

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**OPERATIIVISEN TULENKÄYTÖN AMPUMATARVIKKEET**

Kandidaatintutkielma

Kadetti  
Henri Yli-Pyky

Kadettikurssi 96  
Kenttätykistölinja

Huhtikuu 2012

Kurssi Kadettikurssi 96	Linja Kenttätykistölinja
Tekijä Kadetti Henri Yli-Pyky	
Tutkielman nimi <b>Operatiivisen tulenkäytön ampumatarvikkeet</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Huhtikuu 2012	Tekstisivuja 25 Liitesivuja 0
<p><b>TIIVISTELMÄ</b></p> <p>Operatiivinen tulenkäyttö on vaikuttamista taisteluista irti olevaan viholliseen. Tällaisia vihollisjoukkoja ovat esimerkiksi reservit, johtamispaikat ja tykistöjoukot. Käytännössä kyseisistä joukoista suuri osa on panssaroituja joukkoja, joihin perinteisillä sirpaleammuksilla vaikuttaminen on haastavaa.</p> <p>Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitkä ampumatarvikkeet ovat soveltuvia operatiiviseen tulenkäyttöön. Tätä varten tutkimuksessa tarkastellaan ulkomailla kehitettävien ja käytettävien erikoisampumatarvikkeiden ominaisuuksia sekä selvitetään, millä ampumatarvikkeilla Suomessa tällä hetkellä toteutetaan operatiivisen tulenkäytön tehtävät. Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuustutkimus, jonka lähdemateriaalina käytetään Kenttätykistöoppaita sekä aiheeseen liittyviä aiempia tutkimuksia.</p> <p>Tutkimuksen johtopäätöksinä ovat, että nykyisin käytössä olevat sirpale- ja kuorma-ammukset ovat vaikutukseltaan hyviä tilanteissa, joissa ei vaadita äärimmäistä tarkkuutta tai suurta kantamaa. Operatiivisen tulenkäytön maalit ovat usein laajoja aluemaaleja, mutta sisältävät kuitenkin pistemäisiä, yksittäisiä kohteita. Kun vaatimuksena ovat pitkät ampumaetäisyydet ja pistemäisten kohteiden tuhoaminen, on tarkkuutta parannettava putkivaiheen jälkeen lentorataa korjaamalla. Tehokkaaseen kauaskantoiseen vaikuttamiseen on käytettävä täsmäammuksia, jotka kykenevät muuttamaan lentorataansa tarpeen mukaan sekä hakeutumaan kohteeseen tarkasti. Tällaisia ampumatarvikkeita onkin ulkomailla olemassa tai kehitteillä.</p> <p>Hakeutumiskeinoina täsmäampumatarvikkeilla on laservalaisuun hakeutuminen tai ampumatarvikkeen omiin sensoreihin perustuva hakeutuminen. Laservalaisuun hakeutuminen aiheuttaa valaisevalle tulenjohtajalle paljastumisriskin, koska valaisua on suoritettava useiden sekuntien ajan. Omilla sensoreilla hakeutuvat ammuksset eivät muodosta tällaista riskiä, tai riski on ainakin pienempi.</p>	
<p><b>AVAINSANAT</b></p> <p>Operatiivinen tulenkäyttö, kuorma-ammukset, hakeutuvat ammuksset, hakeutuvat tytäkranaatit, erikoisammukset, ampumatarvikkeet</p>	

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	1
1.1 Yleistä .....	1
1.2 Tutkimuksen näkökulma ja rajaus .....	2
1.3 Tutkimusongelma ja tutkimusmenetelmät .....	3
1.4 Keskeiset käsitteet .....	3
2 KÄYTÖSSÄ OLEVAT AMPUMATARVIKKEET .....	5
2.1 Ampumatarvikkeet ja niiden rakenne .....	5
2.2 Käyttöperiaatteet .....	6
2.3 Esimerkkejä operatiivisen tulenkäytön maaleista .....	8
2.4 Sirpalekranaatin ja kuorma-ammuksen vaikutus .....	9
3 ERIKOISAMPUMATARVIKKEET .....	12
3.1 Lentorataa korjaavat ammuksset .....	12
155 Bofors TCM .....	12
3.2 Ohjautuvat ammuksset .....	13
Ametech Alfred SAL-GP .....	14
M712 Copperhead .....	15
Excalibur .....	16
3.3 Hakeutuvat ammuksset .....	17
Bonus .....	17
SADARM .....	19
SMArt .....	19
3.4 Muut ampumatarvikkeet .....	21
IMI M395/396/397 .....	21
RDM Assegai M2001 .....	21
V-LAP .....	22
4 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	23

## LÄHTEET

# OPERATIIVISEN TULENKÄYTÖN AMPUMATARVIKKEET

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Yleistä

Operatiivinen tulenkäyttö määritellään vaikuttamiseksi viholliseen, joka ei ole välittömässä taistelukosketuksessa omien joukkojemme kanssa [23]. Näin ollen operatiivisen tulenkäytön maalit ovat useimmiten varsin kaukana taistelevien joukkojen etureunasta, joten tulen on kyettävä vaikuttamaan kymmenien, jopa satojen kilometrien päähän tykistön tuliasemista. Tulen kantaman kasvattaminen onkin asetettu tavoitteeksi tulevaisuudessa [4]. Operatiivista tulenkäyttöä voidaan toteuttaa epäsuoralla tulella, jota voidaan ampua haupitsien ja kanuunoiden lisäksi raketinheittimien, ohjusten ja lentokoneiden tulella. Satojen kilometrien päähän ei voida ampua nykyisin Suomessa käytössä olevilla tykistöjärjestelmillä. Raskaalla raketinheittimellä on mahdollista ampua tykistöohjuksia, joilla vaikutus voidaan ulottaa jopa yli 300 kilometrin päähän [27]. Ilmavoimien ilmasta-maahan –aseistus mahdollistaa tykistöohjuksia pidemmän ampumaetäisyyden, Hornet-kalustolle hankittavan JASSM-ohjuksen kantama on yli 350 kilometriä [36].

Armeijakunnan ja sotilasläänin tykistöjoukkojen tulenkäyttö on ensisijaisesti operatiivista tulenkäyttöä. Tämän lisäksi valmiusprikaatien tykistöpatteristojen tulenkäyttö on pääosin operatiivista tulenkäyttöä. Alueellisten prikaatien tulenkäyttö on kuitenkin ensisijaisesti taktista tulenkäyttöä, eli tulta käytetään omien joukkojen taistelun suoraan tukemiseen. Tällöin tykistön tulta käytetään suoraan taistelussa olevia vihollisjoukkoja vastaan. [23] Viholliseen vaikutetaan taktisessa tulenkäytössä lähinnä perinteisillä sirpalekranaateilla, useimmiten varsin lähellä sijaitsevista tuliasemista.

Taktinen tulenkäyttö on edullista sirpalekranaateilla, kun vihollinen on pakotettu jalkautumaan vaunuista ja se hyökkää jalan. Tällöin lähtökohtaisesti maalit ovat pehmeitä, elävää voimaa, joskin rynnäkkö- ja taistelupanssarivaunut ovat joko puolikovia tai kovia [39]. Tulenkäyttö voi olla operatiivista vihollisen reservejä ja tukevia osia vastaan, jolloin maalit voivat koostua taisteluun valmistautuvista joukoista tai esimerkiksi tykistöjoukoista, jotka usein ovat ainakin kevyesti panssaroituja. Panssaroituja maaleja vastaan tehokkaampaa onkin käyttää erilaisia erikoisampumatarvikkeita, joilla saadaan vaikutusta panssaroinnin läpi. Tällaisia ampumatarvikkeita on tykistölle kehitetty ulkomailla voimakkaasti viime aikoina. Erikoisampumatarvikkeet voivat olla täsmäaseita, joilla saadaan tarkasti valittuun pisteeseen tehokas vaikutus, tai sitten ampumatarvikkeet voivat sisältää useita pieniä tytärampuksia, jotka perustuvat suureen tulen tiheyteen pienellä ampumatarvikemäärällä [42]. Erikoisampumatarvikkeet mahdollistavat myös nopean vaikuttamisen viholliseen pitkillä etäisyyksillä, kun hakeutuvat ammuksiset eivät vaadi erillisiä tarkistusammuntoja [32].

Modernien täsmäammusten kehittämisen yksi syy länsimaissa on ei-toivotun tuhovaikutuksen vähentäminen. Täsmäammuksien kyky osua tarkasti kohteeseensa vähentää tuhovaikutusta laajalle alueelle ja tuhovoima voidaan kohdistaa vain tarvittaviin maaleihin. Tämä myös vähentää logistista taakkaa, kun ammuttavien ammusten määrä pienenee tarkkuuden lisääntyessä. Logistiikan vähentäminen nähdään NATO:n piirissä hyvinkin tärkeäksi sotilasoperaatioiden menestymisen kannalta. [31] Logistiikan vähentäminen on luonnollisesti tärkeässä osassa, koska taisteluja on viime vuosina käyty kaukana NATO-maista, mutta logistiikan väheneminen on hyväksi myös kotimaan taisteluissa.

## 1.2 Tutkimuksen näkökulma ja rajaus

Tutkimuksen rajauksena on keskittyä haupitsien ja kanuunoiden ampumatarvikkeisiin, ei siis raketinheittämiin tai ilmavoimien ilmasta-maahan kalustoon. Lisäksi käytännön rajaus tapahtuu 152/155 millimetrin kalustoon, koska pienemmät kaliiperit ovat lähinnä taktiseen tulenkäyttöön soveltuvia lyhyen kantamansa ja suppeamman ampumatarvikevalikoimansa takia. Kyseiset kaliiperit ovat merkittävässä määrin kehittämisen kohteina, 152 millimetriä lähinnä venäläisessä kalustossa ja 155 millimetriä NATO-maiden kalustossa. Tutkimus rajataan täsmäampumatarvikkeisiin sekä kuorma-ammuksiin, koska nämä ovat tällä hetkellä hyvin ajankohtaisia muun muassa jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaamisen takia.

Tutkimuksen näkökulmana on tarkastella ampumatarvikkeita käytettävyyden kannalta suomalaisella taistelukentällä. Tarkoituksena on siis luoda katsaus, miten nykyisillä ampumatarvikkeilla saavutetaan operatiivisen tulenkäytön vaatimukset ja onko muualla maailmalla saatavilla ampumatarvikkeita, jotka soveltuvat paremmin tähän tarkoitukseen.

