EESTI MAAÜLIKOOL
Metsanduse ja inseneeria instituut

Andri Sullan

RAKETTRELVASTUSE ROLLI ANALÜÜS EESTI KAITSEVÕIMEKUSE SEISUKOHAST

ANALYSIS OF MISSILE WEAPONRY'S ROLE FROM THE PERSPECTIVE OF ESTONIA’S DEFENCE CAPABILITY

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Marten Madissoo, *PhD*

Tartu 2025

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Magistritöö / Bakalaureusetöö / Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Andri Sullan		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Rakettrelvastuse rolli analüüs Eesti kaitsevõimekuse seisukohast			
Lehekülgi: 57	Jooniseid: 25	Tabeleid: 7	Lisasid: 1
ETIS-e valdkond ja CERCS-i kood: Sõjandus ja militaartehnoloogia T330 Juhendaja(d): Marten Madissoo, PhD Osakond või õppetool: Metsanduse ja inseneeria instituut Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2025			
Rakettrelvastus on üks riigi kaitsevõimekuse keskseid näitajaid. Eestil puudub hetkel suutlikkus selliste süsteemide iseseisvaks tootmiseks, mis kujutab endast olulist murekohta riigikaitse seisukohalt. Kuna välismaalt hangitud raketisüsteemide tarned võivad võtta 2–4 aastat, võib kriitilises olukorras selline viivitus seada ohtu riigi sõjalise valmisoleku potentsiaalse konflikti korral. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on tõsta teadlikkust rakettrelvastuse olemusest ning analüüsida, millised alternatiivsed rakettrelvasüsteemid oleks Eesti Kaitseväele sobilikud. Lisaks pakutakse välja ka süsteemi kirjeldus, mida võiks Eesti ise toota, toetutudes teooria ja analüüsi osas käsitletud teemadele. Bakalaureusetöö teoreetiline taust annab ülevaate rakettrelvastuse mõistest, ajaloost, relvastuse eristamisest ja kasutatavatest komponentidest, et luua parem arusaam sellist tüüpi relvastuse olemusest. Analüüsi osas kirjeldatakse rakettrelvastuse rolli riigi kaitsevõime kujundamisel, antakse ülevaade Eestis kasutusel olevatest süsteemidest ja ka alternatiividest ning tuuakse välja sellist tüüpi relvastuse sõjastrateegiline kasutamine Ukraina ja Eesti näitel. Analüüsi tulemusena selgus, et võimalikuks alternatiivsüsteemiks võiks olla EURO-PULS süsteem. Analüüsi põhjal oleks võimalik jätkata tööga magistri astmes, tegeledes süsteemi komponentide projekteerimisega.			
Võtmesõnad: rakettrelvad, Eesti kaitsevägi, HIMARS, EURO PULS			

Estonian University of Life Sciences
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006

Abstract of Master's / Bachelor's / Professional Higher Education Thesis

Author: Andri Sullan

Curriculum: Production Engineering

Title: Analysis of missile weaponry's role from the perspective of Estonia's defence capability

Pages: 57	Figures: 25	Tables: 7	Appendices: 1

ETIS research field and (CERCS) code: Military science and technology T330
Supervisor(s): Marten Masissoo, PhD
Department / Chair: Institute of engineering and forestry
Place and year of defence: Tartu, 2025

Missile systems are among the key indicators of a nation's defence capability. Currently, Estonia lacks the capacity to independently develop and produce such systems, which presents a significant challenge in the context of national defence. The delivery time for missile systems procured from abroad may take 2 to 4 years, which poses a risk to military readiness in the event of a potential conflict.

This bachelor's thesis aims to raise awareness of the nature of missile armament and to analyze which alternative missile systems would be most suitable for the Estonian Defence Forces. Furthermore, the study proposes a system that Estonia could potentially develop domestically, based on the theoretical and analytical research conducted.

The theoretical section provides an overview of missile armament, including its definition, history, classification, and core components, in order to establish a solid understanding of the subject. The analytical section examines the role of missile systems in national defence, reviews Estonia's current capabilities and possible alternatives, and discusses strategic use cases, with a focus on both Ukraine and Estonia.

The analysis concludes that the EURO-PULS system could be a viable alternative for Estonia. The thesis also opens the possibility for further research at the master's level, particularly focusing on the design and development of individual components of a domestic missile system.

