

# **MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

## **UUDEN SUKUPOLVEN TYKISTÖAMPUMATARVIKKEET TSTA2020 PINTATORJUNTA-ASEISTUKSENA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti

Vasankari Lauri

82. merikadettikurssi

Merisotalinja

Maaliskuu 2015

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi <b>82. merikadettikurssi</b>	Linja <b>Merisotalinja</b>	
Tekijä <b>Kadetti Lauri Vasankari</b>		
Tutkielman aihe <b>UUDEN SUKUPOLVEN TYKISTÖAMPUMATARVIKKEET TSTA2020-PINTATORJUNTA-ASEISTUKSENA</b>		
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)	
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 30	Liitesivuja 12
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Suurten valtioiden intressi laivastojoukoilla annettavaan kustannustehokkaaseen tulitukeen on johtanut tykistöasejärjestelmien kehittämiseen ohjusaseisiin verrattavan tehokkuuden saavuttamiseksi ohjustulenkäyttöä merkittävästi pienemmillä kustannuksilla. Aihe on ajankohtainen myös kotimaisessa toimintaympäristössä merivoimien valmistellessa uutta taistelualusluokkaa, joka valmistuessaan tulee korvaamaan suuren osan olemassa olevasta laivaston suorituskyvystä.</p> <p>Uudet tekniset ratkaisut ovat lisänneet tykistöaseiden kantamaa moninkertaiseksi ja tehneet tykistökranaateista ohjautuvia, metriluokan tarkkuuteen kykeneviä täsmäaseita, jotka soveltuvat niin tulitukeen kuin pinta- ja ilmatorjuntaan, sekä kustannustehokkuutensa ansiosta tykistöaseille tyypilliseen massamaiseen käyttöön.</p> <p>Tutkimuksessa perehdyttiin kirjallisuustutkimuksen, vaatimusmäärittelyn ja vertailun keinoin uuden sukupolven ampumatarvikkeiden soveltuvuuteen Suomen merivoimien tehtävien täyttämiseen tulevaisuuden aluskalustolla. Kirjallisuustutkimuksella selvitettiin uuden sukupolven tykistöampumatarvikkeiden tekninen kehitys, rakenne ja suorituskyky, jota vertailtiin toimintaympäristömme vaatimuksiin ja tällä hetkellä Suomessa käytössä oleviin tykistö- ja ohjusasejärjestelmiin.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että tietyt uuden sukupolven ampumatarvikkeet soveltuvat erinomaisesti täydentäväksi pintatorjunta-asejärjestelmäksi uudelle taistelualusluokalle parantaen aluksen soveltuvuutta monipuoliseen tehtäväkenttään ja tarjoten kustannustehokkaan, ohjukseen verrattuna matalan käyttökynnyksen vaikuttamismahdollisuuden.</p>		
<b>AVAINSANAT</b> <p>Ampumatarvikkeet, tykistö, laivatykistö, ballistiikka, kantama, hakeutuva, ohjautuva, pintatorjunta, kustannustehokkuus, hyötykuorma</p>		

# UUDEN SUKUPOLVEN TYKISTÖAMPUMATARVIKKEET TSTA2020 PINTA-TORJUNTA-ASEISTUKSENA

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1	YLEISTÄ	1
1.2	TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS, NÄKÖKULMA JA RAJAUS	2
1.3	TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUSMENETELMÄT	3
1.4	TUTKIMUKSEN KESKEISIÄ MÄÄRITELMIÄ JA KÄSITTEITÄ	4
<b>2</b>	<b>LAIVATYKISTÖN AMPUMATARVIKKEET JA SUORITUSKYKY</b>	<b>6</b>
2.1	YLEISTÄ	6
2.2	AMPUMATARVIKKEIDEN OSATEKIJÄT JA LAUKAUSTAPAHTUMA	7
2.3	TYKISTÖN KANTAMAN KASVATTAMINEN PERINTEISIN MENETELMIN	9
2.4	PERINTEISET AMPUMATARVIKKEET SUOMALAISESSA LAIVATYKISTÖSSÄ	11
<b>3</b>	<b>UUDEN SUKUPOLVEN AMPUMATARVIKKEET</b>	<b>13</b>
3.1	YLEISTÄ	13
3.2	LIITO-OMINAISUUKSILLA VARUSTETTU KRANAATTI: ”VULCANO”	14
3.3	RAKETTI- JA LIITO-OMINAISUUKSIEN YHDISTELMÄ: LRLAP	18
3.4	RAKETTI- JA LIITO-OMINAISUUKSIEN YHDISTELMÄ: MS-SGP JA EXCALIBUR N5	21
<b>4</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>23</b>
4.1	AMPUMATARVIKKEIDEN KÄYTTÖKELPOISUUDEN ARVIOINTI: ANALYYSIRUNKO	23
4.2	KÄYTTÄJÄMAAT, KÄYTTÖSOVELLUKSET JA KEHITYSNÄKYMÄT	25
4.3	TUTKIMUKSEN TULOKSET	26
4.4	POHDINTA	29

## LÄHTEET

## LIITTEET

## **KUVAT**

Kuva 1. Kranaatin osat [17, s.45] .....	7
Kuva 2. Tykistökranaatin kehitysvaiheita [17, s.232].....	8
Kuva 3. Radiotaajuisen herätesytyttimen rakenne. [17, s.66] .....	9
Kuva 4. 57 x 438 R 3P kranaatin vaikutus pintamaaliin [28].....	12
Kuva 5. Vulcano-ammuksen kaaviokuva [13].....	15
Kuva 6. 127mm Vulcano GLR ammus lentotilassa. [38] .....	16
Kuva 7. DART-ammuksen kaaviokuva [69] .....	18
Kuva 8. 155mm LRLAP ammus lentotilassa [13] .....	20
Kuva 9. Excalibur 1a ja 1b ammuksset. [55] .....	22

## **KAAVAT**

Kaava 1. Ammuksen saama kiihtyvyyys [17, s. 104] .....	9
--	---

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Ampumatarvikkeiden soveltuvuus .....	24
--	----

## **KUVAAJAT**

Kuvaaja 1. Hyötykuorman ja kantaman yhteenlaskettu kokonaisarvo. ....	26
Kuvaaja 2. Yhden hyötykuormakilon hinta, euroissa. ....	28

## **LYHENTEET**

<b>AGS</b>	Advanced Gun System
<b>AGS-L</b>	Advanced Gun System Lite
<b>BER</b>	Ballistic Extended Range
<b>BTERM</b>	Ballistic Trajectory Extended Range Munition
<b>CIWS</b>	Close-in Weapons System
<b>EOT</b>	Effect-on-target
<b>ERGM</b>	Extended Range Guided Munition
<b>ERM</b>	Extended Range Munition
<b>FIAC</b>	Fast Inshore Attack Craft
<b>GLR</b>	Guided Long Range
<b>GPS</b>	Global Positioning Satellite System
<b>IMU</b>	Inertial Measurement Unit
<b>IR</b>	Infra Red
<b>LRLAP</b>	Long Range Land Attack Projectile
<b>PPU</b>	Price per unit
<b>RAP</b>	Rocket Assisted Projectile
<b>SAL</b>	Semi-Active Laser (precision guidance system)
<b>TSTA2020</b>	Taistelualus 2020

# UUDEN SUKUPOLVEN TYKISTÖAMPUMATARVIKKEET TSTA2020 PINTA-TORJUNTA-ASEISTUKSENA

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Yleistä

Uuden sukupolven pitkän kantaman ampumatarvikkeet ovat maailmalla ajankohtainen aihe. Käsitteellä tarkoitetaan perinteisiltä tykkilaveteilta ammuttavia, pidennetyn kantaman omaavia ohjautuvia ampumatarvikkeita, joiden on tarkoitus vastata nykyaikaisen tulenkäytön vaatimuksiin. Nykyisten asejärjestelmien on oltava kustannustehokkaita, ja tykistöaseilla halutaan vaikuttaa yhä pidemmälle [1, s. 1]. Yhdysvaltojen laivasto (United States Navy, USN) on sijoittanut merkittäviä summia uuden tulitukeen soveltuvan Extended Range Munition (ERM) ampumatarvikkeen kehitykseen [2, s. 59]. Yksi asejärjestelmä, Advanced Gun System, on tulossa operatiiviseen käyttöön USN DDG-1000 alusluokkaan, eli Zumwalt-luokan ohjusristeilijöihin; kyseisessä alusluokassa asejärjestelmää on tarkoitus käyttää tulitukiaseena merijalkaväelle, josta juontaa myös ampumatarvikkeen nimi Long-Range Land Attack Projectile (LRLAP) [3]. Italialainen Oto Melara on yhteistyössä saksalaisen Diehl Defencen kanssa kehittänyt vastaavanlaisin ominaisuuksin varustettuja uuden sukupolven tykistöampumatarvikkeita [4]. Nämä amerikkalaisia vastineitaan pienemmät ampumatarvikkeet ovat käyttötarkoituksiltaan moniulotteisempia, suorituskykyjen ulottuessa lähitorjunnasta tulitukeen ampumatarvikkeesta riippuen. Alun perin uuden sukupolven ampumatarvikkeiden kehittämisessä on kilpaillut myös yhdysvaltalainen Raytheon, joka epäonnistumisten myötä menetti rahoituksensa ja joutui luopumaan kehitystyöstä [5]. Nyt Raytheon ja brittiläinen BAE Systems yhteistyössä Lockheed Martinin kanssa ovat kuitenkin omilla tahoillaan kehittäneet uudet, 5-tuumaiseen laivatykkiin soveltuvat pitkän kantaman ampumatarvikkeet. [6]

Uuden sukupolven ampumatarvikkeita on tarkasteltu aiemmin kahdessa suomalaisessa tutkimuksessa. Herkko Hannula [7] on tarkastellut tykistön kantaman kasvattamista kotimaisten maavoimien näkökulmasta, ja Camilla Maunu [1] on tarkastellut tutkimuksessaan erilaisten ampumatarvikkeiden tehokkuutta suomalaisissa olosuhteissa.

Merivoimien näkökulmasta pitkän kantaman tykistöampumatarvikkeita ei ole toistaiseksi kattavasti tarkasteltu. Laivaston tulevien alushankintojen vuoksi aihe on myös suomalaisittain ajankohtainen. Tomi Suntion tekemä kandidaatintutkielma [8] laivatykistön uusien ampumatarvikkeiden uudistuksista ja mahdollisuuksista on rajattu tällä hetkellä käytössä oleviin tykimalleihin.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan pitkän kantaman ampumatarvikkeiden soveltuvuutta uuden taistelualuksen (TSTA2020) pintatorjunta-aseistukseksi. Tutkimus keskittyy BAE Systemsin ja Lockheed Martinin LRLAP, MS-SGP ja Raytheonin Excalibur N5 [6;9] sekä Oto Melaran Vulcano [10] – ampumatarvikkeisiin ja siihen, miten nämä vertautuvat nykyisiin Bofors 57 mm laivatykistön sekä meritorjuntaohjus-85 suorituskykyihin ja kustannustehokkuuteen.

## 1.2 Tutkimuksen viitekehys, näkökulma ja rajaus

Tutkielman viitekehystenä toimivat sisä- ja ulkoballistiikka sekä aerodynamiikka, jotka ovat taustalla uuden sukupolven ampumatarvikkeiden suorituskyvyssä. Lisäksi tutkimuksen viitekehysten muodostavat vaikutus kohteessa ja kustannustehokkuus. Näiden tekijöiden kautta tarkasteltuna ja nykyisiin Suomen merivoimien käytössä oleviin asejärjestelmiin vertaillen on tarkoitus saada kuvaajien ja analyysin avulla yksiselitteiset johtopäätökset asejärjestelmien suorituskyvyn soveltuvuudesta TSTA2020 pintatorjunta-aseistukseksi.

Näkökulmana ovat uuden sukupolven ampumatarvikkeiden tekniset ominaisuudet: lähtönopeus ja ali- tai täyskaliiperisuus, kantama, ohjautuvuus, maalinosoitus, hakupäät ja sytyttimet, sisäballistiset ominaisuudet ja latausjärjestelmän toiminta. Tutkimuksessa ei tarkastella tykkilavetin ominaisuuksia muilta kuin suoranaisesti ampumatarvikkeen suorituskyvyn arviointiin liittyviltä kannoilta, kuten tulinopeuden ja ammuskapasiteetin kautta. Myöskään laivateknisiin vaatimuksiin, ampumasektoreihin, täydennys- ja varastointikapasiteetteihin eikä taloudellisiin rajoituksiin oteta kantaa. Tarkastelun keskiössä teknisten ominaisuuksien lisäksi ovat puolustusvoimien vaikuttamisvaatimukset ja tulevaisuuden näkymät sekä tästä näkökulmasta vaatimusmäärittelyn mukaisesti uuden sukupolven ampumatarvikkeiden soveltuvuuden tarkastelu.

Lähtökohtana tarkastelulle ovat Suomen olosuhteet ja suomalaisen laivaston vaatimukset, mutta vertailussa tarkastellaan myös muiden valtioiden laivastojen suunnittelemaa käyttötarkoituksia uuden sukupolven ampumatarvikkeiden suorituskyvyille.

### 1.3 Tutkimusongelmat ja tutkimusmenetelmät

Tutkimusongelma eli tutkimuksen pääkysymys on:

Soveltuvatko uuden sukupolven pitkän kantaman ampumatarvikkeet TSTA2020 asejärjestelmäksi?

Alakysymyksiä ovat:

1. Millä tavoin uudet ampumatarvikkeet saavuttavat pidennetyn kantaman, ohjautuvuuden ja tarkkuuden?
2. Miten uudet ampumatarvikkeet vertautuvat nykyisiin pintatorjunta-asejärjestelmiin?
3. Miten uudet ampumatarvikkeet sopivat merivoimien toimintaympäristöön?

Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta sekä vertailua ja vaatimusmäärittelyä. Vertailun ja vaatimusmäärittelyn on tarkoitus, kirjallisuustutkimukseen pohjautuen, täydentää tutkimuksen tuloksia johtopäätösten oikeellisuuden parantamiseksi. Vaatimusmäärittelyn pohjalta on tarkoitus kartoittaa uuden sukupolven ampumatarvikkeiden soveltuvuutta pintavaikuttamisen kokonaisuuteen. Vertailun on tarkoitus löytää vertailukelpoisimmat suureet tutkittavien ampumatarvikkeiden sekä nykyisten järjestelmien välillä ja niistä koostaen muodostaa kuvaajia havainnollistamaan, miten suorituskyvyt suhteutuvat toisiinsa, ja saada tästä päätelminä esimerkiksi se, ovatko uuden sukupolven ampumatarvikkeet täydentävä, korvaava vai nollatekijä pintataistelualuksen asejärjestelmänä. Ampumatarvikkeiden suorituskyvyn todellinen soveltuvuus tarkastellaan puolustusvoimien kokonaisvaikuttamisen kautta siten, että ampumatarvikkeiden tehoa kohteessa verrataan niiden kustannustehokkuuteen eri tapauksissa. Tässä tarkastelussa käsitellään vastustajan pinta-aluksen torjuminen, vastustajan ilma-aluksen torjuminen, kansainvälisessä tehtävässä merirosvojen kevyen pinta-aluksen (FIAC) torjuminen sekä tulituen antaminen rannikkojoukoille.



Toistaiseksi TSTA2020:stä ei ole julkistettu tarkkoja ominaisuuksia [11]. Merivoimien materiaaliosaston päällikkö on todennut, että uuden taistelualuksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat riittävä nopeus, toiminta-aika, kyky kulkea jäissä ja matalaherätteisyys [12]. Tämä luonnollisesti haastaa tutkimuksen tulosten analysoinnin ja tutkimuskysymykseen vastaamisen, sillä varsinaista analyysirunkoa, jonka kautta uuden sukupolven ampumatarvikkeiden soveltuvuutta aluksen vaatimukseen voitaisiin arvioida, ei vielä ole.

Koska valmista analyysirunkoa ei ole, tutkimuksen liitteissä esitellään muiden laivastojen sovellusmallit uuden sukupolven tykistöampumatarvikkeille, kuten DDG-1000 alusten AGS järjestelmä ja saksalaisten F125 fregattien 127/64 LW tykkiaseistus [13;14].

Näiden suorituskykyjen ja vaikuttamisjärjestelmäratkaisujen pohjalta voidaan hakea yhteneväisyyksiä merivoimien tehtävien täyttämiseen eli meriyhteyksien turvaamiseen ja alueellisen koskemattomuuden turvaamiseen ja valvontaan sekä kansainvälisten operaatioiden asettamiin vaatimuksiin [15].

Tämänhetkisiä merivoimien suorituskykyjä tarkastellessa huomataan, että suurimmat puutteet ovat vedenalaisessa vaikuttamisessa eli sukellusveneentorjunnassa sekä saattoaluksena toimimisessa. Merivoimilla on tällä hetkellä kaksi avomerikelpoista, ilmatorjunta-, jäissäkulku- ja johtoaluskykyistä alusta [16]. Uuden taistelualuksen tulisi, korvatessaan kyseiset miinalaivat sekä Rauma-luokan ohjusveneet [11], sisältää kaikki tällä hetkellä näissä aluksissa olemassa olevat suorituskyvyt ja täydentää vedenalaisen vaikuttamisen kykyä sekä laajentaa ilma- ja pintatorjuntakykyä. Tämän tutkimuksen on tarkoitus selvittää, ovatko uuden sukupolven ampumatarvikkeet ratkaisu juuri ilma- ja pintatorjuntakyvyn laajentamiseksi.

#### 1.4 Tutkimuksen keskeisiä määritelmiä ja käsitteitä

##### *Kantama*

Aseen kantama on etäisyys ampuvasta aseesta ampumatarvikkeen iskemään.

##### *Osumatarkkuus*

Osumatarkkuus tarkoittaa ampumatarvikkeen iskemän etäisyyttä halutusta kohteesta. Osumatarkkuus ilmoitetaan metreinä kohteesta; mitä suurempi luku, sitä huonompi osumatarkkuus.

*Sisäballistiikka*

”Sisäballistiikka tutkii kaikkia aseiden putkessa tai rakettimootorissa laukauksen aikana tapahtuvia ilmiöitä.” [17, s.101]

*Ulkoballistiikka*

”Ulkoballistiikan päämääränä on ammuksen lentoradan laskeminen. Ulkoballistiikka tukee myös ammussuunnittelua.” [17, s.122]

*Väliballistiikka*

”Väliballistiikka tutkii laukaustapahtumaan liittyviä ilmiöitä putken suulla. Väliballistinen vaihe alkaa, kun ammuksen tiivistysosat ohittavat putken suun ja päättyy ammuksen poistussa ruutikaasujen vaikutusalueelta.” [17, s.116]

*Perinteiset ampumatarvikkeet*

Tässä tutkimuksessa perinteisillä ampumatarvikkeilla tarkoitetaan yleisimmin käytössä olevia ampumatarvikkeita, joissa itsessään ei ole kantamaa tai osumatarkkuutta parantavia osia.

