reaper ja kaksi GBU-12 Paveway II laserohjattua pommia.

TEKNISET TIEDOT¹⁴⁵

Kärkiväli	20,12 m
Pituus	10,97 m
Korkeus	3,81 m
Tyhjäpaino	1 996 kg
Max kuorma, sisäinen	386 kg
Max kuorma, ulkoinen	1 360 kg
Moottori	Honeywell TPE331-10GD potkuriturbiini (701 kW/940 shp)
Max nopeus	240 kt (444 km/h)
Norm. lentonopeus	180 kt (333 km/h)
Lakikorkeus	50 000 ft (15 240 m)
Toimintamatka	4 600 NM (8 519 km)
Toiminta-aika (sileä ¹⁴⁶)	32 h

¹⁴⁴ [www-sivu Jane's MQ-9](#) (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁴⁵ [www-sivu Jane's MQ-9](#) (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁴⁶ ”Sileä” = ilman ulkoista kuormaa

LIITE 7 Avenger

Kuva 11¹⁴⁷. Predatorien uusin sukupolvi, Avenger.

TEKNISET TIEDOT¹⁴⁸

Kärkiväli	20,1 m
Pituus	12,5 m
Korkeus	Tuntematon
Tyhjäpaino	1 996 kg
Max kuorma (arvioitu)	1 360 kg
Moottori	Pratt & Whitney Canada PW545B (työntövoima 21,35 kN)
Lentonopeus (arvioitu)	> 400 kt (740 km/h)
Lakikorkeus	60 000 ft (18 280 m)
Toimintamatka	Tuntematon
Toiminta-aika (sileä)	20 h

¹⁴⁷ www-sivu Jane's Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta)

¹⁴⁸ www-sivu Jane's Avenger (ks. linkki lähdeluettelosta)