Keywords: missiles, Estonian Military, HIMARS, EURO-PULS

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. RAKETTRELVASTUSE ÜLEVAADE 6
1.1. Sissejuhatus rakettrelvastusse 6
1.2. Rakettrelvastuse ajaloo ülevaade 7
1.3. Rakettrelvades kasutatavad süsteemid ja komponendid 10
1.3.1. Rakettrelva juhtsüsteemid 10
1.3.2. Mootorid ja kütused 13
1.3.3. Lõhkepead 16
1.3.4. Väljalasketüüp 17
2. RAKETTRELVASTUSE LIIGITAMINE 19
2.1. Ballistiliste rakettide tööpõhimõte ja liigitus 19
2.1.1. Mandrite vaheline ballistiline rakett 24
2.2. Tiibraketid 25
3. RAKETTRELVASTUSE ANALÜÜS 27
3.1. Eesti praegune kaitsevõimekuse seis rakettrelvastuse näol 27
3.2. Rakettrelvastuse olulisus riigi kaitsevõime kujundamisel 28
3.3. Eestis kasutatavad süsteemid ja rakettrelvad 29
3.4. Rakettrelva sõjastrateegilise kasutuse analüüs Ukraina sõjas 31
3.5. Rakettrelvastuse sõjastrateegiline kasutus Eesti näitel 34
3.6. Võimalikud alternatiivid Eestis hetkel kasutsel olevatele rakettrelvadele 36
3.6.1. EURO-PULS süsteem 37
3.6.2. K239 Chunmoo raketisüsteem 39
3.6.3. Khan süsteem 41
3.7. Alternatiiv rakettrelvasüsteemide võrdlus HIMARS süsteemiga 43
4. RAKETTRELVASÜSTEEM EESTI KAITSEVÄE SEISUKOHAST 48
4.1. Eesti kaitsetööstussektor 48
4.2. Rakettrelva süsteemi tootmine Eestis 49
KOKKUVÕTE 51
ALLIKALOEND 52
LISAD 56
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta 57

SISSEJUHATUS

Tänapäeva sõjaline maastik on muutunud drastiliselt tänu tehnoloogia kiirele arengule. Käimasoleva Ukraina sõja tõttu on riigid hakanud enda kaitsekulutusi tõstma, eesmärgiga parendada sõjalist valmisolekut võimaliku konflikti korral. Sõjamaastiku üheks populaarsemaks relvatüübiks on kujunenud rakettrelvastus, mis on ühtlasi ka üks olulisemaid riigi kaitsevõimekuse näitajaid. Rakettrelvastus võimaldab potentsiaalset vastast mõjutada pikkadelt distantsidelt, tabades olulisi sõjastrateegilisi sihtmärke. Eesti seisukohast on samuti sellist tüüpi relvastuse olemasolu väga tähtis, sest see täidab kahte olulist funktsiooni - riigi territoriaalne kaitse ning heidutusvõime. Heidutust võib nimetada sõjastrateegiaks, mille puhul näitab riik enda sõjalist valmisolekut, läbi omatava relvastuse. Teisisõnu tahetakse potentsiaalsele vastasele sisendada, et nende poolsele rünnakule järgneb vastulöök või et ründamine neile raskendatud, mistõttu pole see tulemuslik [1]. Eesti kaitseväe juhataja Andrus Merilo sõnul on Eesti eesmärgiks heidutada potentsiaalset vastast ja muuta tema rünnak teostamatuks [2]. Teises intervjuus räägib Merilo, et hetkel olevale HIMARS süsteemi kõrvale on kindlasti vaja lisaks ka teisi sarnaseid süsteeme [2]. Sellest tulenevalt on tegemist aktuaalse teemaga, mis tõstatab probleemi, milleks on asjaolu, et Eesti selliseid süsteeme veel toota ei suuda.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on tõsta teadlikkust rakettrelvastuse olemusest ning analüüsida, millised alternatiivsed rakettrelvasüsteemid oleks Eesti Kaitseväele sobilikud. Lisaks pakutakse välja ka süsteemi kirjeldus, mida võiks Eesti ise toota, toetutudes teooria ja analüüsi osas käsitletud teemadele. Bakalaureusetöö teoreetiline taust annab ülevaate rakettrelvastuse mõistest, ajaloost, relvastuse eristamisest ja kasutatavatest komponentidest, et luua parem arusaam sellist tüüpi relvastuse olemusest. Analüüsi osas kirjeldatakse rakettrelvastuse rolli riigi kaitsevõime kujundamisel, antakse ülevaade Eestis kasutusel olevatest süsteemidest ja ka alternatiividest ning tuuakse välja sellist tüüpi relvastuse sõjastrateegiline kasutamine Ukraina ja Eesti näitel. Käesolevas töös on tuginetud üksnes avalikult kättesaadavatele teabeallikatele. Töö eesmärk ei ole sõjalise agressiooni propageerimine ega õigustamine, vaid rakettrelvastuse tehnoloogilise ja strateegilise kasutamise käsitlemine teaduslikust vaatenurgast.