*Uuden sukupolven ampumatarvikkeet*

Uuden sukupolven ampumatarvikkeilla tarkoitetaan vielä kehitysvaiheessa olevia, liito- ja rakettiminAISuuksin tehostettuja ampumatarvikkeita, jotka ammutaan perinteisestä tykkilavetista.

*Rotaatiovakavointi*

”Rotaatiovakavoitu ammus saatetaan nopeaan pyörimisliikkeeseen pituusakselin ympäri ammuksen ulkopinnalle kiinnitetyn johtorenkaan tai luodin vaipan ja putken rihlauksen avulla.” [17, s.45]

*Pyrstövakavointi*

”Pyrstövakavoidun ammuksen lento vakautetaan joko kiinteän pyrstön tai avautuvien siivekkeiden avulla.” [17, s.45]

*Perävirtausyksikkö*

Perävirtausyksikkö täyttää kranaatin taakse muodostuvan alipaineisen tilan ruutikaasulla kasvattaen kantamaa jopa kolmanneksella. [7, s. 13]

## 2 LAIVATYKISTÖN AMPUMATARVIKKEET JA SUORITUSKYKY

### 2.1 Yleistä

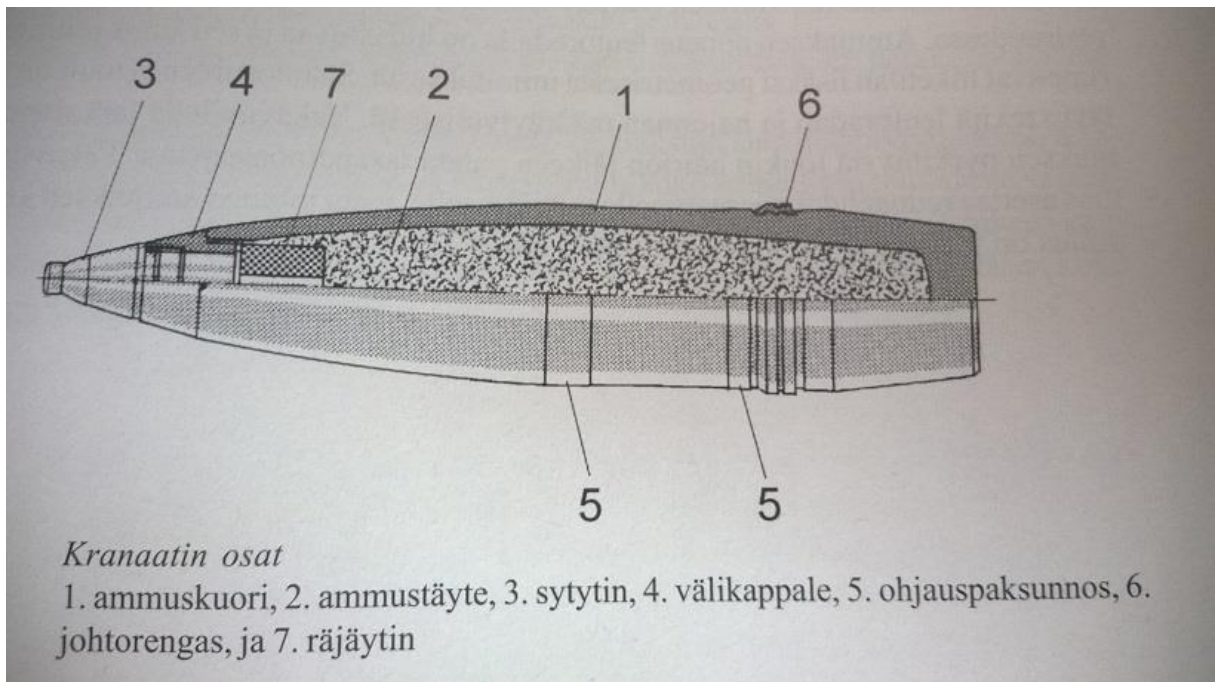
Merisodankäynti pohjautui pitkään, karkeasti 1500-luvulta 1950-luvulle, tykistöaseiden käyttöön. Laivatekniikan kehittymisen ohella, eli puisista purjealuksista panssaroituihin konealuksiin siirtymisen, pääasiassa tykistöaseiden kehittyminen on johtanut merisodankäynnin kehitykseen. [18] Laivatykistö saavutti suorituskykynsä huipun toisessa maailmansodassa, jolloin suurimpien tykkien putket olivat läpimitaltaan jopa 460 mm ja suurimmat kantamat yli 40 kilometriä [18;19;20]. Sittemmin muun muassa ohjusaseen kehittyminen aiheutti laivatykistön merkityksen inflaation, jolloin sen asema putosi sota-alusten pääaseistuksesta lähinnä omasuoja-aseistukseksi, painottuen ainakin nimellisesti lähi-ilmatorjuntaan [21]. Yhdysvaltojen laivasto, Reaganin hallinnon suunnitelman mukaisesti, komissioi uudelleen vielä vuonna 1988 neljä Iowa-luokan taistelualusta näiden 406 mm tykkien tarjoaman tulitukisuorituskyvyn vuoksi. Nämä taistelualukset kuitenkin poistettiin palveluksesta lopullisesti vuonna 1992, ensimmäisen Persianlahden sodan jälkeen. [22;23]

Tämän jälkeen laivatykistön putkien halkaisijat putosivat lopullisesti yli 400 mm halkaisijoista kätevämpiin ja tulinopeudeltaan tehokkaampiin kokoihin, kuten 57 mm, 76 mm ja 127 mm. Samalla tykkien käyttötarkoitukset ja käytetyt ampumatarvikkeet muuttuivat radikaalisti. Lisäksi muun muassa Yhdysvaltojen laivasto joutui aloittamaan korvaavan tulitukijärjestelmän kehittämistyön [23]. Niin kutsutut keskikaliiberin dual-purpose aseet, kuten BAE Systems Land Armamentin Bofors SAK 57 L/70, ovat olleet pitkään hallitseva trendi laivatykistöjärjestelmissä [21;20]. Dual-purpose tarkoittaa aseiden sopivuutta pinta- ja ilmatorjuntaan. Tässä mielessä pienen ja keskikokoisen kaliiberin laivatykistöaseet ovat CIWS (Close-in Weapons System) järjestelmiä, joiden tarkoitus on torjua aluksen sisimmälle suojarenkaalle päässeet vastustajat, kuten rynnäkkökoneet ja pintatorjuntaohjukset. Lisäksi tykistöaseiden kantama aluslavetilla on nykyisissä järjestelmissä, esimerkiksi Bofors SAK 57 L/70 tykissä, maksimissaan 17 kilometriä, tehokkaan ampumaetäisyyden ollessa noin 8 kilometriä [24;25]. Tämä kantama ei riitä tehokkaaseen pintatorjuntaan, vaan lähinnä täydentämään IT-ohjuksien suorituskykyä suora-ammunnalla alle kilometrin sisään tulevien maalien osalta [21]. Teoriassa Suomessakin käytössä olevaa Bofors 57/L70 tykkiä voidaan käyttää myös suurta pintamaalia

kuten vastustajan alusyksikköä vastaan, mutta tykin kantama ei mahdollista todellista, operatiivisesti tehokasta vaikuttamista kyseiseen maaliin.

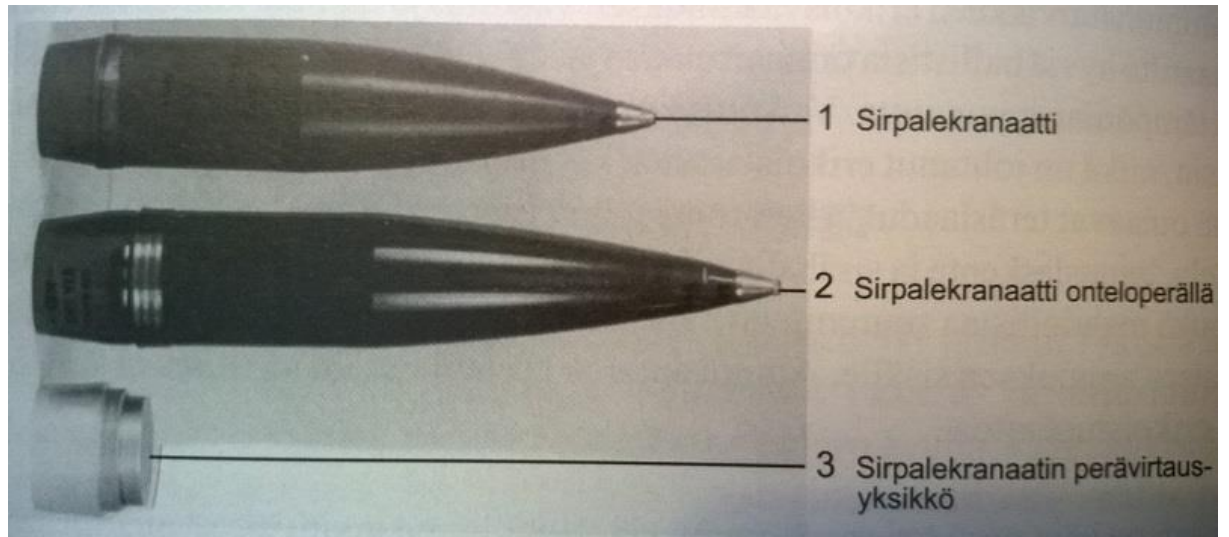
## 2.2 Ampumatarvikkeiden osatekijät ja laukaustapahtuma

Tykistön ampumatarvikkeet ovat pääasiassa kranaatteja. Kranaatin vaikutus perustuu täyteen räjähtämiseen tai palamiseen, joka tapahtuu sytyttimen avulla. Tykkiaseissa käytettävät kranaatit ovat pääasiassa sirpale- ja panssarikranaatteja: ”Tykistön kartiooperäinen sirpalekranaatti edustaa perusratkaisua rotaatiovakavoidusta ammuksesta, joka koostuu ammuskuoresta, räjähdysainetäytteestä, räjäyttimestä, johtorenkaasta, välikappaleesta tai väliräjäyttimestä ja sytyttimestä”. Onteloperät ja perävirtausyksiköt edustavat uudempaa teknologiaa. [17, s. 44—45, 231]



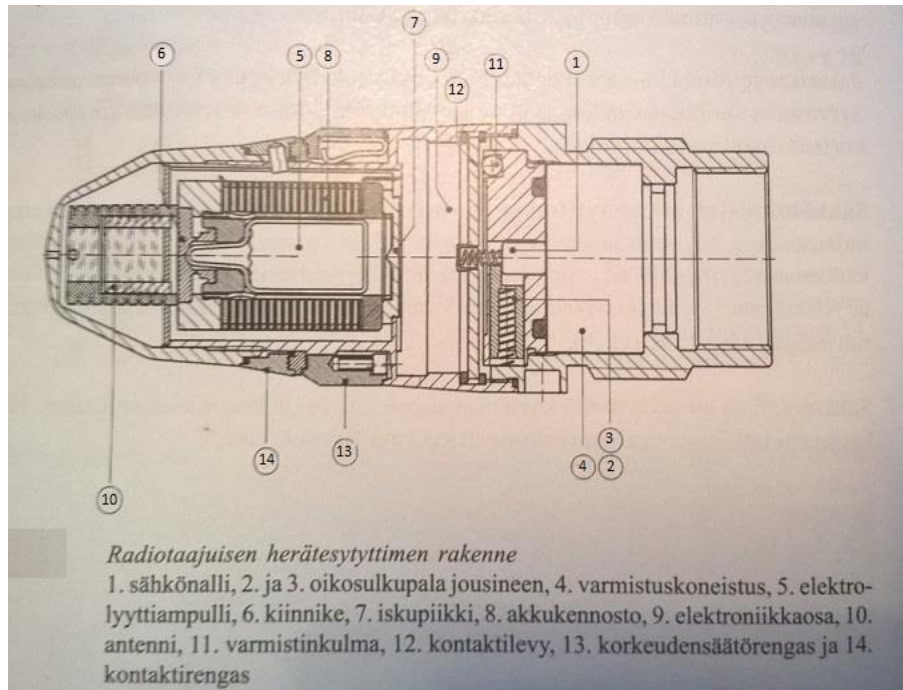
Kuva 1. Kranaatin osat [17, s. 45]

Tykistöasejärjestelmien perusammuksien räjähdysainetäyteenä on käytetty yleisimmin TNT:tä tai heksotolia. Vaikutus kohteessa edellyttää hyviä sirpaloitumisominaisuuksia, mikä on johtanut erikoisterästen käyttöön valmistuksessa. [17, s. 231] Kranaatti tuottaa halutun vaikutuksen kohteessa (effect-on-target) räjähdysainemäärällä ja sirpalevaikutuksella. Räjähdysainetäyte räjäytetään sytyttimen avulla.



Kuva 2. Tykistökranaatin kehitysvaiheita [17, s.232]

Sytyttimet jaetaan isku-, aika- ja herätesytyttimiin. Iskusytyttimet toimivat kosketuksessa kohteeseen ja ovat rakenteeltaan joko mekaanisia tai sähkömekaanisia. Yksinkertaisuutensa ja yleiseen käyttötarkoitukseen soveltuvan toimintaperiaatteensa vuoksi ne ovat yleisimmin käytettyjä sytyttimiä. Aikasytytin on kohteesta riippumaton; se aikautetaan toimimaan määrätyn ajan kuluttua laukaisusta. Herätesytyttimen tarkoitus on saada kranaatti räjähtämään sirpalevaikutuksen kannalta edullisimmalla etäisyydellä kohteesta. Herätesytyttimet voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Aktiiviset herätesytyttimet lähettävät sähkömagneettista säteilyä tai infrapuna- tai laservaloa, joilla ne mittaavat etäisyyttä kohteeseen. Passiiviset herätesytyttimet eivät lähetä ympäristöönsä säteilyä, vaan toimivat esimerkiksi maalin lämpösäteilystä, magneettikentän muutoksesta tai äänestä. Näistä ominaisuuksista on koostettu monitoimiherätesytyttimiä, joihin on sisällytetty useita sytytinryhmien ominaisuuksia, kuten esimerkiksi hidasteisen iskutoiminnan, jolloin kranaatti räjähtää viiveellä iskeydyttyään kohteen pinnan, esimerkiksi katon, läpi. [17, s. 50]



Kuva 3. Radiotaajuisen herätesytyttimen rakenne. [17, s. 66]

Tykistön laukauksen elementtejä ovat kranaatti, panos, hylsy ja nalli. Tykistön laukauksia ovat patruuna-, kartussi-, kartussipatruuna-, irtopanos-, raketti- ja ohjuslaukaukset. Patruunalaukauksessa laukauksen elementit on koottu yhteen hylsyn avulla. [17, s. 230—231] Tutkimuksessa keskitytään patruunalaukauksiin, koska suomalaisessa laivatykistössä ei enää ole muita laukaisutyppejä käytössä. Myös uuden sukupolven ampumatarvikkeet ovat patruunalaukauksia.

### 2.3 Tykistön kantaman kasvattaminen perinteisin menetelmin

Kantaman kasvattaminen perinteisin menetelmin perustuu sisäballistiseen vaiheeseen vaikuttamiseen. Perinteiset ampumatarvikkeet saavuttavat kantamansa lähes yksinomaan sisäballistisessa vaiheessa tapahtuvalla kiihtyvyydellä, jolla saavutetaan kranaatin lähtönopeus. Lähtönopeus on ampumiskulman ohella tärkein kantamaa määrittävä tekijä, ja se on laukaustapahtuman oleellisin lopputulos.

$$a = \frac{p \cdot A - W}{m}$$

Kaava 1. Ammuksen saama kiihtyvyys [17, s. 104]

Kaavassa  $a$  on ammuksen saama kiihtyvyys,  $p$  on ammuksen pohjaan vaikuttava paine,  $A$  on putken poikkipinta-ala,  $m$  on ammuksen massan ja puolikkaan panoksen summa sekä  $W$  on kokonaisvastusvoima.

Laukaustapahtuma alkaa pohjanallin syttymisestä, joka välitetään pääpanokseen. Syttymisvaiheessa patruunalaukauksen ammus on kiinni hylsyn suussa. Pääpanosruudin syttyessä paine alkaa nousta, mikä lisää ruudin palamisnopeutta ja kiihdyttää paineen nousemista siihen pisteeseen, että ammus lähtee liikkeelle. Liikkeelle lähdön jälkeen ammuksen takana oleva palotila alkaa kasvaa ja samalla ruutikaasu laajentuessaan jäähtyä. Tykeillä maksimipaine saavutetaan, kun ammus on kulkenut noin kymmenen kaliiperin mittaa, ja tämän jälkeen paine ja samalla ammuksen kiihtyvyys alkavat laskea. Ruutikaasujen laajeneminen lisää ammuksen liike-energiaa siihen asti, että sisäballistinen osuus päättyy. [17, s. 101—102] Tämän perusteella toimet, joilla lähtönopeutta voidaan lisätä, ovat pääpanoksen kasvattaminen ja putken pituuden kasvattaminen.

Panoksen kasvattaminen lisää kiihtyvyyttä ruutikaasun määrän ja ruutiin sidotun lämpöenergian määrän myötä. Jos tykin putki on liian lyhyt kasvatettuun panokseen nähden, voi ruudin palamisvaihe olla liian pitkä, josta seuraa normaalia suurempi suuliekki [17, s. 102]. Jotta palamisvaihe päättyisi optimaalisessa kohdassa, eli kun ammus on matkannut noin kolmanneksen tykin pituudesta, on kasvatetun ruutipanoksen määrän ja ominaisuuksien muuttamisen lisäksi muutettava putken pituutta. Tämä pätee myös toisin päin, eli jos tykin putken pituutta kasvatetaan, ruudin ominaisuudet ja määrä on muutettava vastaamaan uutta putkea. [17, s. 102; 7, s. 21]

Panoksen kasvattaminen asettaa vaatimuksia tykin rakenteille, joten ruudin määrä ja palonopeus joudutaan sovittamaan aina tykin ja ammuksen sietokyvyn rajoihin. Putken pituudella on merkittävin vaikutus kranaatin lentämään matkaan, mutta putken pituuden kasvattamista rajoittavat tykin käsiteltävyys ja käytettävyys. [7, s. 21] Perinteisillä ampumatarvikkeilla moitteelliset keinot kuluttavat tykkiä entistä kovemmin, johtaen pienempään huoltoväliin.