### 1.3 Tutkimusongelma ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuskysymyksenä on, mitkä ampumatarvikkeet ovat soveltuvia operatiiviseen tulenkäyttöön. Tätä selvitetään tarkastelemalla, mitä täsmä- ja erikoisampumatarvikkeita muualla maailmalla kehitetään tai käytetään, jotka mahdollisesti olisivat käyttökelpoisia operatiivisen tulenkäytön ampumatarvikkeina. Tutkimuksessa myös selvitetään, minkälaisilla ampumatarvikkeilla Suomessa nykyisin toteutetaan operatiivista tulenkäyttöä. Tulen tehokkuutta tarkastellaan Suomessa nykyisin käytössä olevien ampumatarvikkeiden osalta.

Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuusselvitys. Asiakirjojen tietojen oikeellisuutta varmennetaan etsimällä tietoa useammasta kuin yhdestä lähteestä. Tutkimuksen tärkeimpinä lähteinä ovat Sotatekninen arvio ja ennuste –julkaisut sekä kenttätykistöoppaat. Aihetta käsitteleviä aiempia tutkimuksia ovat Alatörmän Kauaskantoinen tulenkäyttö, Mustosen Jalkaväkimiinoja korvaava tykistön ampumatarvike sekä Tammelinin Kuorma-ammusten käytön optimointi.

### 1.4 Keskeiset käsitteet

Tutkimuksen kannalta tärkeitä käsitteitä ovat vaikuttaminen, ampumatarvike, operatiivinen tulenkäyttö, kuorma-ammus sekä täsmäammus. Nämä kyseiset käsitteet voidaan määritellä eri tavoin, esimerkiksi operatiiviselle tulenkäytölle löytyy lähteistä riippuen erilaisia määritelmiä. Kyseiset käsitteet on määritelty seuraavasti joko ohjesäännöissä tai muissa kirjallisissa lähteissä.

Vaikuttaminen tarkoittaa operatiivisella tulenkäytöllä aikaan saatavia muutoksia vihollisen taisteluvoimassa. Vaikuttamisella pakotetaan vihollinen reagoivaan asemaan ja estetään sen suunnitelmallinen toiminta. [29]

Ampumatarvike käsittää ammuksen, sytyttimen, panoksen, hylsyn ja nallin. Se siis käsittää räjähdysaineet ja osaelementit, joita tarvitaan ammuksen laukauksissa. Välttämättä näitä kaikkia elementtejä ei tarvita kaikissa laukauksissa, esimerkiksi hylsyjä ei käytetä 155 millimetrin ampumatarvikkeissa. [42]

Operatiivinen tulenkäyttö on vaikuttamista viholliseen, joka ei ole välittömässä taistelukosketuksessa. Kohteena operatiivisessa tulenkäytössä ovat esikunnat, huoltolaitokset, reservit ja vihollisen tuliyksiköt [41]. Näin ollen operatiivisen tulenkäytön maalit ovat usein kooltaan aluemaaleja (alle 400x400 metriä) tai laajoja aluemaaleja (yli 400x400 metriä) [22]. Toisaalta esimerkiksi reserveihin vaikuttaminen voi olla tehokkainta pistemäisiin kohteisiin, kuten johtamisaikoihin, jolloin tarvitaan erityistä tarkkuutta tulen tehokkuuden saavuttamiseksi. Tykistöjoukoista armeijakunnan ja sotilasläänin tykistö käyttävät tulta ensisijaisesti operatiivisesti [23].

Kuorma-ammus on nimitys ammukselle, joka kuljettaa useamman kuin yhden vaikutusta aiheuttavan ammuksen kohteeseen. Kuorma-ammuksissa ammuksen kuorella ei ole ammusvaikutusta ja kuorma puretaan ilmassa halutun maalialueen yläpuolella [21]. Kuorma-ammuksia käytetään sekä miinoitteiden tekemiseen että siroteammuksien levittämiseen. Kuorma-ammut voivat kantaa myös hakeutuvia ammuksia, jotka menevät täsmäammuksien luokkaan.

Täsmäammus on joko lentorataa korjaava, ohjautuva tai hakeutuva ammus. Täsmäammuksilla on tavoitteena aiheuttaa vaikutusta pistemäisiin kohteisiin keskittämällä vaikutus pienelle alueelle. Lentorataa korjaava ammus pyrkii palauttamaan lentoratansa. Ohjautuvalle ammukselle on annettu maalipiste etukäteen esimerkiksi GPS-ohjauksella. Hakeutuva ammus etsii omilla sensoreillaan kohteen tai hakeutuu maalinosoitukseen ja aiheuttaa tuho vaikutuksen suuntautumalla kohteeseen [42].

## 2 KÄYTÖSSÄ OLEVAT AMPUMATARVIKKEET

### 2.1 Ampumatarvikkeet ja niiden rakenne

Nykyisten valmiusprikaatien ampumatarvikkeista sirpalekranaatteja on noin 70 prosenttia ja kuorma-ammuksia noin 30 prosenttia. Sirpalekranaateista 10 prosenttia on varustettu perävirtausyksiköillä pidemmän kantaman saavuttamiseksi. [34] Sirpalekranaateilla ilman perävirtausyksikköä 155 K 98 kalustolla saavutetaan noin 23 kilometrin kantama ilman perävirtausyksikköä, perävirtausyksiköllä varustettu kranaatti saavuttaa noin 28 kilometrin kantaman. Kuorma-ammuksilla suurin kantama on noin 26 kilometriä perävirtausyksiköllä varustettuna. [24]

Suomessa 155 millimetrin kenttätukikistön ampumatarvikkeena käytetään DM662- kuorma-ammusta. Kyseinen kuorma-ammus sisältävää 49 kappaletta tytärkranaatteja mallikoodiltaan DM1385. [40] DM662-ammus on kehitysversio saksalaisesta DM652- kuorma-ammuksesta [10]. Tytärkranaatit ovat varustettu iskusytyttimillä, joista löytyy mekaaninen varmistin ja itsetuholaite. Itsetuho toimii 15 sekunnin kuluttua kranaatin virittymisestä, mikäli iskusytytin ei ole räjäyttänyt kranaattia. [40]

Kuorma-ammus on varustettu aikasytyttimellä, joka ohjelmoidaan purkamaan ammuksen kuorma halutun ajan kuluttua laukaisusta. Kuorma purkautuu 100-500 metriä kohteen yläpuolella, jonka jälkeen tytärkranaatit virittyvät lähes välittömästi. Tytärammukset leviävät noin 150 metrin levyiselle alueelle ja räjähtävät maahan tai kohteeseen osuessaan. [40] Tytärkranaattien teho perustuu sirpalevaikutukseen ja suunnattuun räjähdysvaikutukseen [42]. Tytärkranaatit aiheuttavat sirpalevaikutuksen noin 10 metrin alueelle ja läpäisevät noin 100 millimetriä terästä [40].

Tytärkranaatit muodostuvat teräskuoresta, kuparikartiosta, räjähdysaineesta, sytyttimestä, jarrusiivekkeistä ja vakavointinauhasta. Sytytin sisältää itsetuhomekanismin, jotta räjähtämättömien kranaattien määrä maastossa jäisi mahdollisimman pieneksi. Vakavointinauhan tehtävänä on kääntää tytärkranaatti suotuisaan kulmaan ilmalennon aikana ja virittää sytyttimen iskuri. Jarrusiivekkeiden eli pyörimisjarrun tehtävänä on vähentää tytärkranaatin pyörimistä. Pyörimisen jarruttaminen on tärkeää ontelopanoksen toiminnan kannalta, koska ontelopanoksen teho lisääntyy pyörimisnopeuden pienentyessä. Teräskuoresta muodostuu kranaatin sirpalevaikutus ja kuparikartio muodostaa ontelopanoksen suihkun. [1]



Valmusprikaatin sirpalekranaatit ovat toinen operatiivisessa tulenkäytössä oleva kranaattimalli. Sirpalekranaattien teho perustuu sirpalevaikutuksen lisäksi painevaikutukseen välittömästi kohteen lähellä. Paineen merkitystä kranaatin tehossa voidaan kuitenkin pitää toissijaisena, koska yleisesti vammautumiskriteerinä oleva 100 KPa:n paineen raja alittuu jo muuttaman metrin etäisyydellä räjähdyspaikasta. Tämän lisäksi sirpalevaikutus on huomattavan suuri kyseisellä etäisyydellä kranaatista, joten sirpalevaikutuksen voidaan sanoa olevan tärkein tuhoa aiheuttava voima sirpalekranaateissa. [42]

Sirpalekranaattien aiheuttamaan sirpalevaikutukseen vaikuttavat räjähdyskorkeus sekä tulokulma. Erilaisilla sytyttimillä saadaan aikaan räjähdys eri paikassa: kohteessa, kohteen yläpuolella tai kohteen sisällä. [42] Kohteessa räjähdys saadaan aikaan iskusytyttimellä, joka voidaan ampua joko herkkänä tai jäykkänä. Kohteen sisällä räjähdys saadaan aikaan pehmeässä maastossa jäykkänä ammutulla iskusytyttimellä. Kohteen yläpuolella räjähdys taas tapahtuu ammuttaessa aikasytyttimellä tai herätesytyttimellä. Yläpuolella tapahtuvan räjähdysen tarkoituksena on tehostaa elävää voimaa vastaan saavutettavaa vaikutusta. Koska suurin osa sirpalekranaatin sirpaleista muodostuu kranaatin kyljistä [21], on tehokkainta räjäyttää kranaatti ilmassa. Näin saavutetaan suurempi sirpalepeitto, kun suoraan maahan osuvien sirpaleiden määrä vähenee huomattavasti verrattuna maassa räjähtävään kranaattiin. [42]

Sirpalekranaatit ovat tarkoitettu ensisijaisesti pehmeitä kohteita vastaan, koska räjähdyksessä muodostuvat sirpaleet menettävät tehonsa varsin nopeasti ja sirpaleiden täytyisi olla varsin suuria aiheuttaakseen vaikutusta panssaroiuihin maaleihin. Sirpalekranaattien sirpaloitumiseen liitetty termi on tehokas sirpale, joka tarkoittaa kohteeseen tunkeutuvaa ja siellä vaikutusta aikaansaavaa sirpalettä. Suojauksen kannalta tehokkaan sirpaleen rajana pidetään 80 joulen energiaa elävää voimaa vastaan. Tämä vastaa 1,5-3,0 millimetrin vahvuisen teräslevyn läpäisyä. [42]

## 2.2 Käyttöperiaatteet

Kuorma-ammuksia käytetään Suomessa tulenkäytön periaatteiden mukaan taisteluiden välilliseen tukemiseen, eli kyseessä on operatiivinen tulenkäyttö. Kuorma-ammuksien voidaan katsoa olevan tehokkuudeltaan elävää voimaa vastaan yli 10-kertainen sirpalekranaatteihin verrattuna ja puolikoviin maaleihin vähintään kolminkertainen sirpalekranaatteihin verrattuna. Koska tulen vaikutus yksittäisillä kranaateilla kasvaa merkittävästi, ampumatarvikkeiden täydennystarve vähenee selvästi. Pienenevä logistiikan tarve lisää taistelunkestävyyttä ja vapaut-

taa resursseja varsinaiseen taistelutoimintaan. Lisäksi jalkaväkimiinojen puutetta voidaan osittain korvata kuorma-ammuksilla. [40]

Kuorma-ammuksia on edullista käyttää tulitettaessa laajoja aluemaaleja eli yli 400\*400 metriä laajuudeltaan olevia maaleja. Näiden lisäksi kuorma-ammuksia voidaan käyttää tehokkaasti panssaroituja kohteita vastaan. [22] Panssaroituja kohteita vastaan kuorma-ammuksen tytärkранаattien ontelovaikutus on varsin tehokas, koska iskuvaikutus kohdistuu lähes suoraan ylhäältä alaspäin. Pehmeitä kohteita vastaan tytärkранаateilla on sirpalevaikutus.