1. RAKETTRELVASTUSE ÜLEVAADE

See peatükk sisaldab rakettrelvastuse mõistet, kus kirjeldatakse sõna tähendust ja tulenemist. Lisaks kirjeldatakse sellist tüüpi relvastuse arenemist läbi ajaloo ning süsteemis kasutatavate komponentide olemust. Käsitletakse erinevaid tüüpi juhtsüsteeme, kasutatavaid mootoreid, lõhkepeade omadusi ning väljalaske tüüpe.

1.1. Sissejuhatus rakettrelvastusse

Tehnoloogia areng on toonud tänapäevasesse sõjapidamisse uued sõjastrateegiad ja erinevad relvad, millega oma riiki kaitsta või paraku ka teisi riike rünnata. Arengu tulemusena on muutunud sõjapidamine drastiliselt, kui võrrelda sõjapidamisviise näiteks keksaja ja praeguse ajaga. Keskajal käis võitlus peamiselt külmrelvadega, kus osapooled olid omavahel otseses kontaktis. See muutus, kui Hiinas leiutati 13. sajandil püssirohi ja hakati aina rohkem kasutama relvi, millega sai vastast ka kaugemalt mõjutada. Liikudes ajas edasi esimese maailmasõja juurde, kujunes üheks levinumaks sõjapidamisviisiks kaevikusõda, mille puhul paiknesid üksused kindlustatud kaevikutes. Positsioonide vallutamine nõudis sageli otserünnakuid üle lahinguvälja, mis tekitas sageli suurel hulgal inimohvreid. Teise maailmasõja ajal hakati välja töötama viise, kuidas saaks vaenlast hävitada ilma otseses kontaktis olemata. Selle ajendil alustati aktiivselt rakettide tootmise ning arendamisega peamiselt Saksamaal ja Venemaal. Suure mahuliselt hakati ka tootma erinevaid lahingumasinaid nii maal, meres kui ka õhus. [3] [4]

Tehnoloogia areng ongi loonud olukorra, kus aina rohkem kasutatakse sõjalisi vahendeid, mis võimaldavad vähendada inimohvreid omal poolel. Kasutatakse kaugmaarakette, mehitamata tanke, mehitamata sõjalisi roboteid ja ka praegusel hetkel väga populaarseid droone. Viimastega on võimalik tekitada vastaspoolele suuri kahjusid ja enda poole inimohvrite tekkimise võimalikkust vähendada, kuna droonioperaator ei pea viibima otseses konfliktis, vaid saab olla kaugemal (turvalises) kauguses. Lisaks on hakatud rakendama tehisintellekti just mehitamata sõidukite puhul ning robotilastes rakendustes [4]. Kokkuvõtvalt on vastaspoolte omavahelise paiknemise kaugus ja erinevate relvade potentsiaalse hävitusvõime efektiivsus peamisteks erinevusteks, mille tehnoloogia areng on tänapäevasesse sõjapidamise strateegiatesse toonud.

Rakettrelvad on kaasaegse sõjapidamise juures olulised komponendid, mis võimaldavad vastast mõjutada pikkadel distantsidel, olles ise otsesest vaenlasest eemal. Samuti teeb sõjaliste rakettide omamine riigi kaitsevõime tugevamaks, efektiivsemaks ja annab võimaluse ka kasutada relvrakette heidutusvahendina. Aina rohkem räägitakse viimasel ajal meedias rakettidest, nende hankest, rollist riigi kaitsevõimes ja Ukraina-Venemaa vahelise konflikti puhul erinevatest raketirünnakutest, seega võiks siinkohal defineerida, mida üldse see sõna tähendab.