Kantaman kasvattamiseksi on käytössä myös onteloperäkranaatteja ja perävirtausyksiköitä. Näillä ratkaisuilla pyritään kasvattamaan kantamaa vaikuttamalla ammuksen ulkoballistisiin ominaisuuksiin. Onteloperä perustuu paremman aerodynamiikan eli virtaviivaisuuden saavuttamiseen kranaatin lentoradassa tekemällä kranaatista etupainoisempi. Perävirtausyksikkö sisältää palomassaa, joka syttyy kun kranaatti laukaistaan. Palomassasta muodostuu kaasua, joka täyttää kranaatin taakse muodostuvan alipaineisen tilan, pienentäen kranaatin kärjen ja perän välistä ilmanpaine-eroa, johtaen pienempään kokonaisilmanvastukseen. Näin kranaatti saadaan lentämään jopa kolmanneksen pidemmälle kuin ilman perävirtausyksikköä. [7, s. 27]

## 2.4 Perinteiset ampumatarvikkeet suomalaisessa laivatykistössä

Nykyisellään Suomen merivoimien laivaston tykistöaseet ovat entisen Saab Boforsin, nykyisen BAE Systems Land Armamentin toimittamia, keskikaliiperin dual-purpose laivatykkeitä. Tykkeitä on käytössä kolmenlaisia: 57 mm Mk I, 57 mm Mk III ja 40 mm Mk II. Hämeenmaaluokan miinalaivoilla on 57 mm Mk I tykit, Katanpää- ja Rauma-luokan aluksilla 40 mm Mk II tykit, ja Hamina-luokan ohjusveneillä 57 mm Mk III tykit. [24;26] Tykkilavetin kehityksasteella ei ole ampumatarvikkeen suorituskyvyn kannalta suurta merkitystä, sillä kehityksasteet liittyvät muun muassa latausjärjestelmään, kuvioammuntaan sekä tykin kuomun häiveominaisuuksiin [27].

57 mm SAK L/70 ja 40 mm L/70 tykit ovat edelleen erittäin toimivia ja monipuolisia asejärjestelmiä. Molemmissa kaliipereissa on saatavilla useita eri ampumatarvikkeita, joissa eri sytyttimillä saavutetaan tarkoituksenmukainen vaikuttaminen kohteesta riippuen. Yksi viimeisimpiä kehityksasteita näissä ampumatarvikkeissa on 3P eli ”prefragmented programmable proximity fuze” ammuksset. Ammuksessa on monitoimiherätesytytin, johon voidaan ohjelmoida kuusi eri herätämoodia. Herätämoodit ohjelmoidaan johtamalla sähköä herätesytyttimen läpi sen siirtyessä kammioon, ja tarkennukset moodiin annetaan juuri ennen laukaisua. Näin yhteen tuliannokseen voidaan ohjelmoida jokaiselle ammukselle eri herätesytytysmoodi, jolla saadaan aikaan erilaisia, tilanteeseen sopivia ampumakuvioita. Lataamalla makasiineihin eri ampumatarvikkeita, kuten herätesytytteisiä ja iskusytytteisiä, panssaria läpäiseviä tai sirpalevaikutteisia, saadaan tykistä monikäyttöisempi eri vaikuttamistilanteisiin, kuten ilma- tai pintatorjuntaan. [25]

Tämän hetkinen pääkäyttötarkoitus Boforsin tykeillä on toimia suurina CIWS aseina, torjuen alle 10 kilometrin etäisyydelle aluksesta tulevat ilmamaalit kuten rynnäkkökoneet ja pintatorjuntaohjukset. [24] Monitoimiherätesytytteisten ampumatarvikkeiden tekemä peitto on todennäköisesti tehokas yksittäisen, tutkalla havaittavan ilmauhkan torjuntaan.



Otettaessa huomioon tulinopeus, joka Bofors SAK 57 L/70 Mk 3 tykissä on 220 rds/min [24], saadaan laskettua minuutissa yhdestä tykistä ammuttavaksi räjähdeainekuormaksi 101,2 kilogrammaa oktonaalia 57 x 438 R 3P kranaatilla. Yhden minuutin kestävän, kyseisellä kranaatilla kohteeseen osuvan ammunnan seurauksena kohteessa olisi yli puoli miljoonaa volframi-kuulaa, jotka tuhoaisivat suurella todennäköisyydellä riittävältä osin merenkulikututka-antennit, ilma- ja pintatiedustelututka-antennit, elektro-optroniset sensorit ja radioantennit.



Kuva 4. 57 x 438 R 3P kranaatin vaikutus pintamaaliin [28]

Varsinaiseen upotukseen 57 mm ja 40 mm ampumatarvikkeet eivät yksinään riitä veneitä suurempia kohteita vastaan, mutta sensori- ja asejärjestelmille tuotettavat vahingot pystyvät tekemään vastustajan aluksen vaarattomaksi. Pienikokoisten kranaattien torjuminen asejärjestelmillä on käytännössä mahdotonta, sillä niillä on muotonsa ja kokonsa ansiosta hyvin pieni tutkapinta-ala, sekä verrattuna ohjukseen moninkertainen nopeus. Lisäksi tykkijärjestelmä soveltuu esimerkiksi ATALANTA-operaation kaltaisiin voimankäyttötilanteisiin, joissa asymmetrinen sodankäynti ja useat pienet veneet (FIAC, fast inshore attack craft) muodostavat suurimman uhan aluksen turvallisuudelle, mutta voimankäytön säädösten ja kustannustehokkuuden takia tuhovoimaisempien asejärjestelmien käyttö ei tule kyseeseen.

Suurin ongelma nykyisen laivatykistön käytettävyydestä monipuolisesti pintatorjuntaan vastustajan aluksia vastaan muodostuu kantamasta. High-Capacity Extended-Range (HCER) ammusten maksimikantama on 17 kilometriä [25;27], joka on vaatimaton kantama jopa Itämeren olosuhteissa, sillä vastustajan saaminen tykin kantaman sisään vaatii oman aluksen siirtymistä syvälle vastustajan pintavaikuttamisjärjestelmien kantamien sisäpuolelle.

### 3 UUDEN SUKUPOLVEN AMPUMATARVIKKEET

#### 3.1 Yleistä

Tykistön uuden sukupolven ampumatarvikkeita on kehitetty yli vuosikymmenen ajan. Italialainen Oto Melara on kehittänyt Vulcano-nimisiä ampumatarvikkeita vuodesta 2002, tavoitteena saavuttaa ballistisesti pidennetyn kantaman hakeutumattomilla ammuksilla (BER) yli 38 meripeninkulman kantama ja hakeutuvilla pidennetyn kantaman ammuksilla (GLR) yli 63 meripeninkulman kantama. [29] Yhdysvaltojen laivaston osalta kehitystyötä on tehty vuodesta 2000, jolloin AGS järjestelmän kehittäminen kilpailutuksen jälkeen palkittiin Raytheonille ja Lockheed Martinille. Tavoitteena oli niin ikään hakeutuva, yli 63 meripeninkulmaan kantava tykistön ampumatarvike. Myöhemmin Raytheon menetti sopimuksen epäonnistumisten myötä, mutta Lockheed Martin ja BAE Systems ovat jatkaneet AGS järjestelmän kehittämistä. [5;30] DDG-1000 alusten valmistusmäärän pudotessa merkittävästi suunnitellusta BAE Systems alkoi kehittää myös Mk 45 Mod 4 5-tuumaisen laivatykin ERGM ammusta, jolla on merkittävästi suuremmat markkinat, sillä AGS ja LRLAP ovat suunniteltu yksinomaan Zumwalt-luokan aluksille. Lisäksi Raytheon ryhtyi kehittämään Excalibur ammuksistaan pienennettyä, 5-tuumaista versiota, joka soveltuisi laajalti laivatykistön käyttöön. [6]

Uuden sukupolven ampumatarvikkeiden kehitystyön tarkoitus on tuottaa kustannustehokkaita, ohjuksen tarkkuuteen verrattavissa olevia, massamaisesti ammuttavia kranaatteja, joilla voidaan vaikuttaa niin pinta- kuin maamaaleihin, ja osiltaan korvata kalliiden ohjusjärjestelmien käyttö muun muassa tulituessa. Toistaiseksi minkään valmistajan järjestelmät eivät ole operatiivisessa käytössä, mutta sekä AGS että Vulcano järjestelmiä testataan tällä hetkellä laivalaveteilla. Vulcano-ammuksia on testattu meriolosuhteissa Italian laivaston fregatti Bersaglierella, jolla toteutettiin onnistuneet koeammunnat 127 mm Vulcano BER-ammuksilla [31]. AGS ja LRLAP ovat Yhdysvaltain Zumwalt-luokan alusten keskeisimpiä asejärjestelmiä ja tällä hetkellä rakenteellisissa ammutatesteissä sekä suunnitellusti vuonna 2015 osana Zumwalt-luokan OPEVAL (operational evaluation) tarkastusta [32].

Vaikka näiden kahden kilpailevan ampumatarvikkeen vaikuttamistavoitteet ovat lähes identtiset, tekniset ratkaisut, joilla tavoitteisiin pyritään, eroavat merkittävästi toisistaan. BAE Systemsin AGS järjestelmän LRLAP ammus on liito- ja rakettiominaisuuksien yhdistelmä, joka toimintaperiaatteiltaan muistuttaa hyvin läheisesti ohjusta. Suurimpana erona ohjuksiin on suhteessa pienempi koko ja laukaisutapahtuma: LRLAP ja MS-SGP ammuksia ammutaan ty-

kistä, jonka jälkeen ne saavuttavat halutun korkeuden rakettimeoottorilla ja ohjautuvat kohteeseen siivekkeillä.

Vulcano-ammukset sen sijaan ovat alikaliiperisia ammuksia, jotka saavuttavat tarvittavan lentokorkeuden korkealla lähtönopeudella ja käyttävät liito-ominaisuuksia maksimaalisen kantaman ja ohjautuvuuden saavuttamiseksi.

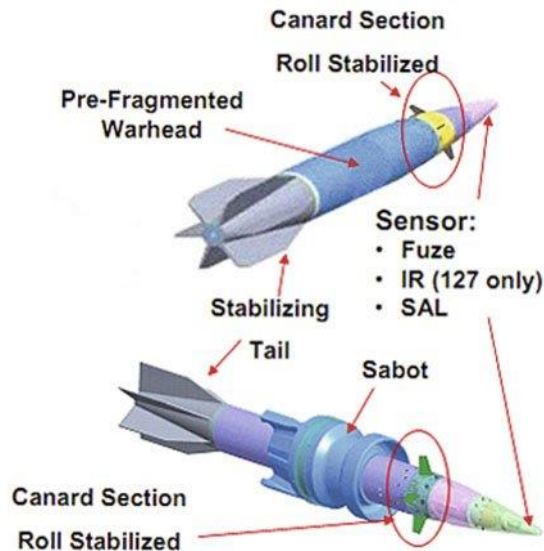
Excalibur-ammukset taas ovat perävirtausyksikön ja ohjaussiivekkeiden yhdistelmiä, joilla saavutetaan käytännössä sama ohjautuvuus kuin kilpailevilla valmistajilla, mutta todennetut kantamat ovat jääneet alle 50 kilometriin.

### 3.2 Liito-ominaisuuksilla varustettu kranaatti: ”Vulcano”

Tässä osiossa tutkitaan Oto Melaran Vulcano – ammusten ominaisuuksia ja niitä teknisiä ratkaisuja, joilla ominaisuudet saavutetaan.

Tarkasteltavat ammuksiset ovat Ballistic Extended Range (BER) ja Guided Long-Range (GLR) ammuksia, joista on laiva-alustalle kehitetty kahta kaliiperia; 76 mm ja 127 mm. Vastaavasti näiden laukaisemista varten ovat tykkilavetit 76/62 SR ja 127/64 LW. [10; 33;34;35]

Kranaatin liito-ominaisuuksien parantaminen aukeavilla tai kiinteillä siivekkeillä on yksinkertaisimpia passiivisia tapoja pidentää ammuksen kantamaa [7, s. 31]. Vulcano ammusten tapauksessa ohjausjärjestelmä kykenee muuttamaan siivekkeiden kulmaa optimaalisen aerodynamiikan muodostamiseksi ja ohjautuvuuden mahdollistamiseksi. Kranaatin kantama perustuu puhtaasti korkeaan lähtönopeuteen, aerodynaamiseen muotoiluun ja aktiivisiin liito-ominaisuuksiin [7, s. 31].



Kuva 5. Vulcano-ammuksen kaaviokuva [13]

Korkea lähtönopeus saadaan aikaiseksi kahta muuttujaa muokkaamalla. Kuten edellä on mainittu, helpoin keino pidentää tykin kantamaa on pidentää sen putkea. Tästä johtuen Vulcano-yhteensopivissa tykeissä on pidempi putki. Esimerkiksi vanhemmat 127 mm tykit ovat kaliiperipituudelta 127/54, kun taas Vulcano-yhteensopiva lavetti on 127/64 LW. Uudella 127/64 LW tykillä on siis 1,27m pidempi putki. Putken pidentämisen hyödyn maksimointi taas edellyttäisi panoksen uudelleenmitoittamisen kooltaan ja ominaisuuksiltaan. Tämä on ratkaistu alikaliiperisuudella, joka tarkoittaa sitä, että varsinainen kranaatti on halkaisijaltaan pienempi kuin tykin kaliiperi. Alikaliiperiammuksen irtoava ohjausosa (sabot) tiivistää ammuksen tykin putkeen sisäballistisen vaiheen ajaksi. Ammus on kuitenkin halkaisijaltaan pienempi ja siten virtaviivaisempi ja kevyempi, kuin perinteinen normaalikaliiperinen ammus. Näin ollen samalla ruutipanoksella saadaan aikaan merkittävästi suurempi kiihtyvyys. Vulcano-ammusten lähtönopeudet ovat merkittävästi yli 1 000 m/s, kaliiperista riippuen jopa yli 1 200 m/s, joka on 25 – 50% enemmän kuin tavanomaisilla ammuksilla [36].

Yksinkertaisella yhtälöllä voidaan osoittaa havainnollisesti alikaliiperisen ammuksen teknisen ratkaisun pätevyys: Kaavan 1 pohjalta havaitaan, että laskettaessa alikaliiperisen ammuksen saamaa kiihtyvyyttä putken halkaisija ( $A$ ) ja ammuksen pohjaan kohdistuva paine ( $p$ ) pysyvät samoina. Panoksen pysyessä samankokoisena, mutta ammuksen massan ( $m$ ) pienentyessä ja kokonaisvastuksen ( $W$ ) yhtäläillä pienentyessä aerodynaamisemmän muotoilun ja kapeamman profiilin ansiosta ammuksen saama kokonaiskiihtyvyys ( $a$ ) on suurempi. Näin ollen alikaliiperisen ammuksen saama kokonaiskiihtyvyys on suurempi kuin perinteisen ammuksen.

Liito-ominaisuuksien vaikutusta kantamaan on vaikeampi todistaa laskennallisesti, sillä Oto Melara ei täsmennä ammuksen siivekkeiden kokoa tai muotoilua. Lisäksi ohjausmekaniikkaa ja ohjausalgoritmeja on käytännössä mahdoton arvioida. Aerodynamiikan perusteiden mukaisesti lentokoneen siiven yläpuolella on muotoilun ansiosta nopeampi virtaus kuin alapuolella, jolloin siiven yläpuolelle muodostuu alipaine, jonka pyrkimyksestä tasoittua vallitsevan ilmanpaineen kanssa muodostuu nostovoima [37, s. 54].

Raketeissa ja tässä tapauksessa kranaateissa olevat siivekkeet eivät useimmiten ole lentokoneen siipien tavalla muotoiltuja, vaan nosteen muodostamisen sijaan niiden tarkoitus on vaka voida ammus lennon aikana. Vulcano-ammuksissa peräosan siivekkeet toimivat pyrstövaka vointina. Pyrstövaka voinnin tarkoituksena on huolehtia siitä, että ammus lentää kärki edellä maaliin asti ja se soveltuu ammuksiin, joiden massakeskipiste on lähempänä ammuksen kärkeä kuin aerodynaamisen voiman vaikutuspiste. Ammuksen perään siivekkeillä muodostuva nostovoima stabiloi aerodynaamisen voiman vaikutuksen. [17, s. 129] Tämä riittää Vulcano BER ammusten kantaman saavuttamiseen: korkea lähtönopeus ja hyvä vakavointi saavat ammuksen maksimikantaman keskiarvoisesti 61,5 kilometriin [31].

Vulcano GLR ammusten kärjen siivekkeet ovat kääntyviä, eli ohjausjärjestelmä pystyy muuttamaan niiden kulmaa vastaamaan ilmavirtauksia saavuttaakseen halutun lentoprofiilin, jolloin ammus kykenee poikkeamaan merkittävästi ballistisesta lentoradastaan ja liitämään laskeutuvassa trendissä huomattavasti pidemmälle kuin paraabelista, ballistista lentorataa noudattava ammus. Näin ammus saavuttaa paitsi merkittävästi normaalia pidemmän kantaman, se pystyy myös hakeutumaan tarkasti kohteeseensa.



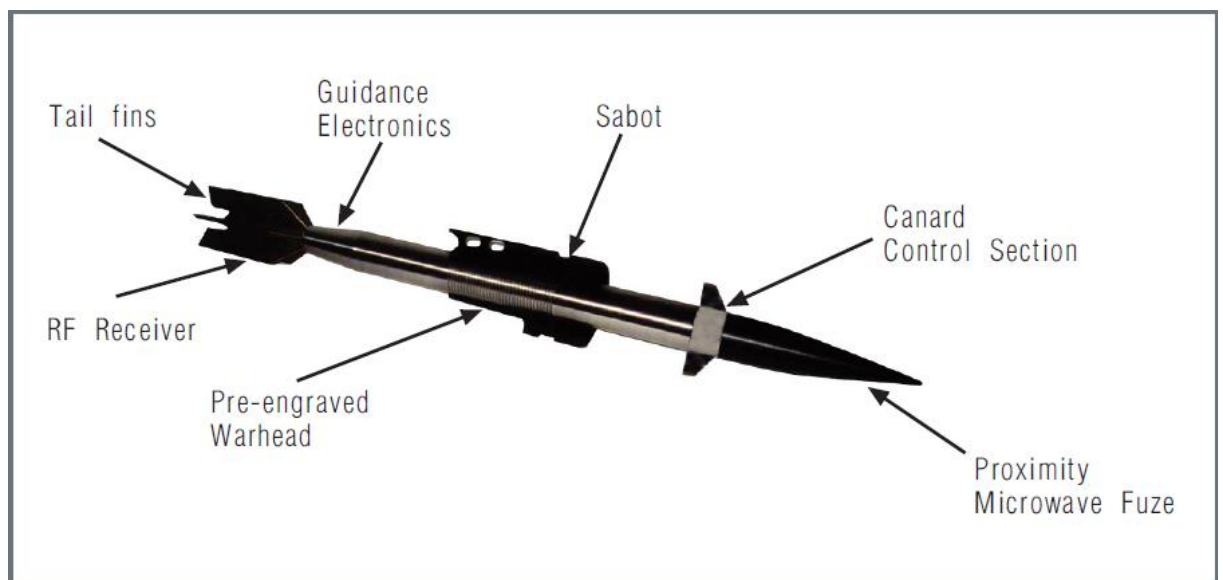
Kuva 6. 127 mm Vulcano GLR ammus lentotilassa. [38]

Kuvassa 6 näkyvät selkeästi pyrstön vakavointisiivekkeet sekä kärjessä olevat ohjaussiivekkeet. Perän siivekkeiden todetaan olevan ”free-spinning tail unit”, jolla ei ole muuta roolia kuin vakavoida ammuksen lentoprofiili [38]. Kärjessä ovat herätesytytin, vaihtoehtoisesti IR tai SAL sensori ja ammuksen ohjauskoneisto sekä GPS/IMU paikantimet. Kun ammus on GPS/IMU tai muun tiedon mukaan saavuttanut oikean etäisyyden kohteeseen, muuttavat ohjaussiivekkeet ammuksen suunnan liidosta lähes kohtisuoraksi pudotukseksi. Ohjaussiivekkeet eli kanardit hoitavat sekä liitoradan lentoprofiilin ylläpitämisen että loppuvaiheen ohjautuvuuden (terminal guidance), jolloin ammus iskeytyy kohteeseen yläpuolelta. [10] Se on vaikeasti havaittava lähestymissuunta ja optimaalinen kulma suunnatulle sirpalevaikutukselle.