Reaktiivipanssarointi vähentää merkittävästi yksionteloisten kранаattien, kuten tytärammusten, läpäisyä. Reaktiivipanssari on liikkeeseen perustuva panssarointi, jossa kahden teräslevyn väliin on sijoitettu räjähdysainetta, joka saa panssarilevyt liikkeeseen. Tällöin panssarilevyt liikkuvat iskun saatuaan, jolloin materiaalia siirtyy ontelopanoksen suunnatun räjähdysvaikutuksen eteen estäen vaikutuksen pääsyn varsinaiseen panssarointiin. [42]

Kuorma-ammusten tytärkранаattien teho heikkenee lumikerroksen ja peitteisen maaston vaikutuksesta. Paksussa lumessa tytärkранаattien sirpalevaikutus heikkenee paljon, ja on mahdollista, että tytärkранаatin iskusytytin jää toimimatta kokonaan lumipeitteen iskua pehmentävän vaikutuksen vuoksi. Peitteisessä maastossa taas tytärkранаatit voivat alkaa poukkoilemaan puiden ja pensaiden oksista, jolloin tytärkранаatti voi pudota kyljelleen. Usein kyljelleen maahan pudonneen tytärkранаatin iskusytytin ei toimi vaan kранаatti jää räjähtämättä. Tämän lisäksi oksien vaikutuksesta iskusytytin voi toimia jo liian korkealla, jolloin ontelopanoksen vaikutus panssaroidun kohteen katolla voi jäädä pieneksi tai olemattomaksi. [37]

155 mm sirpalekранаatit soveltuvat sekä suojautumattoman henkilöstön että panssaroitujen kohteiden tulittamiseen. Lisäksi erilaisten sytyttimien valinnalla voidaan vaikuttaa erilaisten maalien ammunnessa tulen tehokkuuteen. Jäykällä iskusytyttimillä voidaan ampua katettuihin poteroihin suojautunutta henkilöstöä, kun taas heräte- ja aikasytyttimillä varustettuja sirpalekранаatteja voidaan käyttää tehokkaasti suojautumatonta tai heikosti suojautunutta elävää voimaa vastaan. [22]

Iskusytyttimillä varustettujen sirpalekранаattien vaikutus kasvaa, kun suojaton tai heikosti suojautunut vihollinen on tiheässä metsässä. Tällöin osa kранаateista räjähtää ilmassa kранаattien osuessa puihin. Ilmassa räjähtäessään kранаatin sirpaleiden vaikutusala kasvaa. Koska raskailta kanuunoilla ammutaan alakulmilla, on kранаatin tulokulma usein alle 30 astetta. Tällöin noin puolet kранаatin sirpaleista osuu joko maahan tai suuntautuu ylöspäin, jolloin

vaikutusta ei saada maan pinnalla olevaan viholliseen tehokkaasti. Sirpaleammuksen sirpaleviuhka kasvaa, kun ammus räjähtää ilmassa, jolloin saavutetaan merkittävästi laajemmalle alueelle leviävä, sekä alaspäin leviävä sirpaleviuhka. Räjähdykskorkeuden kasvaessa tehokkain sirpaleviuhka kohdistuu ympäristöön. [42]

Käytettävien ampumatarvikkeiden valinnalla on suuri merkitys tulen vaikutuksen kannalta. Sirpalekranaattien vaikutus kevyesti panssaroituihin ajoneuvoihin on vielä varsin hyvä, mutta taistelupanssarivaunuihin tulen teho on useimmiten riittämätön, ainakin ilman täysosumaa. Kuorma-ammuksilla saavutetaan useimmiten parempi vaikutus panssaroitujen kohteiden tulittamisessa. [22]

## 2.3 Esimerkkejä operatiivisen tulenkäytön maaleista

Kenttätykistön maalit koostuvat osatekijöistä, jotka voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan. Näitä luokkia ovat pehmeät maalit, puolikovat maalit ja kovat maalit. Pehmeät maalit ovat esimerkiksi suojautumaton elävä voima, suojaamaton materiaali ja panssaroimattomat ajoneuvot. Puolikoviin maaleihin luetaan miehistönkuljetusajoneuvot ja muut kevyesti panssaroidut ajoneuvot, kuten telatykit. Kovia maaleja ovat panssarivaunut ja linnoitteet, eli hyvin suojatut kohteet. [39]

Operatiivisen tulenkäytön tehtävänä on estää vihollisen lisäjoukkojen eteneminen, lamauttaa ja häiritä johtamispaikkojen ja huoltokeskusten toimintaa sekä vaikeuttaa vihollisen epäsuoran tulen käyttöä vastatykistötoiminnalla [23]. Maaleista 35 % on kovia, 45 % puolikovia ja 20 % pehmeitä, eli suurin osa on puolikovia, kun hyökkääjänä on suurvalta-armeija [30]. Esimerkiksi vihollisen reservit ovat kovia ja puolikovia kohteita, tykistöjoukot taas puolikovia tai pehmeitä. Huoltokeskukset voidaan ajatella pehmeiksi maaleiksi.

Syvällä vihollisen selustassa sijaitsevien kohteiden ei tarvitse olla yhtä hyvin suojattuja kuin etulinjassa taistelevien joukkojen. Tästä johtuen ne eivät ole yhtä taistelunkestäviä kuin lähempänä sijaitsevat maalit, joten tehokas tulenkäyttö niitä vastaan on mahdollista. Maalien suojautumisaste on todennäköisesti huomattavasti matalampi kuin taistelevien joukkojen, mutta toisaalta joukot voivat olla laajemmalle levittäytyneet. Laajalle levittäytyneiden kohteiden havaitseminen vaikeutuu ja epäsuoran tulen teho niitä kohti pienenee, koska laaja ryhmitys antaa suojaa. [2] Maalien laajuus aiheuttaakin sen, että operatiivisen tulenkäytön maalit voidaan lukea usein laajoiksi aluemaaleiksi.

Operatiivisen tulenkäytön maalit sijaitsevat siis usein syvällä vihollisen selustassa. Pitkä ampumaetäisyys ei kuitenkaan ole välttämätön operatiiviselle tulenkäytölle, koska maalit voivat sijaita myös kohtalaisen lähellä tuliyksikköä. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun puolustamisessa operatiivisen tulenkäytön maalit voivat sijaita jopa kranaatinheittimistön kantaman sisällä, jolloin ampumamatka voi olla alle 10 kilometriä. [5]

## 2.4 Sirpalekranaatin ja kuorma-ammuksen vaikutus

Tulen vaikutus tarkoittaa maalialueella viholliselle aikaansaattavia tappioita, jotka ilmoitetaan prosentteina. Tappiotodennäköisyys kertoo, kuinka suureen osaan vihollisjoukosta saadaan vaikutusta. Tulen vaikutus elävään voimaan sekä kuljetus- ja rynnäköpanssarivaunuihin voidaan laskea seuraavalla kaavalla: [21]

$$P = 1 - e^{-\frac{a}{A}np}$$

missä

P = tappiotodennäköisyys

a = yhden ammuksen vaikutusala (m<sup>2</sup>)

A = maalin pinta-ala (m<sup>2</sup>)

n = kranaattimäärä

p = osumatodennäköisyys alueelle A

Ammuksen vaikutusalaan vaikuttaa muun muassa maalin suojautumisaste, ammuksen kaliiperi, ammuksen räjähdysainetyyppi ja rakenne, ammuksen tulokulma sekä käytettävä sytytin.

Merkittävin näistä on maalin suojautumisaste, kun tarkastellaan ammuksen vaikutusala. [21]

Iskemähajonta levittää iskemiä sekä pituus- että leveyssuunnassa iskemäkeskipisteen ympärille. Iskemähajonnan syitä ovat satunnaiset erot lähtönopeudessa, lähtösuunnassa, ammuksien rakenteessa, sääoloissa sekä sytyttimien toiminnassa. Kun otetaan huomioon ainoastaan aseesta johtuva iskemähajonta, on iskemien todennäköinen pituuspoikkeama 0,5 % ampumaetäisyydestä. Todennäköinen leveyspoikkeama on 10-20 % pituuspoikkeamasta. [21] Tämä tarkoittaa, että pituushajonta esimerkiksi 10 kilometrin ampumaetäisyydellä on 50 metriä ja sivupoikkeama 5-10 metriä.

Iskemähajonta muodostaa ellipsin muotoisen alueen ammuttaessa suuria laukaussmääriä. Hajonta noudattelee normaalijakaumaa, jossa kokonaishajonta on kahdeksan hajonnan mittaa. Ensimmäiseen hajontajaksoon sisältyy 25 % osumista, seuraavaan 16 %, seuraavaan 7 % ja viimeiseen 2 %. Osumatodennäköisyys maalialueelle on alueelle sisältyvien osumatodennäköisyyksien summa. [21]

Esimerkki vaikutuksesta maaliin: Sirpaleammuksella ammutaan suojautumatonta, elävää voimaa vastaan. Maalin koko on 100x100 metriä. Yhden ammuksen vaikutusala on 314 neliömetriä, mikä tarkoittaa kymmenen metrin vaikutusetäisyyttä. Tämä tarkoittaa noin 30 asteen tulokulmaa ammuttaessa iskusytyttimillä 155 millimetrin kranaatteja. Kranaattimäärä on 6 kappaletta. Osumatodennäköisyytenä käytetään 50 % todennäköisyyttä, joka perustuu 50 metrin pituushajontaan 10 kilometrin ampumaetäisyydellä. Tällöin saadaan tulokseksi yllä mainitulla kaavalla 0,09.