Inglise keeles kasutatakse rakettrelvastuse puhul terminit *rocket*, mis tuleneb itaaliakeelsest sõnast "*rocchetta*", mis tähendas pooli või ketramisvoki osa. Põhjus, miks hakati ka algelisi püssirohtu kasutavaid lendseadmeid nimetama *rocchetta* järgi, tulenes pooli silindrilistest kujust. 17. sajandil jõudis see sõna Prantsusmaal kasutusele kujul *roquette*, kust see omakorda kandus inglise keelde tänapäeval tuntud kujul "*rocket*". [5]

Tänapäevases kontekstis tähendab rakett suuremõõtmelist silindrilist objekti, mis tänu väljutatavatele gaasidele suudab väga suurtel kiirustel edasi liikuda ja mida kasutatakse kosmosese transpordis või sõjanduses relvana [6]. Samuti kasutatakse laialdaselt ka inglise keelset sõna "*missile*", mida defineerib Cambridge Ülikooli sõnastik kui sõjaliselt kasutatavat relva, mis kasutab mootorit sihtmärgini jõudmiseks [7].

Siinkohal on tegelikult eesti keeles raketil kolm tähendust, mis on sarnase põhimõtte, kuid erineva tähendusega. Eesti keele põhivarasõnastik (PSV) defineerib raketti esimeses tähenduses, kui relva, mis lendab läbi õhu ja kannab pommi [8]. Teises tähenduses sõidukit, millega lennatakse kosmoses. Kolmandas tähenduses defineeritakse raketti, kui ilutulestikku. Seega järgnevates peatükkides on mõeldud sõna raketi all sõjalist relva (ehk rakettrelva).

1.2. Rakettrelvastuse ajaloo ülevaade

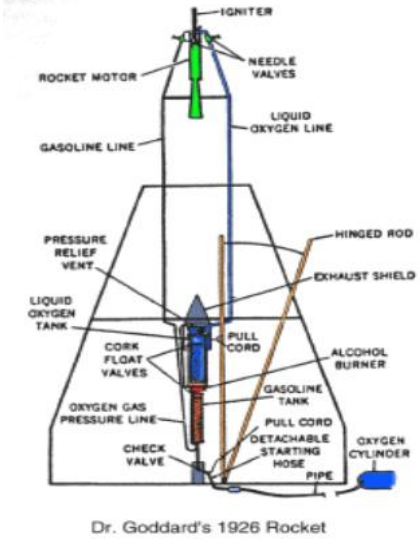
Rakettide leiutaminse ajalugu ulatub 15. sajandi Hiinasse, kus hakati katsetama vibu noolte külge kinnitatud bambustorudega, mis olid täidetud püssirohuga. Enne noole laskmist süüdati torus olev püssirohi ning selle plahvatus tekitas lisatõuke, mis aitas noolel lennata kaugemale ja kiiremini. Selle järgnevalt mõisteti, et püssirohuga täidetud torud suudavad süüdates liikuda iseseisvalt tänu põlemisel tekkivate väljuvate gaaside.

Esimene teadaolev sõjaliste rakettide kasutamine pärineb Hiina ja mongoli rahvuste sõjast aastal 1232. Kai-Kengi lahingus peletasid hiinlased mongoli väed tagasi, kasutades

niinimetatud lendava tule nooli (vt Joonis 1). Tegemist oli varajase tahkekütusel töötava raketi algelise vormiga, mille puhul ühest otsast suletud toru täideti püssirohuga, teine ots jäeti lahtiseks ning toru kinnitati pika pulga külge. Püssirohu süütamisel tekkis põlemise tagajärjel tuli, suits ja gaas, mis väljusid torust ja tekitasid tõukejõu. Pulk toimis justkui juhtimissüsteemina, aidates raketil säilitada tasakaalu. Kuigi sellist tüüpi relvadel suuremat hävitamistoimet ei olnud, oli nende psühholoogiline mõju mongolitele tõenäoliselt märkimisväärne, kuna sellist tüüpi objekte polnud varasemalt nähtud. [9]