Koska Vulcano-ammuksista ei valmistajan puolelta kerrota tarkkoja teknisiä mittoja, joita vaadittaisiin aerodynaamisten ominaisuuksien laskennalliseen määrittelyyn, joudutaan teknisten ratkaisujen toimivuus toteamaan testiammuntojen perusteella. Toistaiseksi 127 mm BER-ammukset ovat ylittäneet tavoitteeseensa, yli 60 kilometriin, joskin viimeisimmässä laivalaveltilla tehdyssä koeammunnassa maksimikantama oli ampuma-alueen vuoksi rajoitettu 40 kilometriin. Alukselta vuonna 2014 ammutut BER-ammukset kantoivat hyvin ampuma-alueen puitteissa yli 30 kilometriin, kun taas vuonna 2008 ammutuilla BER ammuksilla saavutettiin keskiarvoisesti jo 61,5 kilometrin kantama. Koeammuntoihin oltiin raporttien mukaan tyytyväisiä, ja Vulcano-ammuntoja on tarkoitus jatkaa uusilla V-kit päivityssarjan saavilla aluksilla. 127 mm GLR ammuksia on kyenneet vastaanottamaan GPS-tietoa ja ylittäneet vuoden 2010 koeammunnoissa 60 kilometrin kantamaan. Vuoden 2015 testiammunnoissa GLR ammuksia ylsivät 70 kilometrin kantamaan metriluokan tarkkuudella erilaisissa torjuntakulmissa. Laivatykkien ammuntoja käsittelevissä julkaisuissa ei otettu numeerisesti kantaa ammunnan tarkkuuteen, mutta maavoimille tarkoitettulla haupitsin Vulcano 155 mm SAL hakeutuvalla (semi-active laser) ammuksella on saatu täysosuma 33 kilometrin päähän neljän neliömetrin (2m x 2m) maaliin. Pelkällä GPS osoituksella 155 mm ammus osui 20 metrin tarkkuudella kohteeseen, mutta GPS paikannus yhdistettynä SAL hakeutuvuuteen toi täysosuman. Testiammuntojen tulokset osoittavat ohjaussiivekkeiden, ohjausalgoritmien, maalinosoitusjärjestelmien ja paikannuskoneiston toimivuuden. Ammuksen kykyä lentää yli sataan kilometriin kyseiset ammunnat eivät vielä todista. [13;31;38;39;40;79, liite 9]

127 mm Vulcano ammusten lisäksi Oto Melara valmistaa 76 mm Vulcano ammuksia 76/62 SR tykkiinsä, tarkoituksenaan tarjota monipuolinen asejärjestelmä laivastoille, jotka eivät budjetti-, lavetti- tai doktriinisyydestä hanki suurempikaliiperista tykkijärjestelmää. 76/62 Super Rapid tykki on suunnattu pääasiassa rannikon läheisyydessä toimiville aluksille. [13;33]

76/62 SR tykistä pystytään ampumaan perinteisten ampumatarvikkeiden lisäksi 76 mm Vulcano BER- ja GLR-ammuksia, joiden kantamaksi Oto Melara ilmoittaa 30 kilometriä ja 40 kilometriä ammustyypeittäin. Lisäksi tykkiin on saatavilla Strales-järjestelmä ja DART (Driven Ammunition Reduced Time-of-Flight) ammuksia. Järjestelmällä kyetään ohjaamaan DART ammuksia lennon aikana jatkuvalla radiotaajuisella (RF) ohjaussäteellä. Ammuksissa on lisäksi 3AP moniherätesytyttimet. Näin saavutetaan tehokkain mahdollinen vaikutus ja suurin osumatodennäköisyys lähisektorin maaleja eli noin 5 kilometrin säteellä olevia ilma- ja pintamaaleja kuten meritorjuntaohjuksia ja rynnäkkökoneita sekä FIAC uhkia vastaan. [13;33;41]



Kuva 7. DART-ammuksen kaaviokuva [69]

### 3.3 Raketti- ja liito-ominaisuuksien yhdistelmä: LRLAP

Tässä osiossa tarkastellaan USN DDG-1000 aseistukseksi valikoimaa, rakettiavusteen ja liito-ominaisuuksien yhdistelmää, 155 mm Long-Range Land Attack Projectile ampumatarviketta. LRLAP ammus ammutaan tykistä, jonka jälkeen siinä olevat, kärjessä ja perässä taitettuina sijaitsevat, siivekkeet avautuvat ja rakettimoottori käynnistyy. Rakettimoottorin avulla ammus saavuttaa lakikorkeuden, josta se lähtee siivekkeiden ohjaamana liitämään kohti maalia. [42;43]

Yhdysvaltojen laivastossa on ollut pitkään tarve korvata palveluksesta poistuneen Iowa-luokan 406 mm tykkien tulitukikyky kustannustehokkaalla ja tarkalla asejärjestelmällä. Taus-talla on tarve tukea maalla toimivia joukkoja. [13;23] Tästä syystä USN päätti vuonna 1999, että uudet DD-21, nykyään koodiltaan DDG-1000, luokan alukset on varustettava jokainen kahdella 155 mm tykillä, joiden primääri rooli on merijalkaväen tulitukena vaikuttaen tarkasti erilaisiin maamaaleihin, ja sekundäärinen rooli pintatorjunnassa (ASUW). Kyseiseksi asejär-jestelmäksi valikoitui myöhemmin tarjouskilpailuissa AGS ja ammuksiksi LRLAP, joita ke-hittävät yhteistyössä BAE Systems ja Lockheed Martin Missiles and Fire Control. [13]

LRLAP poikkeaa Vulcano-ammuksista monella tavalla. Ensinnäkin käyttötarkoituksen paino-piste on erilainen ja varsin yksipuolinen; ammus on suunniteltu vastaamaan yksinomaan suur-valtalaivaston tulitukitarpeisiin. LRLAP valmistetaan yhdessä kaliiperissa, joka on ammuttava AGS lavetilta: ammus ja aselavetti ovat räätälöity DDG-1000 hävittäjiä varten. [40;44;45] Kehitysfilosofia ammuksen takana voidaan tulkita hyvin erilaiseksi verrattuna pelkästään lii-to-ominaisuuksiin nojaaviin ammuksiin, sillä LRLAP tapauksessa on kunnianhimoisemmin pyritty luomaan uusi asejärjestelmä, joka on eräänlainen kranaatin ja ohjuksen hybridi.

LRLAP on saavuttanut useimmat sille asetetut laatuparametrit kantaman ja tarkkuuden suh-teen. Kehitystyössä oli 2000-luvun alussa joitain takaiskuja, jotka on valmistajan mukaan nyt saatu ratkaistua suotuisalla tavalla. Vuodesta 2005 ammuksen rakenne ja toimintaperiaate ovat pysyneet varsin muuttumattomina. Testiammuntojen perusteella ammuksen suorituskyky on hyvä, sillä parhaimmillaan LRLAP on kantanut 109 kilometriin asti. Lisäksi ammuksen tark-kuus ammuntatesteissä on ollut hyvä, joskin kohteiden parametreja ei ole täsmennetty, eikä ”hyvää osumatarkkuutta” ole numeerisesti määritetty. Ammuksen tehokkuus kohteessa eli vaikuttamiskyky on kuitenkin todettu hyväksi vähintään 83 kilometrin etäisyydellä. Lockheed Martin Missiles and Fire Controlin LRLAP projektipäällikkö Richard Benton on todennut IHS Jane’s julkaisulle, että "The objective is not necessarily to hit the target, but to hit within a cer-tain accuracy point to assess the lethality of the impact." Kuitenkaan missään julkisessa läh-teessä ei selvennetä, mitkä ovat nämä osumatarkkuusmääreet, joilla osuman tehokkuutta arvi-oidaan. [32;43;44;46] Koska numeerisia määreitä LRLAP ammusten osumatarkkuudelle ei toistaiseksi ole, on vertailu esimerkiksi Vulcano ammusten kanssa haastavaa.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan LRLAP on rakettiavusteinen kranaatti, johon on yhdistetty liito-ominaisuuksia. Ratkaisu poikkeaa ohjuksesta käytännössä vain rakettimoottorin yksinkertai-



suudessa. LRLAP ammus ammutaan AGS tykistä perinteisen ampumatarvikkeen tavoin, jonka jälkeen ammuksen lähtömoottori kiihdyttää sen maksiminopeuteen ja kuljettaa lentoradan lakipisteeseen. [47, s. 1] Jos kyseessä olisi ohjus, lähtömoottorin jälkeen käynnistyisi matkamoottori. [17, s. 284—285] Sitä LRLAP ammuksissa ei kuitenkaan ole. [47, s. 24] Putkivaiheen päätyttyä ammuksessa avautuvat siivekkeet, kuten kuvassa 7 voidaan havaita. Kärjessä olevat siivekkeet toimivat ohjaussiivekkeinä, perässä olevat pyrstövakavointina.

Lähtömoottorin käyttö mahdollistaa kevyemmän rakenteen ammukselle, sillä sen ei tarvitse kestää yhtä suuria voimia sisäballistisessa vaiheessa saavuttaakseen halutun loppunopeutensa. AGS järjestelmästä ammutun ammuksen lähtönopeus on vain 720 m/s, noin 40% vähemmän kuin Vulcano ammusten lähtönopeus, joten putkivaiheen rasitukset sekä tykille että ammukselle ovat huomattavasti kevyemmät [36;45]. Rakettimoottorista johtuen LRLAP ammuksset ovat myös merkittävästi suurempia kuin Vulcano-ammuksset: ammus on 2,2 metriä pitkä, täyskaliiperisena halkaisijaltaan 155mm ja painoltaan 104,3 kilogrammaa. [45] Vulcano 127 mm ammus on vastaavasti 1,5 metriä pitkä, halkaisijaltaan 90 mm ja kokonaispainoltaan 30 kilogrammaa. [38;39]

Koska tulituki on LRLAP ammusten päätarkoitus, on kehitystyössä pyritty saamaan aikaiseksi yhtäaikainen isku, eli jokaisella ammuksella olisi oma lentoratansa, ja ne osuisivat yhteen tai useampaan kohteeseen yhtäaikaaisesti. MRSI eli Multiple Round Simultaneous Impact on myös testattu onnistuneesti. [42;48] MRSI:llä on tarkoitus saada mahdollisimman suuri vaikutus vastustajan elävää voimaa vastaan, sillä joukoille ei jää aikaa suojautua. Todennäköisesti MRSI tuli-iskun vaikutus olisi todella tehokas myös merellistä pintamaalia vastaan.



Kuva 8. 155 mm LRLAP ammus lentotilassa [13]

### 3.4 Raketti- ja liito-ominaisuuksien yhdistelmä: MS-SGP ja Excalibur N5

BAE Systems ja Lockheed Martin ovat jatkaneet ERM kehitystyötä LRLAP kehityksen pohjalta hyödyntäen samoja ominaisuuksia ja innovaatioita. Koska LRLAP merkitys myyntiartikkelina väheni merkittävästi Zumwalt-luokan alusmäärän supistuessa yli kolmestakymmenestä nykyiseen kolmeen kappaleeseen, eli yhteensä kuuteen AGS tykkiin, ja USN vielä ilmoittamatta määrällistä tarvetta LRLAP ammuksille, ovat BAE Systems ja Lockheed Martin kehittäneet vuodesta 2008 alkaen vanhempiin 5-tuumaisiin (127 mm) laivatykkeihin sopivaa ampumatarviketta, Multi-Service Standard Guided Projectilea eli MS-SGP:tä. BAE Systemsin 5-tuumainen Mk 45 Mod 4 tykki on käytössä useiden maiden laivastoissa, joten markkinaosuuksen ylläpitämiseksi ja kasvattamiseksi yhtiöllä on vahva tahtotila saada niihin yhteensopiva ampumatarvike markkinoille. [6;47;49] Lisäksi Raytheon, jonka rahoitus keskeytyi alkuperäisen ERGM projektin osalta epäonnistumisiin, on jatkanut kehitystyötä yhtä lailla 5-tuumaisen Excalibur N5 laivatykkistön ampumatarvikkeen kehittämiseksi. Pohjana ampumatarvikkeelle toimii kenttätikkistön Excalibur 1b ammus, joka on käytössä Yhdysvaltojen armeijassa ja testattu myös todellisissa konfliktitilanteissa. [5;6]

BAE Systems väittää julkaisussaan [Liite 7], että MS-SGP on hintalaatusuhteeltaan erinomainen ampumatarvike, joka soveltuu maahyökkäykseen, ilmatorjuntaan, pintatorjuntaan, liikkuvien kohteiden torjuntaan ja erikoisoperaatioihin. Väittämiin on suhtauduttava kriittisesti, sillä kyseinen ampumatarvike on suorittanut vasta yhden testiammunnan. Kyseinen testiammunta tosin onnistui merkittävästi yli odotusten, sillä 127 mm MS-SGP ammus lensi 36 kilometrin päähän, suoritti kaaroksen vasemmalle ja osui 1,5 metrin päähän kohteestaan. Pitkän kantaman testiammunta oli tarkoitus toteuttaa vuoden 2014 loppupuolella. [50]

Teknisiltä ratkaisuiltaan MS-SGP on pienennetty versio LRLAP ammuksista. Ammus painaa 50 kilogrammaa, on 1,5 metriä pitkä ja sisältää 16,3 kilogramman taistelukärjen. MS-SGP laukaistaan tykkistä, kuten LRLAP, jonka jälkeen se saavuttaa lentoratansa lakipisteen rakettimoottorin (lähtömoottori) avulla. Avautuvat siivekkeet toimivat pyrstövakavointina ja ohjaussivekkeinä. Loppuhakeutumisen ammus suorittaa siivekkeillä lentorataa muokaten. BAE Systems ilmoittaa sivuillaan, että MS-SGP on valmis tuotantoon ja sen laivaversio kantaa yli 100 kilometriin. [51] Kyseistä kantamaa ole kuitenkaan saavutettu tällä ampumatarvikkeella, eikä laajamittaista tuotantoakaan ole toistaiseksi aloitettu.

Raytheonin Excalibur N5 on perävirtausyksiköllä varustettu ammus, joka käyttää ohjaussii-  
 vekkeitä pidemmän kantaman ja paremman osumatarkkuuden saavuttamiseksi. Ammus saa-  
 vuttaa ballistisen kaaren lakipisteen perävirtausyksikön avulla, jonka jälkeen se liittää ohjaus-  
 siivekkeiden avulla Vulcano-ammusten tapaan ja samalla tavalla saavuttaessaan kohteen am-  
 mus kääntyy lähes kohtisuoraan alas ja osuu kohteeseen suoraan yläpuolelta. Valittavissa on  
 kolme sytytintä; herätesytytteinen räjähtää kohteen yläpuolella, iskusytytteinen osuessaan koh-  
 teeseen ja hidasteinen iskusytytin läpäistyyään kohteen pinnan. [52;53;54] Excalibur N5 on 70  
 prosenttisesti sama ammus, kuin Yhdysvaltojen armeijan käytössä oleva Excalibur 1b ammus.  
 Tästä syystä kehitystyössä pystytään hyödyntämään kyseisen ampumatarvikkeen testi- ja käyt-  
 töhistoriaa uuden 5-tuumaisen version kehittämisessä. [6] Kuten kuvasta 9 näkyy, Excalibur  
 1a ja 1b ovat täyskaliiperisia ammuksia, joissa on avautuvat siivekkeet pyrstövakavointia ja  
 ohjausta varten. Tällä hetkellä Excalibur 1b ammuksen kantama on noin 50 kilometriä, ja ole-  
 tettavasti uuden 5-tuumaisen laivatykkimallin kantama olisi hieman pidempi, muttei todennä-  
 köisesti silti yllä samoihin kantamiin kuin Vulcano, LRLAP ja MS-SGP ammuksia [6].

Excalibur ammuksia on ammuttu kenttäolosuhteissa jo yli 700 kappaletta. Testiammunnoissa,  
 joissa ammuttiin 30 kappaletta Excalibur 1b ammuksia erilaisiin kohteisiin vaihtelevilla kan-  
 tamilla 38 kilometriin asti, keskimääräinen osumatarkkuus oli 1,6 metriä, joka on samaa luok-  
 kaa kuin Vulcano- ja MS-SGP ammusten osumatarkkuus. [53]



Kuva 9. Excalibur 1a ja 1b ammuksia. [55]

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 4.1 Ampumatarvikkeiden käyttökelpoisuuden arviointi: analyysirunko

Merivoimien tehtävät on lueteltu seuraavasti: ”Suomen sotilaalliseksi puolustamiseksi Merivoimat valvoo merialuetta, torjuu alueloukkaukset merialueella, suojaa meriyhteydet sekä torjuu mereltä suuntautuvat hyökkäykset. Merivoimat estää hyökkääjää vaikuttamasta mereltä valtakunnan ja Puolustusvoimien kannalta tärkeille alueille.” [15] Meritorjuntaohjuspatterien ja laivastojoukkojen tehtävä on estää vastustajaa pääsemästä omille aluevesille ja rannikolle, ja estää vastustajaa vaikuttamasta mereltä kohteisiin maalla ja satamassa. Merivoimien käytössä olevan RBS-15 Mk 2 meritorjuntaohjuksen maksimikantama on teoreettisesti 150 kilometriä [56;57]. Muokatulla lentoradalla todellinen käytettävä kantama jäänee kuitenkin tätä pienemmäksi. Kantama on ohjukselta kohtuullinen ja riittävä torjumaan vastustajan kaukana aluevesien ulkopuolella. Vastustaja pystyy kuitenkin vaikuttamaan 150 kilometrin säteen ulkopuolelta mantereelle esimerkiksi risteilyohjuksin, sekä estämään muutoin meriliikenteen avomerellä, ja tästä syystä alusyksiköiden tulee kyetä tekemään torjuntaiskuja ja maalinsoitustehtäviä saariston suojan ulkopuolella.