Käytettäessä kuorma-ammuksia vastaavalle alueelle (100x100 metriä) samalla ammusten osumatodennäköisyydellä, mutta kranaattimäärän ollessa kolme, saadaan tulon vaikutukseksi yllä mainitulla kaavalla myös 0,09. Tässä on käytetty yhden tytärammuksen vaikutusalana 12,6 neliömetriä, joka vastaa 2 metrin vaikutusetäisyyttä [2].

Edellisissä esimerkeissä on valittu tarkoituksella kyseiset vaikutusalat. 314 neliömetriä sirpaleammukselle perustuu Kenttätäkistöopas 1:n taulukkoon [21 s. 109], kun ammutaan 30 asteen tulokulmalla. Tällöin kyseessä on suojautumaton vihollinen avomaastossa. Kyseinen vaikutusala vastaa kymmenen metrin vaikutusetäisyyttä.

Kuorma-ammuksen tytärkranaatin vaikutusetäisyytenä käytetään 2 metriä. Tämä tarkoittaa 12,6 neliömetrin vaikutusalaa. Sirpaleiden vaikutusetäisyys on kuitenkin noin 10 metriä [38]. Tämä pienempi vaikutusetäisyys perustuu kohteen saamaan ennakkovaroitukseen, joka johtuu kuorma-ammuksen ilmassa tapahtuvasta tyhjenemisestä. Tällöin kohteella on aikaa suojautua. [2]

Puolikoviin maaleihin ammuttaessa 155 millimetrin sirpalekranaattien sirpalevaikutusetäisyys pienenee 6-7 metriin. Tämä johtuu kranaatin sirpaleiden pienestä koosta, sillä pienillä sirpaleilla ei ole tarpeeksi energiaa vaunun panssaroinnin läpäisemiseen. [21] Kuorma-ammuksen tytärkranaateilla kyseistä ongelmaa ei ole, tai se on ainakin pienempi. Tytärkranaattien teho puolikovia kohteita vastaan perustuu ontelopanokseen, joka suuntautuu suoraan vaunun kanteen läpi. Tällöin vaunun kannesta noin 2/3 on haavoittuvaa, eli ammus vaikuttaa vaunun

moottoritilaan, henkilöstöön tai ampumatarvikkeisiin [33]. Sirpalevaikutusta esimerkiksi vaunun ulkopinnalla sijaitseviin haavoittuviin omasuojajärjestelmiin ei voida kuitenkaan pitää merkityksettömänä. Kokonaisvaikuttamisen kannalta omasuojajärjestelmien tuhoaminen voi olla hyvinkin merkittävää. Tätä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa arvioida.

Sirpaleammusten vaikutus pienenee tulitettaessa kevyesti panssaroituja kohteita. Kuorma-ammusten tehokkuus sitä vastoin kasvaa, kun otetaan huomioon kohteen saama ennakkovaikutus. Tämä on merkittävä ero näiden ammusten käytön kannalta, koska tämä määrittää kuorma-ammukset tehokkaiksi kevyesti panssaroituja kohteita vastaan. Suojautumatonta, elävää voimaa vastaan kuorma-ammuksen ja sirpaleammuksen ero merkittävästi pienempi, joskin laskennallisesti kuorma-ammuksilla kyetään samaan vaikutukseen maalin alueella puolelta sirpaleammusten määrästä. Otos on kuitenkin liian pieni, jotta tarkkoja johtopäätöksiä ampumatarvikkeiden vaikutuksista voitaisiin tehdä.

### 3 ERIKOISAMPUMATARVIKKEET

Tässä tutkielmassa käsiteltävät erikoisampumatarvikkeet ovat joko hakeutuvia, lentorataa korjaavia tai muulla tavoin merkityksellisiä, esimerkiksi pitkän kantamansa takia. Hakeutuvat ammukset ohjautuvat joko puoliaktiivisesti tai aktiivisesti kohteeseensa. Puoliaktiivinen hakeutuminen tarkoittaa, että ne vaativat ulkopuolisen maalinvalaisun, johon käytetään laservalaisua [21].

Aktiivisesti maaliin hakeutuvat ammukset käyttävät omia sensoreitaan maalin tunnistamiseen, joista yleisimpänä tunnistuskeinona on lämpötilaeron havaitseminen tai oman tutkan käyttäminen [21]. Erityisesti panssarintorjuntaan kehitetyt tytärammukset, kuten SMArt, käyttävät useampia eri sensoreita maalin tunnistamiseen [11].

Tavanomaiset sirpaleammukset tarvitsevat varsin tarkan osuman, jotta niillä saadaan vaikutusta aikaiseksi erityisesti panssaroituihin kohteisiin. 155 millimetrin sirpalekranaatin vaikutusetaisyys kuljetuspanssarivaunuihin on 6-7 metriä ja rynnäköpanssarivaunuihin 2-3 metriä [21]. Näin ollen on joko ammuttava massamaisesti sirpalekranaatteja vaikutuksen saamiseksi panssaroituihin kohteisiin, koska ainoastaan aseesta johtuva pituushajonta 10 kilometrin etäisyydellä on 50 metriä. Toinen vaihtoehto on käyttää hakeutuvia ammuksia tai kuorma-ammuksia, jolloin yksittäisiin panssaroituihin kohteisiin saadaan vaikutus todennäköisesti pienemmällä ampumatarvikekulutuksella.

#### 3.1 Lentorataa korjaavat ammukset

##### 155 Bofors TCM

Boforsin Trajectory Correctable Munition on itsessään yhdistetty nykyisin Excaliburin kehittämiseen, joten sen kehittäminen omana ammuksenaan on nyt lopetettu. Lentoradan korjaukseen ammus käyttää kuitenkin erilaisia tapoja kuin Excalibur, joka perustuu lähinnä GPS-järjestelmään ja siivekkeisiin. TCM käyttää hyväkseen GPS-järjestelmää, datalinkkiä ja impulssimoottoreita, jotka on sijoitettu ympäri ammusta. [8]

Kranaatti on suunniteltu erilaisia käyttötarkoituksia varten. Täytteenä voi olla perinteinen räjähdelainetäyttö, tai sitten erilaisia tytärammuksia, kuten Bonus tai kaksoisvaikutteiset tytärammukset. Tämä lisää ammuksen käyttömahdollisuuksia huomattavasti. Peräpäässä TCM-ammuksessa sijaitsee perävirtausyksikkö ja lentämistä vakauttavat siivekkeet. [8]

Merkittävää ammuksessa on sen datalinkki. Ammunnan jälkeen ammusta seurataan tutkalla, ja sen tarvittavat korjauskomennot välitetään ammuksen ohjausyksikölle datalinkkiä pitkin. Korjauskomennot saatuaan ammus korjaa lentorataansa impulssimoottoreidensa avulla, jolloin lentoradan pitäisi olla optimaalinen. Heti kun korjauskomento on lähetetty, seurantatutka sammutetaan. [8]

Järjestelmää on täydennetty GPS-järjestelmällä, jonka tuottamaa paikkatietoa yhdistetään maassa sijaitsevien tutkien dataan. Jokaista ammusta seurataan ja sen paikka tiedetään tarkalleen järjestelmien yhteistoiminnan ansiosta. Järjestelmä pystyy siten toimimaan varsin hyvin häiriityissä olosuhteissa, koska kranaatissa itsessään on jo navigointijärjestelmä ja sitä voidaan tarvittaessa ohjata myös maasta. Ammutuista kranaateista puolet osuu 60 metrin halkaisijalla olevalle ympyrälle ampumamatkan ollessa 30 kilometriä. Suurin ampumaetäisyys on 50 kilometriä 52 kaliiperinmitan pituisesta tuliputkesta. [8]

Ammuttaessa 30 kilometrin etäisyydelle hajonta pituussuunnassa ainoastaan aseesta johtuen on 150 metriä (0,005x30000m). Näin ollen TCM on erittäin tarkka verrattuna ohjaamattomaan ammukseseen, kun ammutaan pitkille etäisyyksille.

## 3.2 Ohjautuvat ammukset

### Krasnopol ja Krasnopol-M

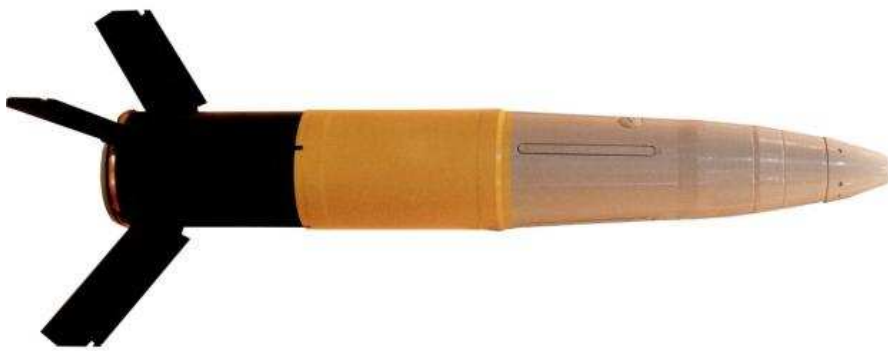
Ammus on puoliaktiivinen laserhakeutuva täsmäammus. Krasnopol-M on lyhyempi versio aiemmasta Krasnopol-ammuksesta. Tämä lyhennys on tehty, jotta kranaatti voidaan ladata niin venäläisillä kuin länsimaisillakin automaattilataimilla, koska liian pitkää ammusta ei kyettä sijoittamaan panssarihaupitsien lataimiin. Tämä lisää tulen nopeutta, koska jokaista ammusta ei jouduta asettamaan erikseen käsin putkeen. [13]



Erona tavalliseen Krasnopol-ammukseen on perävirtausyksikön käyttäminen. Krasnopol on varustettu rakettimootorilla, mikä pienentää ammuksen hyötykuormaa. Krasnopolin taistelukärki painaa 20,5 kilogrammaa, josta räjähdysainetta on 6,5 kilogrammaa. Krasnopol-M:ssä taistelukärki on 20 kilogramman painoinen, josta räjähdysainetta 6,2 kilogrammaa. Krasnopol-M painaa kuitenkin kokonaispainoltaan vain 43 kilogrammaa, kun taas Krasnopol painaa 50,8 kilogrammaa. 152 millimetrin Krasnopol-ammuksen suurin kantama on 22 kilometriä, kun taas lähteestä riippuen Krasnopol-M -ammuksella suurin kantama on joko sama 22 kilometriä [7] tai 17 kilometriä [13].