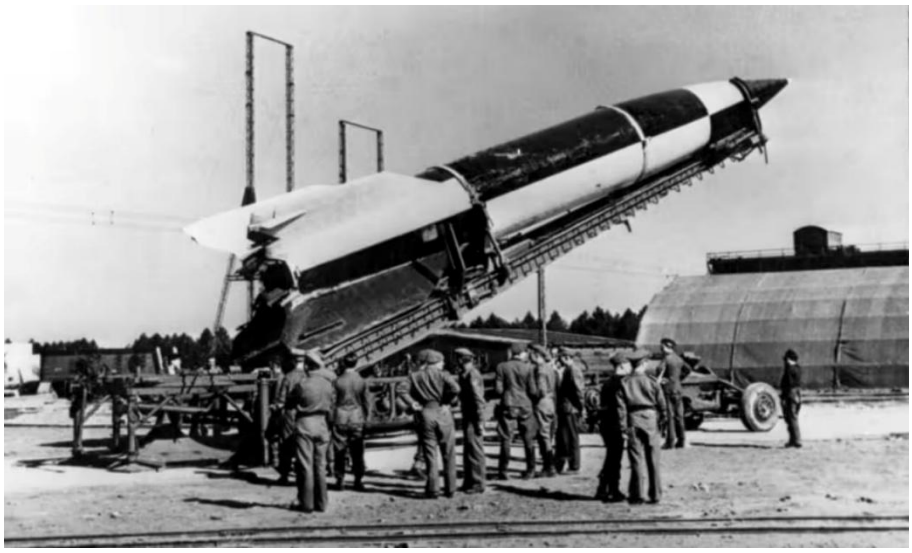
Joonis 1. Hiina algelised raketid [9]

Aastal 1898 tekkis vene kooliõpetajal Konstantin Tsiolkovskil idee uurida kosmost rakettide abil. Oma 1903. aastal avaldatud raportis pakkus ta välja vedelkütusel töötavate rakettide kasutamise, et saavutada suurem lennuulatus. Tsiolkovski jõudis järeldusele, et raketi kiirus ja ulatus on piiratud heitgaaside väljumiskiirusega. Teiseks suurt rolli mängivaks inimeseks rakettrelvade arengus oli Robert Goddard, kes alustas oma teadustööd tahkekütusel rakettidega. Aastal 1915 katsetas ta erinevaid kütusetüüpe ja uuris, kui kiiresti põlemisel tekkinud gaasid raketist väljuvad. Katsete käigus jõudis ta arusaamani, et vedelkütusel põhinevad raketid võivad saavutada märksa parema tõukejõu. Selle idee elluviimine oli tehniliselt keerukas, sest vedelkütuse kasutamiseks oli vaja süsteemis eraldi hapniku -ja kütusepaake. Vaatamata raskustele saavutas Goddard märgilise läbimurde aastal 1926, kui raketi katselennul saavutati 12.5 meetrine lennukõrgus. Kütusena vedelat hapniku ja bensiini kasutanud sellist tüüpi rakett oli ajaloos esimene. [9]



Joonis 2. R. Goddard rakett [9]

Hermann Oberth, keda peetakse üheks kolmest suurimast kosmoseuuringute teerajajast, avaldas aastal 1923 mõjuka teose, milles kirjeldas võimalusi jõuda rakettide abil avakosmosesse. Tema ideed tekitasid rahvusvahelise huvi, mille tulemusena hakkasid moodustuma erinevad raketientusiastide ühendused. Seeläbi asutati Saksamaal Kosmosereiside Ühing (*Verein für Raumschiffahrt*), mille tegevus viis lõpuks V-2 raketi loomiseni (vt Joonis 3), mis oli esimene kaugmaarakett, mida kasutati Teise maailmasõja ajal Londoni vastu. Raketi lõplik konstruktsioon valmis Saksamaa ja USA raketideadlase Wernher von Brauni juhtimise tulemusel. Relvasüsteemi iseloomustas võimekus tabada sihtmärke kuni 320 kilomeetri kaugusel ning kanda ligi ühetonnist lõhkepead. Ühtlasi oli see ka esimene tehiskeha, mis jõudis kosmosesse ületades Kármáni joone (100 km), mida peetakse tavaliselt kosmose alguspiiriks. V-2 rakett oli silindrilise kujuga, mille ots oli terav ning mille põhjaosas asetsesid stabilisaatorid. Stabilisaatorite disain lähtus vajadusest mahutada rakett Euroopa standardsetesse raudteetunnelitesse. Kütusena kasutati 75% alkoholi ja vee segu, millele lisatud vesi aitas jahutada mootorit, mis töötas kuni 2700 °C juures. Oksüdeerijana kasutati vedelat hapnikku. Korpus koosnes õhukesest terasplekist, mis oli mitmes osas toestatud puidust karkassiga. Lõhkepea all paiknesid juhtimis-, raadioside- ja elektrisüsteemid. Plahvatus toimus kokkupõrkel, mida vallandas ninakapslis paiknev sütik. [9] [10]