Merivoimien operatiivisen konseptin 2025 mukaan pintatorjuntakyky muodostaa merellisen pelotteen selkärangan. Konseptin mukaan pintatorjunta tulee saattaa kantamaltaan niin suureksi ja tappioita sietäväksi, että valtiollinen vastustaja tietää vaarantavansa omat meriyhteytensä ja kriittiset haavoittuvuutensa. Lisäksi konseptissa todetaan sotilaalliseksi muutokseksi muun muassa laivatykistön kantaman kasvamisen yli 100 kilometriin, viitaten uuden sukupolven ampumatarvikkeisiin. Kansainvälisellä tasolla todetaan alussijoitteisten meri- ja maamaali-ohjusten kantamien todetaan nousevan yli 300 kilometriin, ja alusten ilmatorjuntakyky kasvaa nykyisestä 30 kilometristä yli 200 kilometriin. Konseptin mukaan vastustajaan tulee kyetä vaikuttamaan nykyistä huomattavasti kauempaa, koska vastustaja pystyy vaikuttamaan maalla ja merellä oleviin kohteisiin entistä kauempaa. Lisäksi aseteknologian kallistumisen takia uusia järjestelmiä voidaan hankkia entistä vähemmän. [58]

Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 2 toteaa yleisellä tasolla, että laivatykistön uusia tehtäviä ovat asymmetristen uhkien torjunta saaristossa ja kaupunkiympäristössä, hallittu tulen tehon valinta ja säätely tehtävän mukaan, asutuskeskustaisteluiden tukeminen ja rauhaanpakottamistehtävien tukeminen. Arviossa todetaan lisäksi, että maailmalla uudet alukset varustetaan

suurilla 155 mm kaliiberin tykkiaseilla joita tukevat omasuoja-aseistukseksi tarkoitettut pienikaliiperiset automaattitykit. [59, s. 196—197]

Operatiivisen konseptin, sotateknisen arvion sekä merivoimien tehtävien perusteella saadaan koostettua seuraava taulukko, jossa eri tekijät on arvoitettu numeerisesti yhdestä viiteen. Lukuarvo yksi tarkoittaa, että ammus ei vastaa lainkaan vaatimukseen, lukuarvo viisi tarkoittaa, että ammus vastaa erinomaisesti vaatimusta. Lukuarvojen perusteet on avattu liitteessä 8.

Taulukko 1. Ampumatarvikkeiden soveltuvuus

<b>Tykkijärjestelmä; A-tarvike</b>	<b>Bofors SAK 57 mm; 3P</b>	<b>76/62 SR; Vulcano/DART 76 mm</b>	<b>127/64 LW; Vulcano 127 mm</b>	<b>Mk 45 Mod 4; MS-SGP</b>	<b>Mk 45 Mod 4; Excalibur N5</b>	<b>AGS; LRLAP</b>
<b>Kantama yli 100km</b>	1	1	5	5	1	5
<b>Soveltuu avomerelle ja saaristoon</b>	4	5	5	3	3	3
<b>Ammusvalinta</b>	3	5	5	3	3	1
<b>Soveltuu pintatorjuntaan</b>	2	4	5	5	5	5
<b>Soveltuu FIAC uhkaan</b>	4	5	2	1	1	1
<b>Soveltuu ilmatorjuntaan</b>	5	5	4	3	3	2
<b>Soveltuu tulitukseen</b>	1	4	5	5	5	5
<b>Kokonaisarvosana</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
<b>Keskiarvo</b>	<b>2,85</b>	<b>4,14</b>	<b>4,43</b>	<b>3,57</b>	<b>3</b>	<b>3,14</b>

Taulukosta nähdään, että parhaiten vaatimuksia vastaavat 76 mm ja 127 mm Vulcano ja MS-SGP. Huomionarvoista on kuitenkin, että taulukossa käytetään valmistajien ilmoittamia tavoit-

tekantamia ja ominaisuuksia, eivätkä uuden sukupolven ammuksia ole toistaiseksi yltäneet koeammunnoissa valmistajien ilmoittamiin maksimikantamiin. Rakettiavusteisten ammusten toimintaperiaatteen ja hitaan tulinopeuden vuoksi ne on tulkittu soveltumaan huonosti FIAC-uhkaan, saaristo-olosuhteisiin ja ilmatorjuntaan. Heikoimmin uuden sukupolven ampumatarvikkeista taulukossa pärjää Raytheonin Excalibur N5, vaikka Excalibur 1a ja 1b ovatkin taistelussa testattuja ja toimiviksi todistettuja ampumatarvikkeita. Vulcano-ammusten vaihtoehtoisena uuden sukupolven ammusvalintana DART-ammukset yhdistettynä Strales-järjestelmään ja Super Rapid tykin tulinopeuteen tekevät 76/62 SR järjestelmästä selkeästi monipuolisimman vertailtavista asejärjestelmistä.

## 4.2 Käyttäjämaat, käyttösovellukset ja kehitysnäkymät

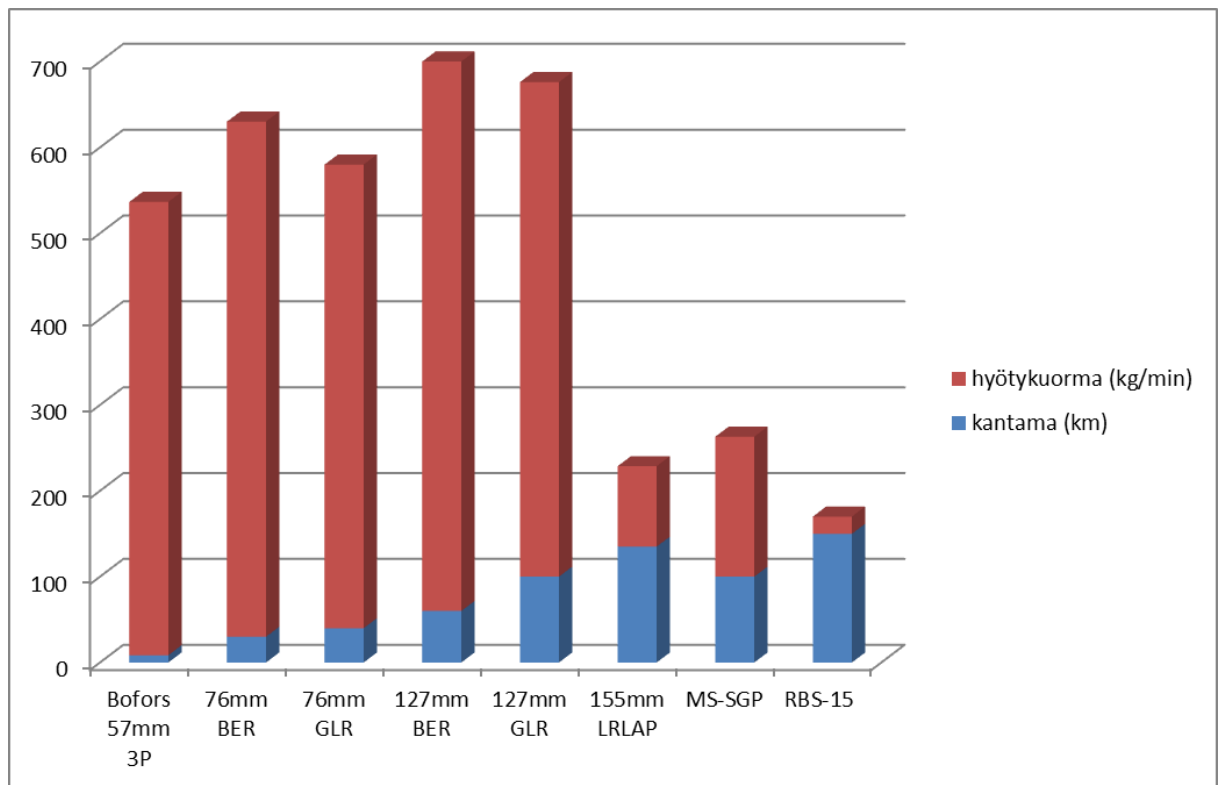
Vaatusmäärittelyä varten vertailtaviksi käyttösovelluksiksi on valittu liitteessä 5 esitelty Bergamini-luokan FREMM fregatit, Baden-Württemberg-luokan fregatit ja Braunschweig-luokan korvetit, Tanskan Absalon ja Norjan Fridtjof Nansen-luokka sekä Yhdysvaltojen Freedom-luokka. Vaikka nämä alusluokat, pois lukien Braunschweig ja Freedom-luokka, vastaavat runkojensa osalta heikosti Suomen merivoimien toimintaympäristön perinteisiä vaatimuksia ja TSTA2020 alukselle asetettuja vaatimuksia, ne edustavat tykkijärjestelmien ja uuden sukupolven ampumatarvikkeiden toteutuneita käyttösovelluksia Itämeren ja Välimeren olosuhteissa. AGS-järjestelmä ja LRLAP ovat edellä mainitusti käytössä vain DDG-1000 luokan hävittäjillä, joten sen vertautuvuus Suomen olosuhteisiin on huono ja asetelma epärealistinen. Raytheonin Excalibur N5 ammusta ei ole vielä saatu valmiiksi, mutta ammus suunnitellaan yhteensopivaksi Mk 45 Mod 4 tykkijärjestelmän kanssa, joten Mk 45 Mod 4 edustaa sekä MS-SGP:tä ja Excalibur N5:tä [6].

Liitteen 5 taulukosta nähdään, että tykkijärjestelmien kaliiperi korreloi varsin suoraan alusten kokoon. Bergaminilla, Baden-Württembergillä ja Absalonilla on käytössä 127 mm keulatykki ja kyky ampua uuden sukupolven ampumatarvikkeita. Bergaminilla (GP-modulaatiolla) on tämän lisäksi 76 mm Super Rapid tykki. Fridtjof Nansen on poikkeus, sillä se on tässä vertailussa ainut fregatti jolla on alle 100 mm keulatykki. Freedom-luokalle, joka kokonsa puolesta asettuu fregatin ja korvetin välimaastoon, hankittiin 57 mm perinteiset keulatykit, kun taas uppoumaltaan puolta pienemmällä Braunschweig-luokalla on 76 mm keulatykki. [60;61;62;63;64;65;66]

Aluksilla, joilla on 127 mm tykki, on lisäksi pienempikaliiperisia CIWS aseita. Absalonilla on kaksi kappaletta Oerlikon Contraves 35 mm GDM08 Millennium järjestelmiä, Baden-Württembergillä kaksi kappaletta 27 mm Rheinmetall/Mauser järjestelmiä ja Bergamini-luokalla lähitorjunnasta vastaa edellä mainittu 76/62 SR Strales tykki [64;65;66].

Vertailtavista alusluokista havaitaan, että alle 100 mm tykkien rooli, mahdollisista uuden sukupolven ampumatarvikkeista huolimatta, on pääasiassa omasuoja-aseistuksena. Vastaavasti 127 mm tykit on hankittu täydentämään alusten pintatorjunta- ja tulitukikykyjä. Aluksen koko luonnollisesti määrittää kantavuuden ja tukevien asejärjestelmien mahdollisen määrän, joten 127 mm tykin sijoittaminen suuremmille aluksille on yksinkertaisempaa. Ristiriitaista on, että pienemmät kaliiperit tarjoavat tehokkaampaa lähitorjuntakykyä mutta vähemmän kokonaisuorituskykyä kuin suuret kaliiperit, joten kompaktin suorituskyvyn näkökulmasta pienemmillekin aluksille voitaisiin valita kantavuuden puitteissa suurempia tykkijärjestelmiä.

### 4.3 Tutkimuksen tulokset



Kuvaaja 1. Hyötykuorman ja kantaman yhteenlaskettu kokonaisarvo.

Kuvaajan 1 havainnollistaa vertailtavien ampumatarvikkeiden tärkeimpien ominaisuuksien eli kantaman ja hyötykuorman suhdetta. Raytheonin Excalibur N5 ampumatarviketta ei ole otettu vertailussa huomioon, sillä siitä ei ole saatavilla riittävästi vertailukelpoisia teknisiä tietoja.

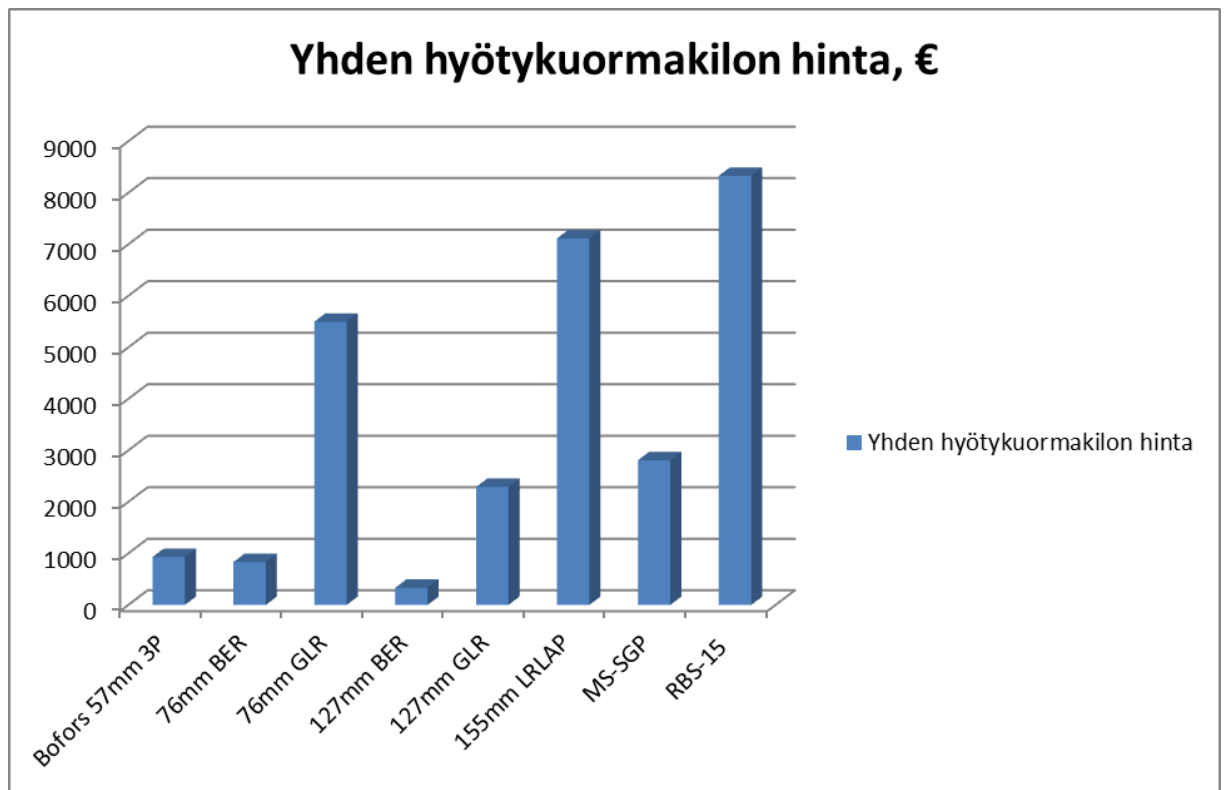
Hyötykuorman arvona on käytetty räjähdemateriaalin ja sirpaloituvien osien yhteismassaa kerrottuna käytettävissä olevalla tulinopeudella eli minuutin tuliannoksella. RBS-ohjuksen vertailutulinopeus on 0,25 ls/min, joka kuvaa ohjuslavettien hyvin rajoitettua ampumatarvikemäärää sekä pitkiä täydennysaikoja suhteessa tykkijärjestelmiin. Todellisuudessa ohjukset laukaistaneen perättäin alle minuutin aikaikkunassa, jonka jälkeen alus lähtee jopa useiden tuntien kestoiselle täydennyskierrökselle. Osumatarkkuuden ja vaikutuksen kohteessa vertailu ei ole tämän tutkimuksen puitteissa mahdollista, sillä osumatarkkuuksista ei ole saatavissa julkista tietoa, ja vaikutus kohteessa on kohdekriittinen arvo. Näiden ominaisuuksien määrittäminen ja vertailu vaativat erillistä jatkotutkimusta.

Kuvaajasta nähdään, että tulinopeutensa ansiosta myös pienikaliiperisilla ampumatarvikkeilla on määrättyssä aikaikkunassa kyky saada aikaan merkittävä vaikutus kohteessa. Kertalaukauksen tehossa pienemmät kaliiperit luonnollisesti häviävät suuremmille ja raskaammille kaliipereille, jolloin kokonaisvaikutuksen arvioinnissa tulisi käyttää aluksen ammuskapasiteettia ja kykyä yhtäjaksoiseen tulitehtävään.

Huomioitavaa on myös se, että suuren hyötykuorman muodostuessa suuresta määrästä ampumatarvikkeita ovat yksittäisen ampumatarvikkeen osumatarkkuus ja osumatodennäköisyys irrelevantimpia tekijöitä kuin suurempien, pienemmän volyymin ampumatarvikkeiden kanssa. Tässä suhteessa kaikilla uuden sukupolven ampumatarvikkeilla on parempi todennäköisyys päästä vaikuttamaan kohteeseen kuin pintatorjuntaohjuksella.

Hyötykuorman ulottaminen kaukana sijaitsevaan viholliseen ei pienillä kaliipereilla ole mahdollista, sillä kantamassa ne eivät vastaa vertailun muita ampumatarvikkeita. 76 mm Vulcano BER ja GLR ammusten tavoitteelliset kantamat, 30 ja 40 kilometriä, ovat silti tavanomaisiin Bofors 3P ammuksiin verrattuna moninkertaisia. Parhaimmaksi ampumatarvikkeeksi tässä vertailussa osoittautuu 127 mm Vulcano GLR, jonka 100 kilometrin kantama yhdistettynä kaliiperiin nähden suureen 32 ls/min tulinopeuteen ja ammuksen kokoon nähden suureen 18 kilogramman hyötykuormaan saavuttaa parhaimman kokonaisarvon. On kuitenkin huomioitava, että valmistaja ilmoittaa viimeisimmissä julkaisuissa pintamaaliin ammuttavan Vulcano ammuksen (anti-ship role) maksimikantamaksi 80 kilometriä; sadan kilometrin kantama taas toteutuu tulitukitehtävään tarkoitettulla ammuksella [Liite 9]. Syytä siihen, miksei tulitukitehtävään (fire support role) tarkoitettua ammusta voisi ampua pinta-alukseen, ei valmistajan puolelta kerrota.