Krasnopolin hakupää toimii 1,06 mikrometrin aallonpituudella ja sen näkökenttä on maalinetsintävaiheessa 30 astetta ja lukituksen jälkeen 6 astetta [25]. Hakupään vastaanotin avataan vasta lentoradan lakipisteen jälkeen, sitä ennen ammus käyttää inertiaaliohjausta. Ammuksen vakautuksen hoitavat ammuksen peräpään siivekkeet ja ohjautumisen suorittavat edessä olevat pienemmät siivekkeet. Ennen kohteeseen osumista ammus tekee ylhäältä alaspäin suuntautuvan syöksyn, noin 45 asteen kulmassa. [13]

Krasnopolin osumisen todennäköisyys on vähintään 70 %, jota voidaan pitää varsin hyvänä [7]. Krasnopol-M:n osumatodennäköisyys on jopa 90 % [13]. Krasnopolin hakeutumisjärjestelmä hakeutuu laservalaisuun, jonka koodaus valitaan neljästä eri vaihtoehdosta ennen ammuksen laukaisua [25]. Krasnopol-M käyttää jopa 30 erilaista koodia [7].



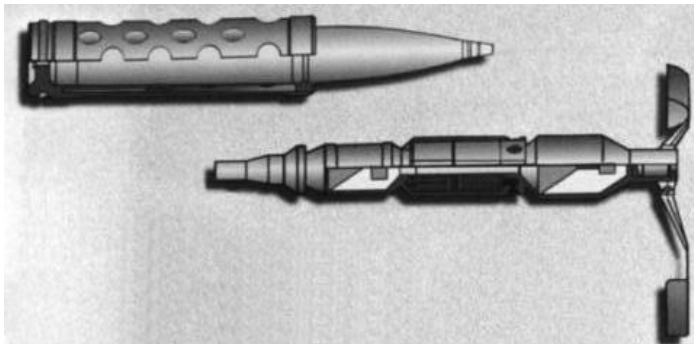
Kuva 1. Krasnopol-M, siivekkeet levitettynä. [13]

## Ametech Alfred SAL-GP

Venäläinen puoliaktiivinen, laserhakeutuva Alfred- ammus (SAL-GP), on varsin kehittynyt järjestelmä. Ammus on 155 millimetrin tykistöaseisiin soveltuva, mutta siitä on olemassa myös 152 millimetrin versio. Ammus on alikaliiperinen, ja sen ei ole tarkoitus pyöriä ilmalennon aikana. Ammus on panssarintorjunta-ammus, joka kaksoisontelolatauksella pystyy

läpäisemään yli 800 millimetriä panssariterästä, myös reaktiivipanssarilla suojattuna. Kyseinen kaksoisontelolataus sisältää kaksi suunnattuun räjähdysvaikutukseen perustuvaa latausta. Tällä hetkellä ammuksen tuotannosta ei ole varmuutta. [19]

Alfredin vakautus perustuu kolmeen siivekkeeseen, jotka avautuvat ammuksesta putkivaiheen jälkeen. Nämä siivekkeet estävät ammuksen pyörimisliikettä ja parantavat lentoominaisuuksia. Hakupää käynnistyy, kun ammus on 400-800 metrin etäisyydellä kohteesta, joten ammuksen hakupää on aikautettava ennen ammuntaa. Kun laserheräte löytyy, ammuksessa olevat pienet rakettimootorit muuttavat ammuksen lentorataa oikeaan suuntaan. Aikaa epäsuorassa ammunassa lentoradan korjaamiseen ammuksella on alle kolme sekuntia ja suora-ammunassa 0,05 sekuntia. Ammuksen kantama on maksimissaan 33 – 40 kilometriä. [19]



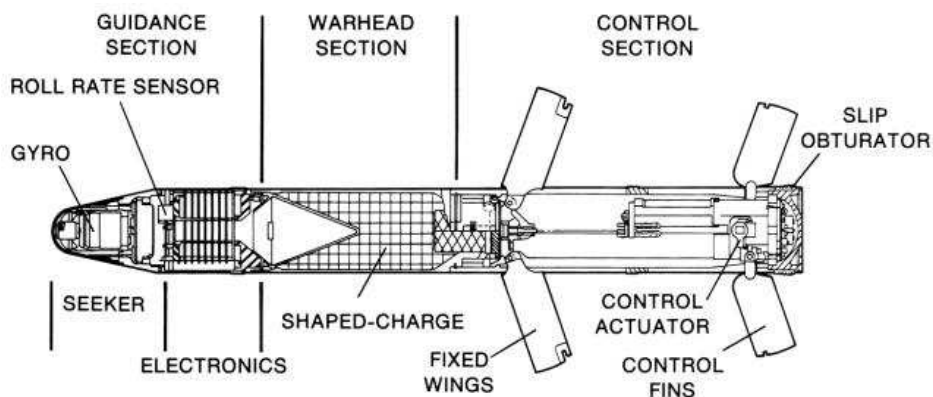
Kuva 2. Ametech Alfred, oikeanpuoleisessa halkileikkausmallissa nähtävissä kaksoisontelolataus, joka tehostaa reaktiivipanssarin läpäisyä. [19]

## M712 Copperhead

Copperhead on puoliaktiivinen, laserhakeutuva panssarintorjunta-ammus. Sen kehittäminen aloitettiin jo vuonna 1970, ja sitä käytettiin operatiivisesti ainakin persianlahden sodassa 1991 sekä mahdollisesti Irakin sodassa ja Afganistanissa 2000-luvulla. Vaikka Copperheadia kehitettiin Euroopan taistelukentälle, on sen käyttäminen Euroopan matalissa pilviolosuhteissa haastavaa. Laserhakeutuminen vaatii jatkuvaa laserheijastuksen näkymistä hakupäälle, ja pilveä laser ei läpäise kovinkaan hyvin. [14, 25]

Copperheadin laserhakupää perustuu 1064 nanometrin neodyymilaserin käyttöön. Laserpulsien teho on noin 4 megawattia ja pulssien kesto 20 nanosekuntia. Koska laserkeilan leveys on huomattavan pieni, on hakupään tarkkuus varsin hyvä. Copperhead pystyykin noin puolen metrin tarkkuuteen. [25] Tulenjohtajan on valaistava kohdetta laserilla ainakin 10-13 sekuntia, jonka aikana ammus hakeutuu maaliin. Ammuksen osumiseen vaikuttaa tulikomennon tarkkuus ja pilvikorkeus. [3]

Ohjaukseen ammus käyttää siivekkeitä, jotka aukeavat peräpäästä ja ammuksen keskivaiheilta heti putkivaiheen jälkeen. Ammuksen taistelulataus on sijoitettu kärkeen heti hakupään taakse. Lataus painaa 22,5 kilogrammaa, josta räjähdysainetta 6,7 kilogrammaa. Kyseessä on kuparisydäminen ontelolataus, joka lävistää joko kyljen tai katon vaunusta. Ammus voidaan ampua joko yläkulmilla tai ”liukuasetuksella”, jälkimmäistä tapaa käytetään erityisesti matalissa pilviolioissa, jolloin ammus ei joudu kulkemaan pilvien yläpuolella. [14] Ammuksen kantama on 3-16 kilometriä, johtuen ammuksen rakenteen heikkouksista. Ammus ei kestä suuria lähtönopeuksia. [3]



Kuva 3. M712 Copperheadin rakennekuva. [14]

## Excalibur

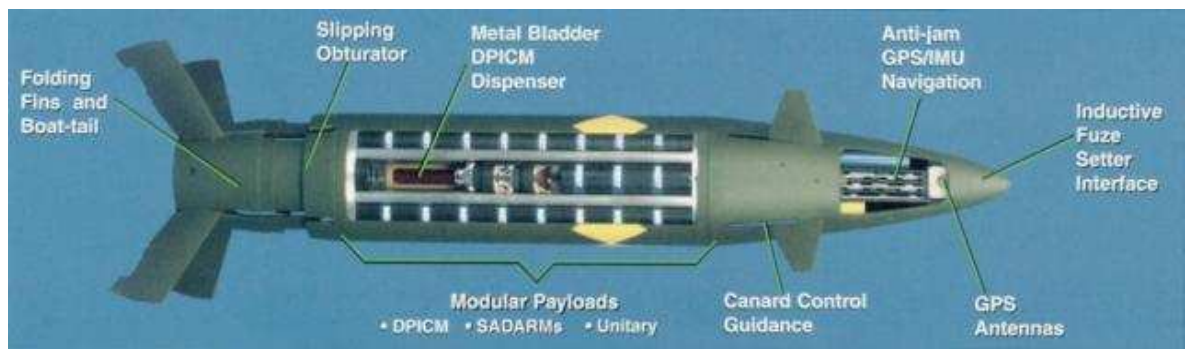
XM982 Excalibur –ammus on tällä hetkellä erittäin suuren kiinnostuksen kohteena niin kansainvälisesti kuin myös Suomessa [27]. Sen merkittävyys perustuu GPS-paikantimeen ja kykyyn muuttaa lentorataa. Excalibur-ammuksen kehittäminen on yhdysvaltalaisen Raytheonin ja ruotsalaisen Boforsin yhteishanke, ja ammuksia on ollut koekäytössä jo vuonna 2006 Irakissa. [26]

Ennen laukaisua kranaattiin ohjelmoidaan maalipisteen koordinaatit, jota kohti kranaatti ohjautuu siivekkeiden suuntaamana lentoradan lakipisteen saavuttamisen jälkeen. Tulevissa kehitysmalleissa tarkoituksena on mahdollistaa maalipisteen muuttaminen myös lennon aikana. [26] Excaliburin kehittämisen tarkoituksena on myös päästä 50-70 kilometrin ampumaetäisyyksiin, ilman tarkkuuden heikkenemistä. Excaliburia voidaan käyttää kaukaisien, tärkeiden pistemäisten kohteiden lamauttamiseen, joita ovat esimerkiksi johtamisjärjestelmät. [35]

Kun kranaatti ohittaa putkivaiheen, sen vakautussiivekkeet kranaatin peräosassa aukeavat. Ylöspäin suuntautumisen aikana GPS-ohjausyksikkö aktivoituu ja kalibroitu, mutta vasta lakipisteessä aukeavat etupäässä sijaitsevat canard-siivekkeet, joiden avulla kranaatti korjaa

suuntaansa kohti maalia. Kranaatti liittää ennalta ohjelmoituun maaliin GPS-autopilotin ohjaamana, mutta jos yhteys ei toimi esimerkiksi häirinnän vuoksi, ohjaa inertiaalinavigointi kranaatin määritettyyn kohteeseen. [16]