Joonis 3. Esimene ballistiline rakett V-2 [11]

1.3. Rakettrelvades kasutatavad süsteemid ja komponendid

Rakettrelvasus koosneb erinevatest osadest ja süsteemidest, mis on vajalikud selle töötamiseks. Peatükis kirjeldatakse erinevaid moooritüüpe ja kütuseid ning juhtsüsteeme. Lisaks kirjeldatakse kasutatvaid lõhkepeasid ning ka väljalaske liike.

1.3.1. Rakettrelva juhtsüsteemid

Juhitavad ja mittejuhitavad raketid moodustavad rakettrelvastuse kaks põhitüüpi, mille erinevus seisneb sihtmärgi tabamise täpsuses. Mittejuhitavad raketid liiguvad pärast väljalaskmist etteantud trajektooril, mida ei saa kontrollida, mistõttu sõltub nende täpsus väljalaskel paika pandud koordinaatidest. Juhitavad raketid seevastu on varustatud navigeerimis- ja juhtimissüsteemidega, mis võimaldab lennu ajal trajektoori korrigeerida, suurendades tabamistäpsust ning efektiivsust strateegiliste ja liikuvate sihtmärkide vastu. Juhtsüsteemiga relvad on tavaliselt kasutusel ballistiliste -ja tiibrakettide puhul.

Juhtsüsteem on rakettrelva oluline osa, mille abil on võimalik rakett juhtida soovitud sihtmärgini ning hoida selle juures teekond stabiilsena [12]. Juhtsüsteemide puhul on oluline välja tuua, et erinevatel rakettrelvadel on kasutusel erinevad juhtsüsteemid, mis tulenevad kasutusest ja selle tüübist. Erinevatest rakettrelvadest antakse ülevaade järgmises peatükis.

Tiibraketid ja ballistilised raketid kasutavad omakorda erinevaid juhtsüsteeme, et võimalikult täpselt tabada soovitud sihtmärki ja selle juures vältida erinevaid

õhutõrjesüsteeme. Üheks levinumaks juhtsüsteemiks kasutatakse tiibrakettide puhul inertsiaalnavigatsiooni süsteemi (tuntud kui INS), mis sisuliselt tähendab seda, et enne raketi välja tulistamist programmeeritakse selle lennutrajektoor ja seda korrigeeritakse vastavalt vajadusele. See elektrooniline süsteem jälgib pidevalt raketi asukohta, selle kiirust ja kiirendust. Nende andmete abil on võimalik tiibraketti juhtida läbi arvuti. Süsteemi komponentideks on güroskoop, kiirendusmõõtur (ehk *accelerometer*), ja juhtkompuuter. Süsteem arvutab liikumise trajektoori sisemiste andurite põhjal ilma vajaduseta väliste signaalide (nt GPS) järele. [13]

Süsteemis kasutusel olev güroskoop on elektromehhaaniline seade, mis võimaldab määrata, kui palju on muutunud seadme asukoht algasendi suhtes. Güroskoop käitub, kui positsiooni andur ja tuvastab erinevaid positsioonimuutuseid raketi lennu ajal, mis on näiteks tingitud tuulest või muudest välistest teguritest. Kui süsteemi algne suund on teada, läbi nurganihke pideva jälgimise, saab määrata selle hetkese suuna. (King, n.d.) Güroskoobi algasendit kasutatakse, kui viiteasendit, mille järgi on võimalik korrigeerida või jälgida raketi lennuteekonda. See informatsioon edastatakse juhtsüsteemi kompuutrile, mille kaudu saab neid korrektuure sisse viia, muutes näiteks raketi kiirust või suunda. [14]