Kuvaaja 2. Yhden hyötykuormakilon hinta, euroissa.

Kuvaajassa 2 vertaillaan ampumatarvikkeiden hyötykuormakilojen hintoja. Arvo kuvaa vaikuttamisen kustannustehokkuutta. Ehdottomasti kalleimmiksi nousevat RBS ja LRLAP. RBS-ohjuksen hintana on käytetty 2 miljoonan dollarin (1 600 000€) hankintahinta-arviota, joka perustuu ominaisuuksiltaan vastaavan SeaHarpoon-ohjuksen hankintahintoihin [67]. Tulosten varteenotettavuuden kannalta on huomioitava, että ohjuksen hyväksi tutkimuksessa on käytetty hankintahintahaarukan (2 000 000\$ - 8 000 000\$) alarajaa eikä keskiarvoa.

Kolmanneksi kallein ampumatarvike tässä kuvaajassa on 76 mm Vulcano GLR, ja neljänneksi nousee MS-SGP. Taloudellisimpia uuden sukupolven ampumatarvikkeita ovat Vulcano ammusten BER versiot sekä 127 mm GLR.

LRLAP ei pitkästä kantamastaan huolimatta tee huomattavaa eroa pintatorjuntaohjukseen kustannustehokkuudessa. Samoihin teknisiin ratkaisuihin perustuva MS-SGP häviää vertailussa ilmeisimmin monimutkaisen rakenteensa aiheuttamien kustannusten sekä matalan tulinopeuden vuoksi. Monimutkainen rakenne tekee ampumatarvikkeesta paitsi kalliin, myös pienentää hyötykuormaa, sillä rakettimoottorin paino ei kontribuoi iskun tehokkuuteen ainakaan maksimietäisyyksillä. Bofors 3P pärjää vertailussa varsin hyvin tulinopeutensa ja edullisuutensa ansiosta, mutta arvot kuvaavat pienen kantaman vuoksi vain lähitorjunnan

tehokkuutta. Kun huomioidaan lisäksi ohjautumattomuus, voidaan todeta, ettei 3P ammus vastaa suorituskyvyltään lainkaan uuden sukupolven ammuksia.

Näin ollen vaikuttamis- ja kustannustehokkuudeltaan paras ampumatarvike on 127 mm Vulcano. Lopputulosta tukevat osin myös esimerkkialusten aseistus sekä maailmalla tehdyt asejärjestelmähankinnat, kuten Baden-Württemberg-luokan ja Intian uusien Shivalik-luokan fregattien sekä Delhi-luokan hävittäjien varustaminen tarjouskilpailun perusteella juuri 127/64 LW tykkijärjestelmällä [68]. Monipuolisuutensa sekä vaikuttamistehokkuutensa ansiosta 76 mm Vulcano on myös vahvoilla vertailussa, vaikka se kokonaiskustannustehokkuudessa ja kantamassa häviääkin suuremmille ampumatarvikkeille. Toisaalta 76/62 SR tykkijärjestelmä on vertailtavista ainut, johon on saatavilla useampi kuin yksi uuden sukupolven ampumatarvike. Lisäksi huomioitaessa asejärjestelmän kevyempi rakenne ja laajasta käyttäjästatuksesta pääteltävissä oleva luotettavuus sekä monipuolinen käytettävyys voidaan se todeta sopivimmaksi järjestelmäkokonaisuudeksi TSTA2020 hankkeen näkökulmasta.

#### 4.4 Pohdinta

Itämeren oloissa sadan kilometrin kantama tykistöaseistuksella luo varteenotettavan, vaikeasti torjuttavan ja paikallistettavan uhan mille tahansa toimijalle. Kansainvälisessä kriisinhallintakentässä monipuolinen tykkiaseistus tuo uusia mahdollisuuksia voimankäyttöön myös eivaltioollista, asymmetristä toimijaa vastaan.

Uuden sukupolven ampumatarvikkeet eivät ole vakuuttavasta suorituskyvystään huolimatta korvaava vaan täydentävä pintatorjunta-asejärjestelmä, kuten vertailuista esimerkkialuksista on havaittavissa. Vaikkakin uuden sukupolven ampumatarvikkeet häviävät kertaluontoisessa tehokkuudessa ja kantamassa etenkin uusimmille pintatorjuntaohjuksille, ne ovat silti kustannustehokkuudeltaan ja monipuolisuudeltaan merkittävä järjestelmä, joka antaa enemmän mahdollisuuksia pintavaikuttamiseen sulkematta pois konventionaalisia ampumatarvikkeita.

Suuret ja verrattain hitaat meritorjuntaohjukset ovat todella kalliita ja helpommin torjuttavissa omasuoja-aseistuksella. Yhden AGM-84 Harpoon – perheen ohjuksen hankintahinnan vaihdella hankinnan kappalemäärästä ja mallista riippuen 2 ja 8 miljoonan USD välillä [67] saadaan siis yhden ohjuksen hinnalla karkeasti 40 – 160 pitkän kantaman ohjautuvaa tai 250 – 1 000 ohjautumatonta pitkän kantaman Vulcano ampumatarviketta. Mietittäessä vaikutusta

kohteessa voidaan uuden sukupolven ampumatarvikkeiden suurimmaksi eduksi kantaman lisäksi laskea valtava volyyymi, jolla kohde kyllästetään. Esimerkiksi maalinosoituksen epätarkkuus ei välttämättä ole este torjunnalle, jos torjunta suoritetaan tykistöpeittona. Lisäksi ampumatarvikkeiden loppulähestymiskulma on uudenlainen uhka merellisille pintamaaleille, jotka ovat pääasiassa harjautuneet havaitsemaan merenpintaa viistäviä torjuntaohjuksia.

Uuden sukupolven ampumatarvikkeiden tehokkuus kohteessa perustuu, ainakin pääasiassa, sirpalevaikutukseen, eikä niillä siten kyetä upottamaan vastustajan alusta. Sirpalekranaateillaakin pystytään kuitenkin tuhoamaan komentosilta sekä sensorijärjestelmät kuten tutka-antennit, laser-ilmaisimet, elektro-optroniset järjestelmät ja merenkulkulaitteet, jolloin vastustajan alus on kyvytön navigoimaan ja käyttämään asejärjestelmiään. Yhteisvaikutus ohjustulenkäytön kanssa mahdollistaisi lähes varman upotuksen, sillä vastustajan vastatoimet kyettäisiin kyllästämään tai neutralisoimaan tykistötulella ja toimintakyvytön alus upottamaan ohjustulella.

Lisäksi uuden sukupolven ampumatarvikkeet soveltuvat erinomaisesti rannikko- ja asutuskeskusjoukkojen tulitukeen. Ohjukset ovat kyseiseen tehtävään kestävämmän hintaisia ja määrällisesti niin rajoitettuja, että niiden käyttäminen maamaaleihin olisi kriisitilanteessa käytännössä mahdotonta. Uuden sukupolven ampumatarvikkeet sen sijaan mahdollistaisivat liikkuvan, oman tehtävän ohessa annettavan ja tehokkaan tulituen, sillä esimerkiksi elävää voimaa vastaan ammusten sirpalevaikutus ja sen laaja vaikutusala ovat optimaalisia.

Tutkimuksen tuloksia tarkastelemalla voidaan todeta, että 76 mm – 127 mm kokoluokan uuden sukupolven ampumatarvikkeista Vulcano - ammuksat soveltuvat laivateknisten ominaisuuksien rajoissa erinomaisesti lähes minkä tahansa aluksen pintatorjunta-aseistukseksi. Raketin- ja liito-ominaisuuksien yhdistelmää hyödyntävien ampumatarvikkeiden suuri koko, korkeampi hinta ja rajoittunut tulinopeus tekevät niistä selkeästi huonomman ratkaisun muuhun kuin suurvaltaläivastojen tulitukiaseistukseksi. Suomen olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin soveltuvimman ampumatarvikkeen määrittely edellyttää vielä useiden osatekijöiden kuten tarkkuuden, luotettavuuden, huollettavuuden, yhteensopivuuden ja hankkeen kokonaiskustannusten arviointia ja tutkimista. TSTA2020:lle sopivimman järjestelmän määrittäminen edellyttää kattavaa jatkotutkimusta eritoten osana puolustusvoimien kokonaisvaikuttamisen konseptia. Uuden sukupolven ampumatarvikkeiden vertailu edellyttää myös uutta tarkastelua ampumatarvikkeiden saavuttaessa täysimittaisen tuotannon ja operatiivisen valmiuden.

## LÄHTEET

- [1] Maunu, Camilla. *Kenttätykistön erikoisampumatarvikkeiden käyttö suomalaisissa olosuhteissa*. Pro gradu. Helsinki, 2006. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos. 116 s.
- [2] United States Government Accountability Office. *Defense acquisitions: Assessments of selected major weapon programs. Report to congressional committees*. DIANE publishing, GAO-05-310. Maaliskuu 2005.
- [3] LaGrone, Sam. *Navy League: BAE Systems proposes AGS 'lite' for fire support*. IHS Jane's, Signals, 2011. Posted 11.4.2011. [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1208581&Pubabbrev=JNI>
- [4] Diehl Defence. *Strategic Alliance between Oto Melara and Diehl Defence on Ammunition* [verkojulkaisu]. Diehl Defence, Unternehmensnews. 2012. Viitattu 6.4.2014. Saatavissa: <http://www.diehl.com/en/nc/diehl-defence/press/strategic-alliance-between-otomelara-and-diehl-defence-on-ammunition/557/2012/06/4.html>
- [5] Fish, Tim. *Raytheon claims ERGM cancellation is 'premature'*. IHS Jane's, Signals, 2008. Posted 26.3.2008. [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1206019&Pubabbrev=JNI>
- [6] IHS Jane's. *Special delivery: assessing options for naval land attack*. Jane's Navy International, 2014. Posted 31.03.2014 [viitattu 11.5.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1706682&Pubabbrev=JNI>
- [7] Hannula, H. *Tykistön kantaman kasvattaminen*. Pro gradu. Helsinki, 2013. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos. 84.

- [8] Suntio, T. *Laivatykistön uusien ampumatarvikkeiden tuomat tekniset uudistukset ja mahdollisuudet*. Kandidaatintutkielma. Helsinki, 2005. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos. 25 s.
- [9] Richardson, Doug. *LRLAP completes qualification testing*. London: IHS Jane's Missiles & Rockets, TACTICAL 2013. Posted 3.10.2013 [viitattu 6.4.2014].  
Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1588669&Pubabbrev=JMR>
- [10] Oto Melara, a Finmeccanica Company, Main office: "*Vulcano*" system 127mm Ballistic Extended Range (BER) and Guided Long-Range (GLR) [verkkójulkaisu]. 2013. Viitattu: 6.4.2014. Saatavissa:  
[http://www.otomelara.it/documents/1287567/3805766/body\\_VULCANO\\_127mm\\_REV2013.pdf](http://www.otomelara.it/documents/1287567/3805766/body_VULCANO_127mm_REV2013.pdf)
- [11] Huhtanen, J. *Suomi pohtii sota-alusten tekoa Ruotsin kanssa* [verkkójulkaisu]. Helsingin Sanomat, 2014. Maaliskuu 18. Viitattu 6.4.2014. Saatavissa:  
<http://www.hs.fi/kotimaa/Suomi+pohtii+sota-alusten+tekoa+Ruotsin+kanssa/a1395041572376>
- [12] Huhtanen, J. *Merivoimat haluaa nopeita ja hiljaisia sotalaivoja* [verkkójulkaisu]. Helsingin Sanomat, 2014. Lokakuu 18. Viitattu 14.1.2015. Saatavissa:  
<http://www.hs.fi/kotimaa/a1413525068363>
- [13] Scott, Richard. *Navies seek precision punch*. IHS Jane's International Defence Review 2012. Posted 30.8.2012 [viitattu 6.4.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1520256&Pubabbrev=IDR>
- [14] Peruzzi, Luca. *Germany selects Oto Melara guns for F125 frigate*. IHS Jane's Navy International 2007. Posted 5.4.2007 [viitattu 6.4.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1203417&Pubabbrev=JNI>

- [15] Merivoimat: *Suomen sotilaallinen puolustaminen* [verkkojulkaisu]. Julkaistu 25.11.2009. Muokattu 7.10.2013 [viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: <http://goo.gl/IP2vX9>
- [16] Merivoimat: *Hämeenmaa-luokka* [verkkojulkaisu]. Julkaistu 17.1.2011. Muokattu 15.1.2014 [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: <http://goo.gl/TJM06r>
- [17] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas. 1.painos. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy, 2001. 391 s. ISBN 951-25-1277-7.
- [18] Grahame, Arthur: *The Evolution of Naval Guns and Armour*. Popular Science, 1943, Vol. 143, no. 6, p. 51-57. ISSN 0161-7370.
- [19] *Yamato-class battleship*. Wikipedia. Muokattu 21.3.2014 [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Yamato-class\\_battleship](http://en.wikipedia.org/wiki/Yamato-class_battleship)
- [20] *40 cm/45 Type 94 naval gun*. Wikipedia. Muokattu 17.3.2014 [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/40\\_cm/45\\_Type\\_94](http://en.wikipedia.org/wiki/40_cm/45_Type_94)
- [21] IHS Jane's. *NAVAL GUNS BACK ON THE FIRING LINE*. USA: International Defence Review, Upgrade Updates, 1995. Posted 1.9.1995 [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1613551&Pubabbrev=IDR>
- [22] IHS Jane's. *Wisconsin in Service*. Jane's Defence Weekly, 1988. Posted 29.10.1988 [viitattu 17.4.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1630160&Pubabbrev=JDW>
- [23] Starr, Barbara. *GOODBYE TO THE BIG GUNS* [verkkojulkaisu]. Jane's Defence Weekly, 15.2.1992. Viitattu 17.4.2014. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1642555&Pubabbrev=JDW>

- [24] IHS Jane's. *Bofors SAK 57 L/70; BAE Systems 57 mm Mk 3 (BAE Systems Bofors 57 mm Mk 110)*. Jane's Naval Weapon Systems, 2013. Posted 25.9.2013 [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1316298&Pubabbrev=JNWS>
- [25] IHS Jane's. *57 × 438 R Ammunition for Bofors SAK 57 guns*. Sweden: Jane's Ammunition Handbook, 20 TO 57 MM CANNON, 2013. Posted 31.1.2013 [viitattu 4.5.2014]. Saatavissa:  
[https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1333007&Pubabbrev=JAH\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1333007&Pubabbrev=JAH_)
- [26] IHS Jane's. *40 mm Bofors L/70 (SAK 40L/70-315/350/520); Bofors 40 mm Mk 3; SAK 40 L/70 Mk 3; Oto Melara Twin 40L70 (Compact Naval Mount)/106/107/520/564/Daewoo Vespa 40 mm L/70k(T); NADM 330; Fath. Jane's Weapons: Naval, GUNS*, 2013. Posted 23.10.2013 [viitattu 4.5.2014]. Saatavissa:  
[https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1499637&Pubabbrev=JNW\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1499637&Pubabbrev=JNW_)
- [27] Scott, Richard. *Flexible 57 mm firepower trains on littoral targets*. Swede, USA: International Defence Review, 2013. Posted 2.10.2013 [viitattu 4.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1588524&Pubabbrev=IDR>
- [28] BAE Systems. *BOFORS 3P programmable ALL-TARGET AMMUNITION* [verkköjulkaisu]. Global Combat Systems-Weapons, Technical Data Sheet. BAE Systems Communication Department 2011. Viitattu 8.5.2014. Saatavissa:  
[http://www.baesystems.com/page/search?sparam=57&\\_adf.ctrl-state=19shtcwky\\_61&\\_afrLoop=530613393918000&\\_afrWindowMode=0&\\_afrWindowId=19wr8q2uh2\\_1#!%40%40%3Fsparam%3D57%26\\_afrWindowId%3D19](http://www.baesystems.com/page/search?sparam=57&_adf.ctrl-state=19shtcwky_61&_afrLoop=530613393918000&_afrWindowMode=0&_afrWindowId=19wr8q2uh2_1#!%40%40%3Fsparam%3D57%26_afrWindowId%3D19)

wr8q2uh2\_1%26\_afrLoop%3D530613393918000%26\_afrWindowMode%3D0  
%26\_adf.ctrl-state%3D19wr8q2uh2\_73

- [29] IHS Jane's. *New ammunition improves gun performance*. International Defense Review, Upgrade Update, 2002. Posted 24.10.2002 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1101437&Pubabbrev=IDR>
- [30] IHS Jane's. *LRLAP development contracts awarded*. Jane's Missiles and Rockets, Tactical, 2000. Posted 2.10.2000 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1679599&Pubabbrev=JMR>
- [31] Scott, Richard. *Vulcano and V-kit demonstrated from Italian frigate*. London: IHS Jane's, Jane's Defense Weekly, 2014. Posted 24.3.2014 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1705925&Pubabbrev=JDW>
- [32] Fein, Geoff. *LRLAP projectile nears end of qualification phase on successful test*. USA: IHS Jane's, International Defense Review, Weapons and Equipment, 2013. Posted 12.7.2013 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1580215&Pubabbrev=IDR>
- [33] Oto Melara. "*Vulcano*" 76mm. *Long range high accuracy ammunition family* [verkkojulkaisu]. Oto Melara, a Finmeccanica Company, Main office. Rooma, Italia. 2013. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:  
[http://www.otomelara.it/documents/1287567/3805308/body\\_VULCANO\\_76\\_mm\\_REV2013.pdf](http://www.otomelara.it/documents/1287567/3805308/body_VULCANO_76_mm_REV2013.pdf)
- [34] Oto Melara. *76/62 Super Rapid gun mounting* [verkkojulkaisu]. Oto Melara, a Finmeccanica Company, Main office Rooma, Italia. 2013. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa:



[http://www.otomelara.it/documents/1287567/3808381/body\\_76\\_62\\_sr\\_rev\\_2013\\_1.pdf](http://www.otomelara.it/documents/1287567/3808381/body_76_62_sr_rev_2013_1.pdf)