Excalibur-ammuksia on erilaisilla hyötykuormilla. Kuormina ovat ainakin perinteinen räjähdelainelataus sekä kaksi hakeutuvaa panssariammusta sisältävä kuorma-ammus. [26] Tällä hetkellä käytössä on 1a1-versio, jonka suurin kantama on 24 kilometriä. 1a2-version kantama tulee olemaan yli 40 kilometriä, ja tarkkuus tämän hetken testien mukaan on 6 metriä. 1a2-versiossa luotettavuus on 98 %, mikä on erittäin hyvä. Tuleva 1b-versio pystyy 45 kilometrin kantamaan 39-kaliiperinmittaisella tykillä ammuttuna, ja testissä nämä ammuksat ovat poikenneet maalista 1-2 metriä. [27]



Kuva 4. Excalibur-ammuksen poikkileikkaus. Kuvassa hyötykuormana on kaksoisvaikutteiset tytärammukset, mutta myös muut täytteet ovat mahdollisia. [16]

### 3.3 Hakeutuvat ammuksat

#### Bonus

Bonus-panssarintorjunta-ammuksen kehittäminen alkoi Boforsin toimesta 1980-luvun alussa. Bonus-ammus on täsmäammus, joka pystyy tuhoamaan pistemaaleja tehokkaasti, ilman tarvetta erilliseen laservalaisuun tai GPS-ohjaukseen. Bonus kykenee itsenäisesti tutkimaan laajan alueen ja räjähtämällä muotoutuva ammus ammutaan panssarivaunun suhteellisen ohuen katon läpi. [3, 9]

Bonus-kuorma-ammus sisältää kaksi tytärammusta. Ammus purkaa tytärammukset yli kilometrin korkeudessa ammuksen takapästä räjäyttämällä. Tytärammukset tulevat ulos kuljetussylintereissä, joiden siivekkeet hidastavat pyörimistä. Pian ulostulonsa jälkeen myös kuljetussylinterit irtoavat. Täsmäammukset levittävät tämän jälkeen siipensä, joiden avulla ammuksent laukeutuvat noin 45 metriä sekunnissa ympyräliikkeessä, jonka nopeus on 15 kierrosta sekunnissa. Siivekkeiden etu verrattuna laskuvarjon käyttöön hidastuksessa on se, että tuulenpuuskat eivät vaikuta siihen kovinkaan voimakkaasti, joten etsintäalueesta tulee varsin tasalaatuinen. [9]

Hakupää aloittaa toimintansa noin 175 metrin korkeudella. Tällöin hakupään etsintäalueen halkaisija on lähteestä riippuen noin 175 metriä [9] tai 200 metriä [20]. Korkeustiedon hakupää saa laserkorkeusmittarista. [6, 9] Kyseisessä korkeudessa aktivoituva, useammalla taajuusalueella toimiva infrapunahakupää aloittaa kohteen etsimisen. Hakupään tietokantaan on syötetty tiedot erilaisista kohteista, jolloin se tuhoaa ainoastaan oikeanlaisiksi tunnistamansa kohteet. Spiraalimainen liike ammuksen 30 asteen taitekulmalla mahdollistaa tarkan etsimisen, jolloin etsittävä alue pienenee jatkuvasti alastulon aikana. Kun hakupää löytää kohteen, se laukaisee räjähtämällä muotoutuvan ammuksen, jonka lähtönopeus on noin 2200 metriä sekunnissa. [3, 9] Ammus kykenee läpäisemään yli 100 millimetriä panssariterästä, ja läpäisy suuntautuu vaunun kattoon [9].

Bonus-kuorma-ammus on varustettu perävirtausyksiköllä. 52 kaliiperinmitan putkesta ammuttuna suurin ampumaetäisyys on 35 kilometriä, ja lyhin ampumaetäisyys jää 4 kilometriin. Koska ammus hakeutuu itse kohteeseen, se ei vaadi esimerkiksi kohteen valaisemista laserilla. Kuitenkin kolmannen sukupolven Bonus-järjestelmässä on mahdollista valaista kohde ammukselle laserosoittimella, jolloin se tuhoetaan, vaikka kohteen antama heräte ei vastaisi muuten tietokantaan syötettyjä arvoja. Lisäksi ammus voidaan ohjelmoida olemaan räjähtämättä, ellei kohdetta ole valaistu etukäteen. Ammuksen itsetuhojärjestelmä tuhoaa ammuksen maahan osuessaan, jos hakupää ei ole löytänyt kohdetta. [9]



Kuva 5. Bonus-tytärammus. Lähde [www.defence-update.com](http://www.defence-update.com)

## SADARM

SADARM on hakeutuva tytärammus kuten Bonus, jonka tarkoituksena on tuhota tarkalla osumalla panssaroitu pistemaali. SADARM (Sense And Destroy Armor) on pakattu 155 millimetrin kuorma-ammukseen, jossa kussakin on kaksi tytärammusta. Kantoammuksesta sirotteet pudotetaan laskuvarjon varassa noin 1000 metrin korkeudella, jonka jälkeen etukäteen ohjelmoidun korkeuden saavutettuaan se irtautuu laskuvarjosta ja levittää siivekkeet, joiden avulla se saa kiertävän spiraaliradan alas laskeutuessaan. [15, 25]

SADARMin hakupäässä on aktiivinen ja passiivinen millimetrialueen tutka ja passiivinen infrapunasensori. Hakupää etsii 150 metrin halkaisijalta olevalta alueelta pienenevän spiraalin muotoista rataa hyväksikäyttäen kohdetta. Kohde tuhoetaan 10-150 metrin etäisyydeltä. Tuhoaminen perustuu, kuten Bonuksessakin, räjähtämällä muotoutuvaan ammukseseen, jonka nopeus on 1700-2000 metriä sekunnissa. Suurin tappava etäisyys on 152 metriä, läpäisy ammuksella on noin 100 millimetriä. SADARM on varustettu myös itsetuholla, jolloin toimimaton ammus tuhoaa itsensä maahan osuessaan. [15, 25]

SADARM on ollut käytössä Irakin sodassa. Sodassa amerikkalaisjoukot ampuivat 128 SADARM-ammusta, joilla tuhottiin 48 maalia, jotka olivat kuorma-autoja, taistelupanssarivaunuja ja muita taisteluajoneuvoja. [6] SADARMin sanottiin täyttäneen odotukset ja tykistöjoukot suosivat niiden käyttöä erityisesti tarkkuutensa vuoksi [28]. SADARM on tarkoitus korvata muilla täsmäammuksilla Yhdysvalloissa, kuten SMArt-ammuksilla [15].

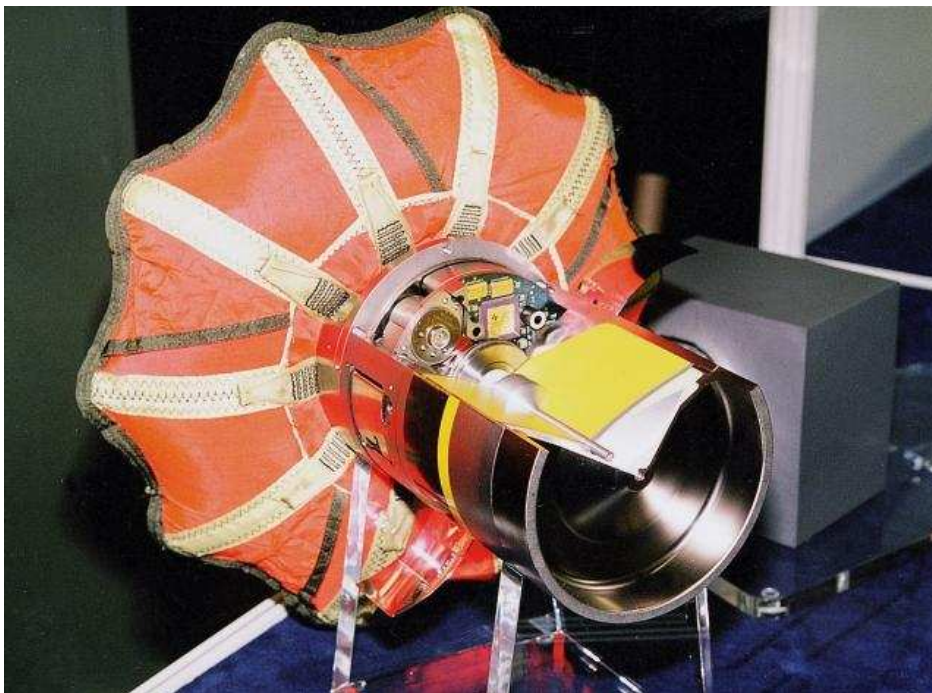
## SMArt

SMArt (Sensor-fuzed Munition for Artillery) on hyvin pitkälti yhteneväinen Bonuksen ja SADARMin kanssa, koska senkin vaikutus perustuu räjähtämällä muotoutuvaan ammukseseen. Myös SMArtin kantoammus sisältää kaksi tytärammusta, jotka kumpikin kykenevät tuhoamaan yhden panssaroidun kohteen. Edelleen yhteneväisyytenä edellä mainittuihin järjestelmiin SMArtin kantoammus purkaa tytärammukset 1000 metrin korkeudessa aikasytyttimen ohjaamana. Ulostyöntö tapahtuu perän kautta, ulostyöntöpanos muodostaa paineen kantoammuksen etupäähän, jolloin edessä oleva mäntä työntää tytärammukset ulos peräpään kautta. [11, 25]

Tultuaan ulos tytärammuksien laskuvarjot aukeavat. Ensimmäinen laskuvarjo hidastaa ja vähentää tytärammuksen pyörimistä yhdessä siivekkeiden kanssa. Toinen laskuvarjo avautuu sopivalla korkeudella, jonka tehtävänä on saada ammus pyörimään spiraalin muotoista rataa alaspäin. Tämä pienentyvä spiraali mahdollistaa kohteen etsimisen hakupäällä. [11]

SMartin hakupää sisältää aktiivisen ja passiivisen millimetrialueen tutkan sekä infrapunailmaisen. Infrapunailmaisella toimii kolmella aallonpituudella. Millimetrihakupäät taas toimivat 94 gigahertsin taajuudella. [11, 25] Virtalähde aktivoituu vasta, kun kierrokset ja nopeus ovat hidastuneet riittävästi. Virtalähteen aktivoituminen aktivoi millimetrihakupään ja mahdollistaa kohteen tunnistamisen. Ohjausyksikkö tunnistaa kohteet taustasta, ja pitää huolen, ettei samaa kohdetta ammuta turhaan useampaa kertaa kuin on tarpeen, eli esimerkiksi palavaa vaunua ei enää ammuta. [11]