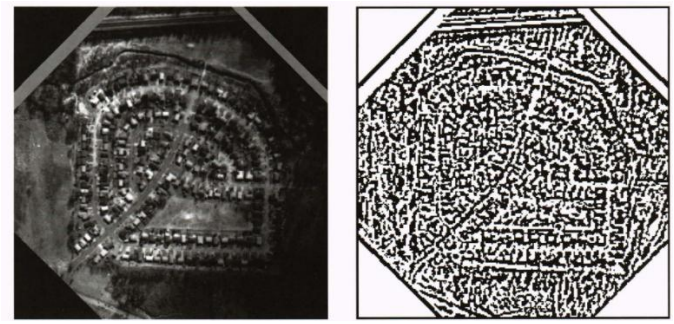
Teiseks komponendiks on kiirendusmõõtur, mille abil saab määrata, kui kiiresti muutub objekti liikumiskiirus ehk siis, mis on raketi kiirendus. Kiirendusmõõtur kasutab sisemist massi ja sellele mõjuvaid jõude. Kui keha hakkab liikuma või kiirendab, avaldab see liikumine massile jõudu. Seade mõõdab seda jõudu ning arvutab selle põhjal kiirenduse, lähtudes Newtoni teisest seadusest ($F = m \times a$), kus jõud on võrdeline massi ja kiirendusega. [13]

Teiseks kirjeldatavaks juhtimisviisiks on TER-COM ehk maastiku kontuuri jälgimise süsteem, mis kasutab olemasolevaid maastikukaarte, kuhu on märgitud maastiku kõrgus ja sügavus. Selle informatsiooni põhjal hoiab rakett ennast madalal kõrgusel ja tõuseb või langeb vastavalt maastiku kontuurile. Madalale hoidmise eesmärgiks on see, et seda on radariga raske tuvastada, kuna raketi teekond ei ole kõrgel õhuruumis, kus õhutõrje elemendid seda tuvastada saaksid. Süsteem kasutab kõrguse tuvastamiseks radar altimeetrit, mis loeb kõrgust pinnase ja raketi vahel. Süsteem määrab raketi asukoha selle põhjal, kus mõõdetud kõrgusprofiil kõige paremini vastab salvestatud andmetele. Kui süsteem on määranud kõrvalekalde suuna ja ulatuse, muudab rakett oma suunda, et naasta soovitud trajektoorile. [15]

Kolmandaks süsteemiks on Global Positioning System ehk globaalse positsiooni satelliitnavigatsiooni süsteem, mida kasutatakse igapäevaselt ka tsiviilelus. Raketi asukoht määratakse satelliidiga ja seeläbi kontrollitakse raketi teekonda. Seda süsteemi ei kasuta raketid üldjuhul ainukese navigatsioonimeetodina, sest seda on väga kerge vastase õhutõrjesüsteemidel tuvastada. Pigem kasutatakse seda täiendsüsteemina olukorras, kui rakett jõuab sihtmärgile lähedale ja on vaja, et see jõuaks täpsete kordinaatide alusel sihtmärgini. Sagedasti kasutatakse GPS süsteemi kombineeritult INS süsteemiga. [16]

Neljandaks süsteemiks on *Digital Scene Matching Area Correlator (DSMAC)* ehk digitaalne asukoha tuvastamine. See süsteem on kasutusel, kui rakett on jõudmas koheselt sihtmärgini ja on vaja tuvastada, kas sihtmärk on õige ning kuhu seda täpselt tabada, mis on oluline näiteks kui sihtmärk on liikuv. Raketi juhtsüsteem teeb sihtmärgist pildi, mis viiakse kokku algupärase sihtmärgi kujutisega ja luuakse justkui kaart, mille järgi rakett vastase positsiooni tabab. DSMAC-kaartide loomiseks ei kasutata otse luurepilte, vaid need muudetakse madalama lahutusvõimega binaarseteks kujutisteks, et vähendada andmemahu ja arvutuste hulka. Kuna täpne visuaalne detail ei ole korrelatsioonis määrava tähtsusega, keskendub süsteem pildimustritele üle kogu raami. Pilti töödeldakse, et see oleks madalama resolutsiooniga, sest kõrge kvaliteediga pilti oleks raske süsteemil järgida. Raketile annab vastava korrektuuri juhtsüsteemi arvuti, mis muudab juhttiibade asendit vastavalt vajadusele. [15] [17]