- [35] Oto Melara. *127/64 LW Vulcano System*. Oto Melara, a Finnmeccanica Company, Main Office. Rooma, Italia 2013. [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: [http://www.otomelara.it/documents/1287567/4360228/body\\_127\\_64LW\\_rev2013.pdf](http://www.otomelara.it/documents/1287567/4360228/body_127_64LW_rev2013.pdf)
- [36] IHS Jane's. *Oto Melara 127/54 'Compatto'/Oto Melara 127/54 'Alleggerito'/Oto Melara 127/64 Light Weight Vulcano* [verkkojulkaisu]. Jane's Naval Weapon Systems, GUNS AND ROCKET LAUNCHERS, 2014. Posted 06.05.2014 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1316285&Pubabbrev=JNWS>
- [37] Talay, Theodore A. *INTRODUCTION TO THE AERODYNAMICS OF FLIGHT [NASA SP-367]*. Washington, D.C.: NASA, Langley Research Center, Scientific and Technical Information Office, 1975. 198 s. 1975NASSP.367.....T
- [38] Pengelley, Rupert. *Vulcano long-range ammunition family moves onto a firmer footing*. IHS Jane's, International Defense Review, Special Report, 2012. Posted 15.8.2012 [viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1517591&Pubabbrev=IDR>
- [39] Pengelley, Rupert. *Italy goes it alone with Vulcano*. IHS Jane's, International Defense Review, Weapons and Equipment, 2011. Posted 1.4.2011 [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1107850&Pubabbrev=IDR>
- [40] Richardson, Doug. *Vulcano SAL-guided ammunition scores direct hit at 33 km* [verkkojulkaisu]. Jane's Missiles and Rockets, TACTICAL, 2013. Posted 25.7.2013 [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa:

<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1581229&Pubabbrev=JMR>

- [41] Scott, Richard. *First DART production lot completes firing trials* [verkköjulkaisu]. Jane's Navy International, SIGNALS, 2014. Posted 17.4.2014 [viitattu 26.1.2015]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1708506&Pubabbrev=JNI>
- [42] BAE Systems, Inc. *155-MM LONG RANGE LAND ATTACK PROJECTILE (LRLAP)* [verkköjulkaisu]. BAE Systems Communication Department, 2011. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa:  
[http://www.baesystems.com/product/BAES\\_020036/155-mm-long-range-land-attack-projectile-lrlap?\\_afrLoop=134227160127000&\\_afrWindowMode=0&\\_afrWindowId=kga0xdrou\\_293#%40%3F\\_afrWindowId%3Dkga0xdrou\\_66%26\\_afrLoop%3D134227160127000%26\\_afrWindowMode%3D0%26\\_adf.ctrl-state%3Dkga0xdrou\\_150](http://www.baesystems.com/product/BAES_020036/155-mm-long-range-land-attack-projectile-lrlap?_afrLoop=134227160127000&_afrWindowMode=0&_afrWindowId=kga0xdrou_293#%40%3F_afrWindowId%3Dkga0xdrou_66%26_afrLoop%3D134227160127000%26_afrWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3Dkga0xdrou_150)
- [43] Richardson, Doug. *LRLAP completes live-fire tests*. IHS Jane's, Jane's Missiles & Rockets, TACTICAL, 2011. Posted 04.10.2011 [viitattu 17.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1201484&Pubabbrev=JMR>
- [44] IHS Jane's. *LRLAP shell flies for 109km*. Jane's Missiles and Rockets, TACTICAL, 2005. Posted 06.07.2005 [viitattu 11.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1199462&Pubabbrev=JMR>
- [45] IHS Jane's. *155 mm Advanced Gun System (AGS)/Advanced Gun System - Lite (AGS-L)*. Jane's Naval Weapons, GUNS AND ROCKET LAUNCHERS, 2014. Posted 07.02.2014 [viitattu 11.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1316381&Pubabbrev=JNWS>

- [46] Fein, Geoff. *BAE Systems scores successful first test of its 5-inch projectile* [verkkojulkaisu]. IHS Jane's, Jane's Defense Weekly, 2013. Posted 02.07.2013 [viitattu 11.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1579209&Pubabbrev=JDW>
- [47] Inspector General, Department of Defense. *Acquisition: Audit of the Extended Range Guided Munition Program*. 2005. Report No. D-2005-078, s. 1—25 [viitattu 11.5.2014]. Saatavissa:  
<http://www.dodig.mil/audit/reports/FY05/05-078.pdf>
- [48] Fein, Geoff. *BAE Systems' LRLAP wraps up live fire testing*. IHS Jane's, Jane's Navy International, SIGNALS, 2013. Posted 26.9.2013 [viitattu 24.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1587858&Pubabbrev=JNI>
- [49] Wagstaff-Smith, Keri. *Industry team develops long-range guided munitions for USN*. IHS Jane's, Jane's Defence Industry, 2008. Posted 2.7.2008 [viitattu 17.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1144066&Pubabbrev=JDIN>
- [50] Fein, Geoff. *BAE Systems scores successful first test of its 5-inch projectile*. IHS Jane's, Jane's Defence Weekly, The Americas, 2013. Posted 2.7.2013. [viitattu 24.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1579209&Pubabbrev=JDW>
- [51] BAE Systems, Inc. *MULTI-SERVICE STANDARD GUIDED PROJECTILE (MS-SGP)*. BAE Systems Land and Armaments, 2013. [viitattu 24.5.2014]. Saatavissa:  
[http://www.baesystems.com/product/BAES\\_157359/5-multi-service---standard-guided-projectile](http://www.baesystems.com/product/BAES_157359/5-multi-service---standard-guided-projectile)

- [52] Raytheon Company. *Bulletproof Electronics Put the Punch in Guided Artillery Shell*. Raytheon Company. 870 Winter Street, Waltham Massachusetts 02451, USA, 2014. [viitattu 29.6.2014]. Saatavissa:  
[http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rms14\\_precision\\_projectile.html](http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rms14_precision_projectile.html)
- [53] Stewart, Nicole. *Raytheon's Excalibur Ib demonstrates production maturity and effectiveness in milestone test event*. Raytheon Company. New Delhi, Intia, 2014. [viitattu 29.6.2014]. Saatavissa:  
<http://raytheon.mediaroom.com/index.php?s=43&item=2517>
- [54] IHS Jane's. *155 mm M982 Excalibur projectile* [verkkojulkaisu]. Jane's Ammunition Handbook, FIELD ARTILLERY, 2014. Posted 4.7.2014 [viitattu 31.8.2014]. Saatavissa:  
[https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1333120&Pubabbrev=JAH\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1333120&Pubabbrev=JAH_)
- [55] Gourley, Scott R. *Raytheon conducts first Excalibur Ib guided firings* [verkkojulkaisu]. IHS Jane's, Jane's Missiles and Rockets, TACTICAL, 2009. Posted 29.6.2009 [viitattu 24.5.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1200346&Pubabbrev=JMR>
- [56] Jane's Strategic Weapon Systems. *RBS-15*. IHS Jane's, Jane's Strategic Weapons Systems, OFFENSIVE WEAPONS, 2014. Posted 6.2.2014 [viitattu 8.7.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1316761&Pubabbrev=JSWS>
- [57] Jane's Defence Weekly. *Finland to upgrade RBS 15*. IHS Jane's, Jane's Defence Weekly, EUROPE, 2001. Posted 25.6.2001 [viitattu 8.7.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1160702&Pubabbrev=JDW>

- [58] Merivoimat. *Meripuolustuksen operatiivinen konsepti 2025, MERIOK 2025*, versio 1.0. Turku, 14.2.2012. Merivoimien esikunta, suunnitteluosasto. TLL IV 14 s.
- [59] Kari M., Hakala A., Pääkkönen E., Pitkänen M. *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025, STAE 2025 osa 2 Puolustusjärjestelmien kehitys*. Julkaisuja 15. Helsinki: Edita Prima Oy, 2008. 279 s. ISBN 978-951-25-1891-3.
- [60] IHS Jane's. *Freedom class littoral combat ship flight 0*. Jane's Fighting Ships, FRIGATES, 2014. Posted 29.04.2014 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1357098&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1357098&Pubabbrev=JFS_)
- [61] Luca Peruzzi. *Setting course for delivery: first impressions of Italy's FREMM frigate*. IHS Jane's, Jane's Navy International, ANALYSIS, 2012. Posted 16.10.2012 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1525049&Pubabbrev=JNI>
- [62] IHS Jane's. *Braunschweig (K130) class*. Jane's Fighting Ships, CORVETTES, 2013. Posted 31.12.2013 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1355526&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1355526&Pubabbrev=JFS_)
- [63] IHS Jane's. *Fridtjof Nansen class*. Jane's Fighting Ships, FRIGATES, 2014. Posted 19.2.2014 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1353975&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1353975&Pubabbrev=JFS_)
- [64] IHS Jane's. *Absalon class*. Jane's Fighting Ships, AUXILIARIES, 2013. Posted 31.12.2013 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1355462&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1355462&Pubabbrev=JFS_)

- [65] IHS Jane's. *Baden-Württemberg (Type 125) Class*. Jane's Fighting Ships, FRIGATES, 2014. Posted 17.7.2014 [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1357283&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1357283&Pubabbrev=JFS_)
- [66] IHS Jane's. *Bergamini class*. Jane's Fighting Ships, FRIGATES, 2014. Posted 18.7.2014. [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1356704&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1356704&Pubabbrev=JFS_)
- [67] IHS Jane's. *AGM-84 Harpoon*. Jane's Air-Launched Weapons, AIR-TO-SURFACE MISSILES - ANTI-SHIP, 2014. Posted 28.8.2014 [viitattu 16.11.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1306852&Pubabbrev=JALW>
- [68] IHS Jane's. *Indian Navy selects Oto Melara 127/64 LW Gun*. Jane's Defence Weekly, ASIA PACIFIC, 2015. Posted 5.1.2015 [viitattu 16.1.2015]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1732780&Pubabbrev=JDW>
- [69] IHS Jane's. *Oto Melara 76/62 mm (MMI; Compact; 76 mm Super Rapid; 76 mm Mk 75; 76 mm Mk 75 Mod.2; 76 mm AD; 76 mm IROF; 76 mm STRALES; Fajr 27); DART Ammunition 3AP fuze*. IHS Jane's, Weapons: Naval, GUNS, 2014. Posted 29.7.2014 [viitattu 31.8.2014]. Saatavissa: [https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1499799&Pubabbrev=JNW\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1499799&Pubabbrev=JNW_)
- [70] IHS Jane's. *Mk 45 Single 5 in L/54 Gun Mount Mod 0-2/Mk 45 Single 5 in L/62 Gun Mount Mod 4*. Jane's Naval Weapon Systems, GUNS AND ROCKET LAUNCHERS, 2014. Posted 7.2.2014 [viitattu 31.8.2014]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1316306&Pubabbrev=JNWS>

- [71] IHS Jane's. *LRLAP guided round committed to rapid development*. Jane's Missiles and Rockets, TACTICAL SURFACE-TO-SURFACE, 2003. Posted 23.7.2003 [viitattu 31.8.2014]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1198512&Pubabbrev=JMR>
- [72] IHS Jane's. *Zumwalt (DDG 1000) class*. Jane's Fighting Ships, DESTROYERS, 2014. Posted 29.4.2014 [viitattu 20.1.2015]. Saatavissa:  
[https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1356931&Pubabbrev=JFS\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1356931&Pubabbrev=JFS_)
- [73] Merivoimien esikunta. BAE Systems Bofors 57 3P, vastaus Merivoimien tarjouspyyntöön RFQ10/507/010. 6.4.2010.
- [74] Merivoimien esikunta. BAE Systems Bofors 57 3P, tekninen spesifikaatio dokumenttinumero 02821391.
- [75] Sähköpostikeskustelu. Lauri Vasankari, Sarah Lundgren; External Communications Specialist BAE Systems, Land & Armaments. 28.5.2014. Lähde tekijän hallussa.
- [76] Sähköpostikeskustelu. Lauri Vasankari, Marina Magnani & Marco Brogi; Oto Melara. 13.4.2014. Lähde tekijän hallussa.
- [77] IHS Jane's. *127 mm Vulcano guided round for Oto Melara 127/54 and 127/64 naval guns*. Jane's Ammunition Handbook, NAVAL AND COASTAL DEFENCE GUNS, 2015. Posted 26.2.2015 [viitattu 20.3.2015]. Saatavissa:  
[https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1737289&Pubabbrev=JAH\\_](https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1737289&Pubabbrev=JAH_)
- [78] Peruzzi, Luca. *IDEX 2015: OTO Melara looks to boost Vulcano capability and numbers*. Jane's International Defence Review, WEAPONS AND EQUIPMENT, 2015. Posted 22.2.2015 [viitattu 20.3.2015]. Saatavissa:  
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1736679&Pubabbrev=IDR>

[79] Fein, Geoff. *Surface Navy 2015: Raytheon to conduct live Excalibur N5 maritime projectile test, and considers dual mode seeker*. Jane's Navy International, SIGNALS, 2015. Posted 20.1.2015 [viitattu 21.3.2015]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1734021&Pubabbrev=JNI>



## **LIITTEET**

Liite 1. Oto Melara 127 mm series: deployment

Liite 2. Mk 45: deployment

Liite 3. Oto Melara 76/62 mountings: deployment

Liite 4. Ampumatarvikkeiden vertailutaulukko

Liite 5. Mallialusten tekniset tiedot

Liite 6. Ampumatarvikkeiden kappalehinnat

Liite 7. MS-SGP valmistajan esite

Liite 8. Ampumatarvikkeiden soveltuvuuden taulukkoarvot, 3 sivua

Liite 9. Vulcano-ammusten rakenne avattuna

Liite 10. Yhdysvaltalaisien ERGM ammusten operatiivinen konseptikuva

**OTO MELARA 127 MM SERIES: DEPLOYMENT**

Table 1: <b>Oto Melara</b> 127 mm series: deployment				
Country	Class/Ship	Type	Mountings	Fire control
Algeria	MEKO A-200	FF	1 <b>Vulcano</b>	Ceros 200
Argentina	<i>Almirante Brown</i> (MEKO 360)	DD	1 Compatto	WM 25
Germany	Baden-Württemberg (Type 125)	FF	1 <b>Vulcano</b>	TRS-3D
Italy	<b>De La Penne</b> <sup>1</sup>	DD	1 Compatto	NA 30
	Bergamini (FREMM)	FF	1 <b>Vulcano</b>	NA 25XP
	Maestrale	FF	1 Compatto	NA 30
	<b>Artigliere</b> <sup>2</sup>	FF	1 Compatto	NA 21
Japan	Kongou	DD	1 Compatto	Type 2-21
	Takanami	DD	1 Compatto	Type 2-31B
Korea, South	Kwanggaeto Daewang (KDX-1)	DD	1 Compatto	SSCS Mk 7
Netherlands	De Zeven Provinciën	FF	1 Compatto	APAR
Nigeria	<i>Aradu</i> (MEKO 360)	FF	1 Compatto	M20 series
Peru	Aguirre (Lupo)	FF	1 Compatto	NA 10
	Carvajal (Mod Lupo)	FF(CG)	1 Compatto	NA 21
Venezuela	Mod Lupo	FF	1 Compatto	IPN-10
<p><b>Notes</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>127/54 Compact mountings in the De La Penne class are to receive modifications to achieve <b>Vulcano</b> compatibility.</li> <li>The 127/54 Alleggerito is fitted in ITS <i>Bersagliere</i> .</li> </ol>				

**MK 45: DEPLOYMENT**

Table 1: Mk 45: deployment				
Country	Ship/Class	Type	Mountings	Fire-control
Australia	Hobart	DD	1 Mk 45 Mod 4	Aegis
	Anzac (MEKO 200)	FF	1 Mk 45 Mod 2	9LV Mk 3
Denmark	Absalon	Aux	1 Mk 45 Mod 4	C-Flex
Greece	Hydra (MEKO 200)	FF	1 Mk 45 Mod 2	SEWACO
Japan	Atago	DD	1 Mk 45 Mod 4	Mk 2/21
	Akizuki	DD	1 Mk 45 Mod 4	Melco FCS 3
Korea, South	KDX-2	DD	1 Mk 45 Mod 4 (KMK45)	KDCom 2/STIR
	Sejong Daewang (KDX-3)	DD	1 Mk 45 Mod 4 (KMK45)	Aegis
	Incheon	FF	1 Mk 45 Mod 4	To be confirmed
New Zealand	Anzac (MEKO 200)	FF	1 Mk 45 Mod 2	9LV Mk 3
Spain	Alvaro de Bazán	DD	1 Mk 45 Mod 2	Dorna
Taiwan	Keelung (Kidd)	DD	2 Mk 45 Mod 0	Mk 86
Thailand	Naresuan	FF	1 Mk 45 Mod 2	STIR/Ceros 200
Turkey	Yavuz (MEKO 200)	FF	1 Mk 45 Mod 1	WM25
	Barbaros (Mod MEKO 200)	FF	1 Mk 45 Mod 2	Tacticos
US	Ticonderoga (CG 47)	CG	2 Mk 45 Mod 2/4 <sup>1</sup>	Aegis/Mk 86
	Arleigh Burke Flights I/II (DDG 51)	DD	1 Mk 45 Mod 2 <sup>2</sup>	Aegis/Mk 34
	Arleigh Burke Flight IIA (DDG 79)	DD	1 Mk 45 Mod 2/4 <sup>3</sup>	Aegis/Mk 34

## Notes:

1. Mod 1 with Mod 2 standard control system. The Cruiser Modernisation Programme will see all mounts upgraded to Mod 4.
2. Mounts are likely to be upgraded to Mod 4 in due course.
3. The first two Arleigh Burke Flight IIA ships have Mod 2 but from the USS *Winston S Churchill* (DDG 81) onwards the Mod 4 is installed.

**OTO MELARA 76/62 MOUNTINGS: DEPLOYMENT**

Table 1: Oto Melara 76/62 mountings: deployment					
Country	Class	Type	Mountings	Fire-control	
Italy <sup>3</sup>	<i>Cavour</i>	CV	2 Super Rapid - STRALES	-	
	Andrea Doria (Horizon)	DD	3 Super Rapid	RTN 25	
	De La Penne	DD	3 Super Rapid	SPG 76 (RTN 30)	
	Bergamini (FREMM ASW)	FF	2 Super Rapid - STRALES (Davide)	NA-25XP	
	Bergamini (FREMM GP)	FF	1 Super Rapid - STRALES (Davide)	NA-25XP	
	Minerva	FC	1 Compact	SPG 76 (RTN 30)	
	Comandante	PB	1 Super Rapid	SPG 76 (RTN 25)	
	Cassiopea	PB	1 MMI	SPG 70 (RTN 10)	
	San Giorgio	AW	1 MMI/Compact	SPG 70 (RTN 10)	
	Stromboli	Aux	1 MMI	SPG 70 (RTN 10)	
	Etna	Aux	1 Compact	SPN-753	
	Denmark	Thetis	FF	1 Super Rapid	9GR600
		Iver Huitfeldt	FF	2 Super Rapid	Ceros 200
France	Forbin (Horizon)	DD	2 Super Rapid	NA 25	
	Aquitaine (FREMM)	FF	1 Super Rapid	N/k	
Germany	Brandenburg (Type 123)	FF	1 Mk 75	STIR	
	Bremen (Type 122)	FF	1 Mk 75	WM 25	
	Sachsen (Type 124)	FF	1 Compact	(APAR)	
	Braunschweig (K130)	FC	1 Compact	(TRS-3)	
	Gepard	FAC	1 Compact	WM 27	
Norway	Fridtjof Nansen	FF	1 Super Rapid	SPG 62	
	Skjold	FAC	1 Super Rapid	Ceros 200	

[69]

Listan otanta käsittää vain Välimerellä ja Itämerellä pääasiallisesti toimivien laivastojen alusluokkia.