Taistelulataus räjähtää noin 120 metrin korkeudella. Räjähtämällä muotoutuva läpäisijä on tantaalia, jonka lisäksi latauksessa on volframikuulia, joiden tehtävänä on tuhota pehmeät kohteet. Läpäisy tantaalipenetraattorilla on 140-150 millimetriä, mikä on enemmän kuin Bonuksella ja SADARMilla. Osumistodennäköisyys ammuksella on 80 % ja tuhoamistodennäköisyys osuneilla ammuksilla 95 %. [25]



Kuva 6. SMArt-tytärammus, jonka hidastusvarjo on levitetty. [11]

### 3.4 Muut ampumatarvikkeet

#### IMI M395/396/397

M395, M396 ja M397 ovat kaikki kuorma-ammuksia, jotka sisältävät M85-kaksoisvaikutteisia tytärammuksia. M395 kantaa 63 M85-tytärammusta, kun taas M396 ja M397 sisältävät 49 ammusta. M395-kranaatti saavuttaa korkeintaan 22,4 kilometrin kantaman, kun taas M396 ja M397 ovat pidemmän kantaman versioita, ensimmäisen maksimikantama on 28,7 kilometriä ja jälkimmäisen 30 kilometriä. M396 on ballistisilta ominaisuuksiltaan optimoitu lyhyempiputkisiin aseisiin, kun taas M397 on optimoitu pitkäputkisiin malleihin. Molemmat pidemmän kantaman ampumatarvikkeet on varustettu perävirtausyksiköllä. [12]

M85-tytärammus on vastaava tehokkuudeltaan kuin Suomeen hankituissa DM662-kranaateissa olevat M1385-tytärammukset. Ammukset läpäisevät panssariterästä 105 millimetriä ja ammusten paino on 44 grammaa. Ammukset on varustettu itsetuhomekanismilla, joka räjäyttää ammuksen 15 sekunnin kuluttua virittymisestä, jos ammuksen iskusytytin ei ole toiminut sitä ennen. Tytärammukset leviävät suurin piirtein ympyrän muotoiselle alueelle, jonka halkaisija on 110 – 120 metriä. [12]

Ennen laukaisua ammuksen aikasytytin aikautetaan toimimaan halutun vaikutusalueen yläpuolella. Korkeutta ammuksella on oltava silloin noin 300 – 500 metriä. Ammuksen kärjessä on 75 gramman räjähdepanos, joka saa aikaan tarvittavan paineen kuorman purkamiseksi ammuksen peräpäästä. Ammuksen pyörimisliikkeen aiheuttama voima saa tytärammukset levittymään suurin piirtein ympyrän muotoiselle alueelle. [12]

#### RDM Assegai M2001

Assegai-ammusperheen kaikki ammukset ovat ballistiselta toiminnaltaan yhteneväiset, jolloin niiden käyttäminen on varsin yksinkertaista yhtenevien ampumataulukoiden ansiosta. M2001 on ammusperheen kuorma-ammus, joka kantaa kohdealueelle 42 kappaletta kaksoisvaikutteisia tytärammuksia. Tytärammukset virittyvät irtautuessaan kantoammuksesta ja vaikuttavat elävään voimaan sirpaleilla ja panssarointiin ontelopanoksella. Panssarinläpäisykyky on 120 millimetriä panssariterästä. [17]



Ammus purkaa kuormansa aikasytyttimen ohjaamana, noin 600 metrin korkeudessa. Ammuksen kärjessä räjähtää pieni ulosheittopanos, jonka voimasta tytärammukset työntyvät ammuksen peräpäästä ulos. 75 % maksimietäisyydeltä purettuna kuorma-ammuksen tytärammukset peittävät noin 200 metriä halkaisijaltaan olevan alueen. Tämä etäisyys on noin 30 kilometriä 52 kaliiperinmitan putkesta ammuttuna. Ammus voidaan varustaa joko perävirtausyksiköllä tai onteloperällä. Perävirtausyksiköllä ampumaetäisyys on suurimmillaan yli 40 kilometriä ja onteloperällä yli 30 kilometriä, 52 kaliiperinmitan putkesta ammuttuna. [17]

## V-LAP

V-LAP eli Velocity-enhanced Long-Range Artillery Projectile on etelä-afrikkalainen pidentetyn kantaman ampumatarvike. Sen suurin kantama on yli 50 kilometriä [26], vuonna 2006 järjestetyissä koeammunnoissa sillä saavutettiin 56 kilometrin kantama PzH 2000 – panssarikanuunalla ja 75 kilometrin kantamalle sillä ammuttiin samana vuonna Etelä-Afrikassa. V-LAP on sirpalekranaatti, jossa on tavanomainen räjähdainetäyte. [18]

V-LAP on muotoiltu erittäin virtaviivaiseksi, jonka kaareva muoto jatkuu aina johtorenkaiseen saakkai. Ohjauspaksunnoksena rungossa toimii neljä pehmeästä metallista hitsattua nystyrää. Kranaatin perä on kartiomainen, joka on varustettu perävirtausyksiköllä. Kranaatti voidaan varustaa erilaisilla sytyttimillä, kuten aikasytyttimillä ja herätesytyttimillä. Näiden lisäksi kehityksen alla on kranaatin varustaminen lentorataa korjaavalla, GPS-paikannusta käyttävällä sytyttimellä. [18]

Merkittävin tekijä saavutettaville pitkille ampumaetäisyyksille on kranaatin perävirtausyksikön etupuolelle sijoitettu rakettimoottori. Rakettimoottori syttyy perävirtausyksikön ruudin palamisen jälkeen. Tämä rakettimoottori kykenee antamaan tavanomaisilla panoksilla 52 kaliiperinmitan putkesta 52 500 metrin ampumaetäisyyden. Rakettimoottorin vaatima tila kuitenkin vähentää merkittävästi ammuksen räjähdysainetäyttöä, joten kranaatin räjähdysteho jää pienemmäksi kuin tavanomaisilla sirpalekranaateilla. [18]



Kuva 7. V-LAP -ammus, josta on nähtävissä perävirtausyksikkö, rakettimoottori, räjähdainetäyte ja kärjessä sijaitseva sytytin. [18]

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pehmeisiin ja puolikoviin maaleihin on mahdollista vaikuttaa helposti kuorma-ammuksilla, jotka kantavat suurta määrää tytärammuksia. Koviin maaleihin vaikutus saavutetaan parhaiten täsmäammuksilla, jotka etsivät ja tuhoavat maalin kaukovaikutteisesti. Täsmäammuksien laservalaisuun hakeutuminen on hyvä ominaisuus, kun kohdealueella on tulenjohtaja merkitsemässä kohteet laservalaisulla. Tämä kuitenkin aiheuttaa tulenjohtajalle paljastumisriskin, jollaista omilla sensoreilla hakeutuvalla ampumatarvikkeella ei ole.

Tavanomaisten sirpaleammuksien kantamaa on pyritty kasvattamaan eri tavoin. Tavanomaista on käyttää perävirtausyksikköä, jolloin ammuksen ulkoballistiikka on lentoa ajatellen parempi. Toinen tapa on lisätä ammuksen rakettimoottori, jolloin sen antaman voiman avulla saadaan lento-ominaisuudet paremmiksi. Tällainen ammus on esimerkiksi V-LAP, jolla on kyettävä saavuttamaan 70 kilometrin kantama. Heikkoutena rakettimoottorin käyttämisessä on sen vaatima tila ja ammuksen painon nousu, jolloin kranaatin räjähdelainetäyttöä joudutaan pienentämään. Tämä taas pienentää vaikutusta maalin alueella.

Tavanomaisen sirpaleammuksen kantaman kasvattaminen ei kuitenkaan ole ongelmaton. Jos ainoastaan kantamaa kasvatetaan ilman minkäänlaista lentoradan aikana tehtävää korjausta, on seurauksena pieni tai olematon tulen tiheys maalin alueella. Tämä johtuu siitä, että hajonta kasvaa merkittävän suureksi pitkällä ampumaetäisyyksillä, jo ainoastaan aseesta johtuva pituushajonta on 0,5 % ampumaetäisyydestä. Näin ollen pitkille ampumaetäisyyksille on valittava ampumatarvike, joka pystyy suorittamaan lentoradan korjausta ilmalennon aikana. Laajoja aluemaaleja vastaan suurempi hajonta on tietysti eduksi, mutta vaikutuksen saaminen vaatii tällöin suuria määriä ampumatarvikkeita. Tämä taas edesauttaa tykistöjoukkojen paljastumista ja aiheuttaa suuren huollon tarpeen.

Tällä hetkellä Suomessa operatiivisessa käytössä olevat sirpale- ja kuorma-ammukset eivät sisällä minkäänlaista ilmalennon aikana vaikuttavaa lentoradan korjausjärjestelmää. Näin ollen tulen osuvuus on täysin riippuvainen ampumakaluston ja ballistisen valmistelun tarkkuudesta. Kantaman kasvattamiseksi on joko ballistinen valmistelu saatava entistä tarkemmaksi tai ammuksien on kyettävä jatkossa korjaamaan lentorataansa putkivaiheen jälkeen. Tähän korjaukseen vaihtoehtoina ulkomailla käytössä olevissa järjestelmissä on laserhakupäähän tai navigointijärjestelmiin perustuvat laitteistot, joiden ohjauskomentojen avulla ammus ohjataan kohti maalia tarkasti pidemmälläkin ampumaetäisyyksillä.

Kuorma-ammusten tulen teho on eri luokkaa kuin sirpaleammusten. Tutkimuksessa käytetyn laskentamallin mukaan elävää voimaa vastaan kuorma-ammuksen vaikutus on kaksinkertainen verrattuna sirpaleammukseen sekä kevyesti panssaroituja kohteita vastaan vieläkin suurempi. Kuitenkin tämä on ristiriidassa sen kanssa, että kuorma-ammusten väitetään olevan yli kymmenen kertaa tehokkaampia sirpaleammuksiin verrattuna ammuttaessa pehmeitä maaleja ja kolme kertaa tehokkaampia puolikovia kohteita ammuttaessa. Tätä ei kuitenkaan voida pitää merkittävänä, koska tässä tutkimuksessa on käytetty vain yhtä laskentamallia ja otanta tässä on hyvin pieni. Merkittävää kuitenkin on, että sirpaleammuksia on ammuttava huomattavasti kuorma-ammuksia enemmän maalihehtaaria kohti.

Maaliin hakeutuvat ampumatarvikkeet ovat omaa luokkaansa tulen tarkkuudessa. Laservalaisuun tai omilla sensoreillaan maalin etsivät ampumatarvikkeet osuvat lähes varmasti kohteeseensa, joten niiden tulen teho on merkittävästi parempi yksittäisiä, pistemäisiä kohteita vastaan verrattuna sirpaleammukseen tai kuorma-ammukseen. Myös satelliitti- tai inertiaalinavigointiin perustuvat ammukset osuvat merkittävän hyvin pistemäisiin kohteisiin. Nämä erikoisampumatarvikkeet ovat siis tehokkaita yksittäisiä maaleja vastaan. Yksittäisiä kohteita ammuttaessa on kohteiden tiedustelun oltava hyvä, jotta vaikutus voidaan kohdentaa juuri tärkeimpiin kohteisiin, kuten johtamispaikkoihin tai epäsuoran tulen yksiköihin. Laajalle leviittäytynyttä pehmeää kohdetta, kuten huollon ryhmitystä, on edullisempaa ampua aluevaikutteisesti sirpaleammuksilla tai kuorma-ammuksilla, koska tärkeimpiä yksittäisiä kohteita ei välttämättä kyetä havaitsemaan ryhmityksestä.

Suuri osa mekanisoidun vihollisen tuottamista yksittäisistä kohteista on ainakin jollakin tasolla panssaroitu. Tällöin myös operatiivisessa tulenkäytössä on kyettävä tuhoamaan pistemäisiä panssaroituja kohteita. Erityisesti hakeutuvat panssarintorjuntatytärammukset ovat tehokkaita tällaisia pistemaaleja vastaan. Näiden ammusten tehokkuudesta on myös näyttöjä oikealta taistelukentältä, mikä lisää luottamusta kyseisiin ampumatarvikkeisiin. Tällaisilla ampumatarvikkeilla kyetään myös ampumaan varsin pitkälle ilman tarkkuuden merkittävää heikkenemistä, koska tytärammukset etsivät kohteensa omilla sensoreillaan. Ainoastaan kantoammuksen tarkkuus aiheuttaa rajoituksia pidemmälle matkalle ammuttaessa.

Nykyisin käytössä olevat sirpale- ja kuorma-ammukset ovat operatiivisen tulenkäytön ampumatarvikkeina tehokkaita tiettyihin tilanteisiin, jolloin ampumatarvikkeelta ei vaadita äärimmäistä tarkkuutta tai suurta kantamaa. Operatiivisen tulenkäytön maalien ollessa aluemaaleja tai laajoja aluemaaleja äärimmäiselle tarkkuudelle ei ole tarvetta. Tällaisia maaleja vastaan tavanomainen sirpalekranaatti ilman lentoradan korjausta on riittävä myös pidemmille ampu-

maetäisyyksille, kun ballistisen valmistelun tarkkuus on riittävä. Pistemäisten kohteiden tuhoamista varten ampumatarvikevalikoimaa on kuitenkin lisättävä täsmäampumatarvikkeilla, jotta joustava tulenkäyttö pienellä ampumatarvikekulutuksella on mahdollista.

Excalibur-ammus on äärimmäisen tehokas operatiivisen tulenkäytön ampumatarvikkeena. Se on monipuolinen sekä hyötykuormansa että ohjausjärjestelmänsä osalta. Ohjauskomentojen saaminen joko inertiaalinavigoinnin tai satelliittipaikannuksen avulla luo taistelunkestävyyttä myös häirityissä oloissa verrattuna esimerkiksi pelkkään satelliittipaikannukseen perustuvaan järjestelmään. Tarkkuus kyseisissä ammuksissa on riittävä, jotta pistemäisiä kohteita voidaan tuhota luotettavasti pienellä ammusmäärällä. Lisäksi kantama vaikuttaa ainakin tulevaisuudessa olevan suurempi kuin ohjaamattomilla ammuksilla, jolloin kaukovaikuttaminen mahdollistuu nykyisin käytössä olevilla aselaveteilla. Mielestäni kyseinen ammus on soveltuvin uudeksi operatiivisen tulenkäytön ampumatarvikkeeksi juuri monipuolisuutensa vuoksi.

## LÄHTEET

- [1] 155 kua DM 662 pvy-51E (KTA5814) ja tytäkranaatti DM 1385, tekninen ohje.
- [2] Alatörmä, Raimo, Kauaskantoinen tulenkäyttö, SM 45, 2005.
- [3] Courtney-Green, Ammunition for the Land Battle, Brassey's (UK) Ltd, Exeter, 1991.
- [4] Holma ym, Tykistön kehitysnäkymät, Tykkimies 2010, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 28, Vammala, 2010, s. 25 alkaen.
- [5] Honko, Operatiivinen tulenkäyttö- joukkojen tukemisesta taistelutilan muokkaamiseen, Tykkimies 2010, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 28, Vammala, 2010, s. 101 alkaen.
- [6] Ikonen ja Tuovinen, Tykistön ja kranaatinheittimistön erikoisampumatarvikkeet, Tiede ja ase: Suomen Sotatieteellisen Seuran vuosijulkaisu N:o 64, Suomen sotatieteellinen seura, 2006, s. 236 alkaen.
- [7] Jane's Ammunition Handbook [online], 152 mm 3OF39 Krasnopol CLGP round, IHS Global Limited, syyskuu 2010- [viitattu 20.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [8] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm Bofors Trajectory Correctable Munition, IHS Global Limited, maaliskuu 2011- [viitattu 27.10.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [9] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm Bonus sensor-fuzed munition, IHS Global Limited, syyskuu 2011- [viitattu 15.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [10] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm DM 642/652 Rheinmetall cargo shell, IHS Global Limited, kesäkuu 2010- [viitattu 12.9.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [11] Jane's Ammunition Handbook [online], 155mm GIWS DM 702 SMArt 155 ammunition system, IHS Global Limited, elokuu 2011- [viitattu 20.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [12] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm IMI M395, M396 and M397 DP-ICM projectiles, IHS Global Limited, elokuu 2011- [viitattu 10.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [13] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm Krasnopol-M CLGP round, IHS Global Limited, syyskuu 2010- [viitattu 20.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>

- [14] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm M712 Copperhead HEAT CLGP projectile, IHS Global Limited, tammikuu 2012- [viitattu 1.2.2012].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [15] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm M898 SADARM HE projectile, IHS Global Limited, maaliskuu 2011- [viitattu 20.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [16] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm M982 Excalibur projectile, IHS Global Limited, helmikuu 2012- [viitattu 18.2.2012].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [17] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm RDM Assegai M2001 HE/DPICM projectile, IHS Global Limited, elokuu 2011- [viitattu 1.12.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [18] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm RDM Assegai M2005 ERFB HE V-LAP projectile, IHS Global Limited, elokuu 2011- [viitattu 20.11.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [19] Jane's Ammunition Handbook [online], 155 mm STC Ametech Alfred SAL-GP round, IHS Global Limited, toukokuu 2011- [viitattu 27.10.2011].  
<http://jah.janes.com/public/jah/index.shtml>
- [20] Kaukoranta, Hautala, Kakkolla, Taisteluvälineet 2020, Tekniikan laitos julkaisusarja 1 n:o 10/2002, Helsinki 2002.
- [21] Kenttätykistöopas I, Pääesikunnan koulutusosasto, Pieksämäki, 1990.
- [22] Kenttätykistöopas II (luonnos), Tulenjohtotoiminta.
- [23] Kenttätykistön taisteluohjesääntö (KTO), Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Vaasa, 1997.
- [24] Kenttätykistön ammuntojen suunnittelussa perusteina käytettävää ampumataulukkotietoutta, Tykistökoulu, päivitys 5.12.2007.
- [25] Kosola Jyri, Solante Tero, Digitaalinen taistelukenttä, Tekniikan laitos julkaisusarja 1 n:o 13, Helsinki 2003.
- [26] Kostiainen, Keijo, Katsaus kansainväliseen tykistökehitykseen 2006-2007, Tykkimies 2008, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 27, Vammala, 2008, s. 37 alkaen.
- [27] Kostiainen, Keijo, Tykistön kehityksestä ja sen muutoksista 2007-2009, Tykkimies 2010, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 28, Vammala, 2010, s. 41 alkaen.
- [28] Kostiainen, Keijo, Tykistön käytöstä Irakin toisessa sodassa, Tykkimies 2004, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 25, Vammala, 2004, s. 39 alkaen.

- [29] Leppänen, Marko, Ajatuksia ja käsitteitä kaukovaikuttamisen ja operatiivisen tulenkäytön maaleista, Tykkimies 2012, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 29, Vammala 2012, s. 53 alkaen.
- [30] Luikku, Jari, Kuorma-ammusten käyttö prikaati 2005:n tykistön tärkeimmissä tehtävissä, Kadettitutkielma, 2000.
- [31] Maasodankäynti vuonna 2020, (LO2020), NATO Research And Technology Organization, RTO technical report 8.
- [32] Mustonen, Tuomas. Jalkaväkimiinoja korvaava tykistön ampumatarvike, SK 320, 2004.
- [33] Mäki, Alasjärvi, Taktiikan ja sotatekniikan kehittymisen asettamia vaatimuksia kenttätykistön tulen käytölle, Tiede ja ase, Suomen sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu nro 43, Joensuu, 1985, s. 36 alkaen.
- [34] Nurmi, Jukka, Prikaati 2005:n tykistö - mikä on sen todellinen suorituskyky?, Tykkimies 2002, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 24, Vammala, 2002, s.41 alkaen.
- [35] Puolustusjärjestelmien kehitys – Sotatekninen arvio ja ennuste 2020, osa 2, Pääesikunnan Sotatalousosasto, Helsinki 2004.
- [36] Puolustusvoimat [online], Suomi hankkii pitkän kantaman ilmasta-maahan ohjusjärjestelmän, Ilmavoimien tiedotteet, 2.3.2012, [viitattu 17.4.2012].  
<http://www.puolustusvoimat.fi/fi/>
- [37] Roitto, Heikki, Taistelukentän asettamat vaatimukset kenttätykistön ampumatarvikevalikoimalle, E2702, 1995.
- [38] Sotatekninen arvio ja ennuste STAE, 1 osa, Sotatekniikan kehitys tekniikan aloittain, Hämeenlinna, 1993.
- [39] Tammelin, Jussi. Kuorma-ammusten käytön optimointi, SK 86, 2003.
- [40] Tauru, Mika, Kuorma-ammuksista ja käyttöperiaatteista, Tykkimies 2008, Suomen kenttätykistön säätiön vuosikirja nro 27, Vammala, 2008, s. 65 alkaen.
- [41] Tykkimiehen opas 2009, Suomentykistömuseon julkaisusarja N:o 10, Tallinna, 2009.
- [42] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas, Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, Vammala, 2001.