**AMPUMATARVIKKEIDEN VERTAILUTAULUKKO**

	<b>Bofors 57mm 3P</b>	<b>Vulcano 76mm</b>	<b>Vulcano 127mm</b>	<b>MS- SGP</b>	<b>LRLAP</b>	<b>Excalibur N5</b>	<b>RBS-15</b>
<b>Lähtönopeus</b>	950 m/s	1200 m/s	1200 m/s	807 m/s	720 m/s	807 m/s	
<b>Tulinopeus/min</b>	220	120	32-35	10	6-10	-	0,25
<b>R-ainemäärä</b>	0,41kg	-	-	-	-	-	
<b>Taistelulata- us/hyötykuorma</b>	2,4 kg	5kg BER /4,5kg GLR	20kg BER / 18kg GLR	16,3 kg	11 kg	-	200 kg
<b>Kokonaispaino</b>	6,5 kg	-	-	50 kg	104,3 kg	48,1 kg	630 kg
<b>Ammuskapasi- teetti</b>	120 (yh- teensä)	80 ready- to-fire	56 ready- to-fire	-	750	-	4-6
<b>Miehistön määrä</b>	-	-	4	6	-	6	-
<b>Hyötykuorma kg/min</b>	528	600 BER/540 GLR	640 BER/576 GLR	163	93,6		50
<b>Kantama</b>	8,5km	30km BER, 40km GLR	60km BER, 100km GLR	100km	150km	60-70km	

[6;13;25;45;69;70;71;73;74;75;76;77;78;79]

Hinnat ja kantamat ovat valmistajien ilmoittamia tavoitteellisia arvoja. Toteutuneiden arvojen vertailu ei ole mahdollista hankkeiden keskeneräisyyden ja eri vaiheessa olevien kehitysasteiden vuoksi.

**MALLIALUSTEN TEKNISET TIEDOT**

<b>Alusluokka</b>	<b>Tykkijärjestelmä</b>	<b>Uppouma</b>	<b>Pituus</b>	<b>Syväys</b>	<b>Nopeus</b>	<b>Tyyppi</b>
<b>Bergamini (GP)</b>	Oto Melara 127/64 ja 76/62 Vulcano	6700t	143,9m	5,4m	27sol	Monitoimi- fregatti
<b>Baden- Württemberg</b>	Oto Melara 127/64 Vulcano	7316t	149,5m	5,0m	26sol	Monitoimi- fregatti
<b>Absalon</b>	Mk 45 Mod 4	6410t	137,0m	6,3m	23sol	Monitoimi- fregatti
<b>Fridtjof Nan- sen</b>	Oto Melara 76/62 Vulcano	5375t	133,2m	4,9m	26sol	Monitoimi- fregatti
<b>Freedom</b>	Bofors 57mm	3354t	118,8m	4,3m	40sol	Rannikko- taistelualus
<b>Braun- schweig</b>	Oto Melara 76/62 Vulcano	1870t	88,8m	4,8m	26sol	Korvetti
<b>DDG-1000</b>	AGS 155mm	15610t	189,9m	8,4m	30sol	Stealth- tulituki- hävittäjä

[14;60;61;62;63;64;65;66;72, liitteet 1, 2 ja 3]

**AMPUMATARVIKKEIDEN KAPPALEHINNAT**

Ampumatarvike	Kappalehinta, USD	Kappalehinta, EUR	Hinta/hyötykuorma kg, EUR
Bofors 57mm 3P	2687	2239	932,9
Vulcano 76mm BER	5000	4166	833,2
Vulcano 127mm BER	30.000	6665	333,3
Vulcano 76mm GLR	8000	24996	5554,7
Vulcano 127mm GLR	50.000	41660	2314,4
MS-SGP	55.000	45826	2811,4
LRLAP	100.000	83320	7121,4
Excalibur (1b)	47.600	39660	-
RBS-15	2 000 000	1 666 000	8332,0

[54;67;73;75;76]

Valuuttakurssi 4.1.2015, 1 EUR = 1,2002 USD

Tutkimuksessa käytetyt hyötykuormien hinnat kilogrammaa kohden on laskettu jakamalla yksittäisen ampumatarvikkeen hinta ammuksen hyötykuorman määrällä.

## MULTI-SERVICE STANDARD GUIDED PROJECTILE, VALMISTAJAN ESITE

### Multi Service – Standard Guided Projectile (MS-SGP)

BAE Systems has developed the MS-SGP and its sabotaged variant to meet the U.S. Navy's and U.S. Army's requirement for an affordable long range precision projectile.

The MS-SGP will provide the U.S. Army, Navy, Marine Corps and Allies with precision long range tactical fires out to a range of 100 km (54 nautical miles). It is compatible with over 1,000 fielded M777 and M109 howitzers in the Army and Marine Corps, and over 200 deployed Mk 45 5-inch (127mm) naval guns.

**Volume of Fire-** The Mk 45 Mod 4 will deliver 5-inch fires at a maximum rate of 10 rounds per minute to 100 km (54 nautical miles) to achieve desired volume of fire through effects. Artillery units firing the sabotaged MS-SGP will deliver a volume of effects on desired area targets out to maximum range.

**Precision and Lethality-** The MS-SGP delivers all weather precision attack capability (< 10 m CEP) to fully defeat targets with a 16.3 kg (36 lb) high explosive warhead.

**Survivability-** The MS-SGP is designed to deliver long range precision fires in a jamming environment.

**Multi-mission Capability-** The MS-SGP can effectively address multiple mission areas including: Land Attack, Surface Attack, Anti-Air defense, and moving targets on land and at sea. It is capable of in-flight retargeting to address relocatable targets. Additionally, MS-SGP can be equipped with an optional Electro-Optical/Infrared (EO/IR) seeker to autonomously address moving targets.

**Proven Performance-** The MS-SGP has been flight tested to a TRL 7.

**Affordability-** The MS-SGP leverages the qualified 155-mm Long Range Land Attack Projectile (LRLAP) and significant industry investment to reduce qualification costs while minimizing production cost.



The MS-SGP guided flight test on June 18, 2013 impacted 1.5 meters from the target, which was 40 km down-range



### Specifications

Length	61 inches/1.5 m
Weight	110 lbs/50 kg
Range	100 km (M777 and M109A3 MACS Chg 4) (Mk 45 with Mk 67 propelling charge)
Time of flight	3 min 15 sec to 70 km
Maximum rate of fire	M777 / M109 3 rpm Mk 45 10 rpm
MRSI	Mk 45 3 rounds within 2 sec per gun



The MS-SGP is compatible with the U.S. Army's M777 and M109 and the U.S. Navy's Mk 45



BAE Systems, Inc.  
Land & Armaments  
www.baesystems.com

For more information contact  
Land.Armaments@baesystems.com

### Disclaimer and copyright

This document gives only a general description of products and services and except where expressly provided otherwise shall not form part of any contract. From time to time, changes may be made in the products or conditions of supply.

© 2013 BAE SYSTEMS. All rights reserved.

BAE SYSTEMS is a registered trade mark of BAE Systems plc.  
07.13.MSD



**AMPUMATARVIKKEIDEN SOVELTUVUUDEN TAULUKKOARVOT**

<b>Tykkijärjestelmä; A-tarvike</b>	<b>SAK L/70 Bofors 57mm</b>	<b>76/62 SR; Vulcano/DART 76mm</b>	<b>127/64 LW; Vulcano 127mm</b>	<b>Mk 45 Mod 4; MS-SGP</b>	<b>Mk 45 Mod 4; Excalibur N5</b>	<b>AGS; LRLAP</b>
<b>Kantama yli 100km</b>	1	1	5	5	1	5
<b>Soveltuu avomerelle ja saaristoon</b>	4	5	5	3	3	3
<b>Ammusvalinta</b>	3	5	5	3	3	1
<b>Soveltuu pintaatorjuntaan</b>	2	4	5	5	5	5
<b>Soveltuu FIAC uhkaan</b>	4	5	2	1	1	1
<b>Soveltuu ilmatorjuntaan</b>	5	5	4	3	3	2
<b>Soveltuu tulitukseen</b>	1	4	5	5	5	5
<b>Kokonaisarvosana</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
<b>Keskiarvo</b>	<b>2,85</b>	<b>4,14</b>	<b>4,43</b>	<b>3,57</b>	<b>3</b>	<b>3,14</b>

Taulukossa on käytetty valmistajien ilmoittamia, tavoitteellisia arvoja. Toteutuneiden arvojen käyttäminen ei olisi vertailukelpoista ampumatarvikkeiden eroavien kehitysvaiheiden ja eri tavoin toteutettujen ampumakokeiden takia.

Numeeriset arvot kuvaavat ampumatarvikkeen soveltuvuutta kyseiseen vaatimukseen asteikolla 1 = ei lainkaan, 2 = välttävästi, 3 = tyydyttävästi, 4 = kiitettävästi ja 5 = erinomaisesti.

Kantaman osalta arvot on annettu vain ääripäistä; ammus joko täyttää vaatimuksen tai ei täytä lainkaan. Excalibur N5:stä Raytheon on todennut, että se kolminkertaistaa Mk 45 Mod 4 tykin kantaman, joka näin ollen olisi noin 70 kilometriä [70;79].

Saaristoon ja avomerelle soveltuvuuden arvioinnissa on käytetty lähteiden linjauksia ja vaikuttamisetäisyyttä. 57mm kranaatti soveltuu parhaiten rannikolle ja saaristoon, muttei sovellu yhtä hyvin avomerellä ja avomerelle tapahtuvaan pintatorjuntaan. Suuret kaliiperit voidaan tulkita soveltuvan vain tyydyttävästi saariston olosuhteisiin, jossa etäisyydet ovat tulinopeuteen nähden lyhyet ja kohteiden aikakriittisyys havainnosta vaikuttamiseen kasvaa. Näistä poikkeuksen tekee 127/64 LW, jolla on AGS ja Mk 45 Mod 4 tykkeihin verrattuna moninkertainen tulinopeus ja nopeasti vaihdettavissa olevat ammustyypit.

Ammusvalinnassa erinomaisen arvosanan ovat saaneet Vulcano ammuksat, sillä tykkilavetti mahdollistaa täysautomaattisen ammusvalinnan myös kesken tulitehtävän ja monipuolisimman valikoiman ammuksia erilaisista konventionaalisista ammuksista vähintään kahdenlaisiin uuden sukupolven ampumatarvikkeisiin. AGS järjestelmä sen sijaan ampuu vain yhtä ammusta. Bofors-tykillä valinta riippuu asennuksesta ja on ainakin osin manuaalinen, samoin kuin 5-tuumaisilla MS-SGP:tä ja Excaliburia ampuvilla tykeillä. Lisäksi valittavissa olevien ammustyypien määrä on pienempi.

Soveltuvuudessa pintatorjuntaan on arvioitu ampumatarvikkeen vaikutusta kohteessa yhdistettynä sen ohjautuvuuteen ja kantamaan. Näin ollen Bofors saa huonomman arvosanan rajoituneen kantamansa ja pienen kaliiperinsa vuoksi, ja 76mm Vulcano saa suurempia kaliipereita huonomman arvosanan samoin perustein.

Soveltuvuus FIAC uhkaa vastaan on arvioitu tulinopeuden ja kantaman suhteen. 76mm DART ammus on ohjautuvuutensa ja tulinopeutensa vuoksi arvioitu erinomaiseksi useamman maalin FIAC hyökkäystä vastaan. 57mm Bofors on tulinopeutensa vuoksi saanut kiitettävän arvosanan; lisäksi tykki on tarkoitettu nimenomaan lähitorjuntaan. 127mm Vulcano on muihin suuriin kaliipereihin verrattuna tulinopeudeltaan parempi, vaikkei Vulcano ammuksen käyttäminen FIAC uhkaan olekaan mielekäästä. MS-SGP, LRLAP ja Excalibur N5 eivät toimintaperiaatteensa vuoksi oletettavasti sovellu lähellä olevan FIAC parven torjuntaan. Konventionaalisilla ampumatarvikkeilla Mk 45 Mod 4 tykkilavettien tulinopeus muodostuu torjuntaa rajoittavaksi tekijäksi.

Soveltuvuus ilmatorjuntaan on arvioitu pääasiassa tulinopeudella muodostettavan peiton suhteen. Ilmatorjunnan käsite sisältää tässä yhteydessä rynnäkkökoneen ja pintatorjuntaohjuksen torjunnan. Näin ollen Bofors 57mm ja 76mm Vulcano ja DART saavat parhaat arvosanat, sillä niiden tulinopeus korreloi parhaiten kohteiden suureen aikakriittisyyteen. Suuremmat ja hitaammat kaliiperit antavat pidemmän vaikuttamiskantaman, mutta huonomman peiton nopeasti liikkuvan kohteen torjumiseksi.

Soveltuvuus tulitukeen on arvioitu ampumatarvikkeen hakeutuvuuden ja kantaman suhteen. Näin ollen suuret kaliiperit ovat saaneet parhaat arvosanat, sillä ne on kehitetty pääasiallisesti tulitukitehtäviin. 76mm Vulcano saa hieman heikomman arvosanan pienemmän kantamansa vuoksi ja 57mm ei voi katsoa soveltuvan tulitukeen samassa mittakaavassa lainkaan.

## VULCANO-AMMUSTEN RAKENNE AVATTUNA

### Description

The 127/64 LW integrates the following 'V-kit' to support the use of Vulcano extended range and precision-guided ammunition. It features:

- a guidance control unit
- ammunition programmer
- muzzle velocity radar, and
- local GPS.



The Vulcano projectile (Oto Melara)

1511948

The BER is a fixed cartridge round with a low-vulnerability propelling charge and a warhead with a PBX-based explosive filling. The nose of the projectile is fitted with a programmable multi-function fuze. This is covered with a frangible cover with programming rings let into it.

The GLR round comes with three configuration options. They are:

- INS-GPS
- INS-GPS with IR terminal seeker, and
- INS-GPS with SAL terminal seeker.



The naval Vulcano 127 GLR guided projectile in flight condition (Oto Melara)

1459463

The guided GLR projectile has steering canards positioned behind its ogive as well as its free-spinning tail unit to support its gliding trajectory. The GLR round has a GPS/INS mid-course guidance unit with either an IR or an optional SAL seeker for terminal guidance. The warhead is of the pre-fragmented type.

### Armament

127/64 mm naval guns; 127/64 LW naval guns; and 127/54 retrofit guns.

### Authorised fuzes

Prox; PD; ET - integral.

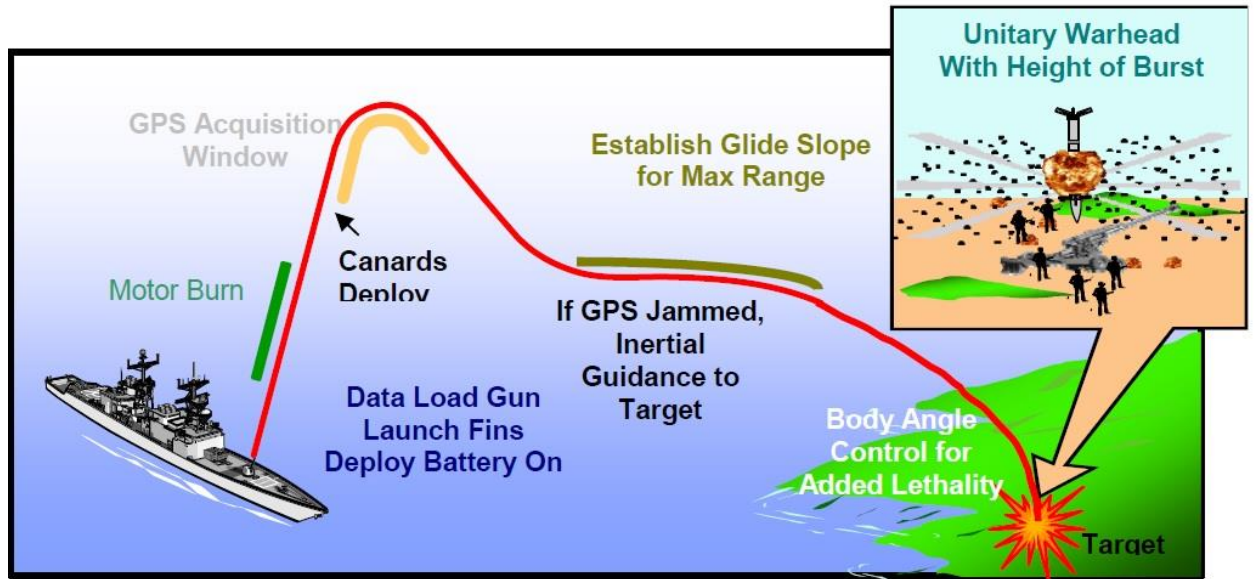
### Specifications

Type:	extended range; guided-munition
Designation:	vulcano BER; vulcano GLR
Maximum range:	
BER:	60 km
GLR, anti-ship role:	80 km
GLR, fire support role:	100 km

### Status

Currently in Low Rate Initial Production (LRIP) phase.

## YHDYSVALTALAISTEN ERGM AMMUSTEN OPERATIIVINEN KONSEPTIKUVA



[47, s. 1]

Kuvassa on havainnollistettu ERGM-ammuksen eli käytännössä LRLAP-, MS-SGP ja Excalibur-ammusten lentorata, lähtömootorin toimintaikkuna, siivekkeiden toiminta lennon aikana, hakupään toiminta ja häirinnän väistö sekä iskun tulosuunta sekä oletettu vaikutus.

Vulcano-ammusten osalta lentoradan, siivekkeiden, hakupään ja loppuhakeutumisen toimintaperiaatteet ovat suurpiirteisesti yhteneviä. Suurin kuvassa oleva ero on lähtömootorin tai perävirtausyksikön tuottama propulsiovoima, joka Vulcano-ammuksissa on toteutettu suurella lähtönopeudella.

Kuvaa voidaan pitää karkeana kaaviona kaikkien uuden sukupolven tykistöampumatarvikkeiden toimintaperiaatteesta.