Enamjaolt on TERCOM ja DSMAC süsteemid kasutusel korraga. Rakett Tomahawk kasutab näiteks kõiki nelja juhtsüsteemi. Rakett on kasutusel peamiselt USA sõjalaevades ning selle välja tulistades kasutatakse inertsiaalnavigatsiooni süsteemi (INS), mis paneb paika välja tulistatud raketi algse trajektoori sihtmärgi suunas. Kui rakett on soovitud trajektooril, läheb juhtimine üle TERECOM süsteemile ja seejärel sihtmärgini jõudes kasutab DSMAC süsteemi kindlalt sihtmärgini jõudmiseks. [18]



Joonis 4. DSMAC süsteemiga loodav kujutis [17]

Lisaks on kasutusel süsteem, kus raketi välja tulistades jookseb kaasa kaabel, millega on tagatud juhtsüsteemi ühendus raketiga. Kasutatud on selleks fiiberoptilist andmesideühenduse kaablit, mis jookseb pooli pealt raketiga kaasa. Sellist süsteemi kasutab näiteks rakett SPIKE ER2 (vt Joonis 5), kus on näha taga jooksev ühenduskaabel. [15]

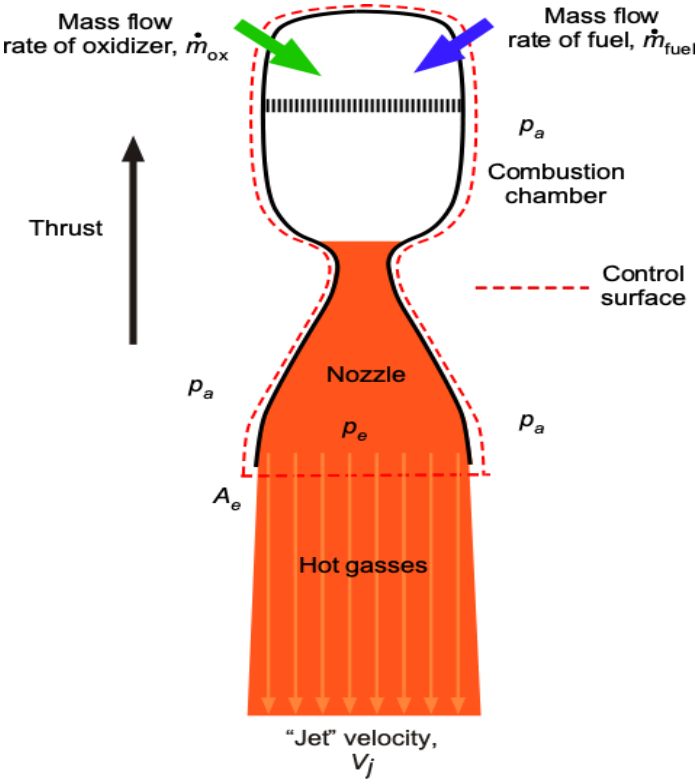
Joonis 5. Kaabeljuhtimist kasutav Rafael rakett [19]

1.3.2. Mootorid ja kütused

Raketimootoreid kasutatakse peamiselt kosmosetööstuses, et saata kosmosesse satelliite ja erinevat lasti. Samuti juhitakse nendega kosmosesõidukeid, mis juba kosmoses on, kuna mootor tekitab tõuke, mis viib masinat edasi. Kosmoses ei saaks kasutada tavalist sisepõlemismootorit, kuna seal pole õhku, mida mootor saaks kasutada põlemisprotsessis, ega maapinda, kuhu tekitatud jõudu rakendada. Seega kasutavad raketimootorid raketis olevat kütust (*propellant*) ja hapniku paaki, mis on vajalik mootori tööks. Raketikütus võib olla nii vedelal, tahkel kujul kui ka kombinatsioon tahkest kütusest ja hapnikust. Raketimootorid võimaldavad saavutada suuri kiiruseid ja töötada erinevates ilmastikutingimustes, mis on vajalik aspekt sõjalistes olukordades. Aeglaselt liikuvat raketti oleks väga lihtne hävitada ning pikamaa raketid võivad läbida lennutee jooksul erinevaid ilmastikuvööndeid ja seejuures peavad säilitama lennuvõime. [20]

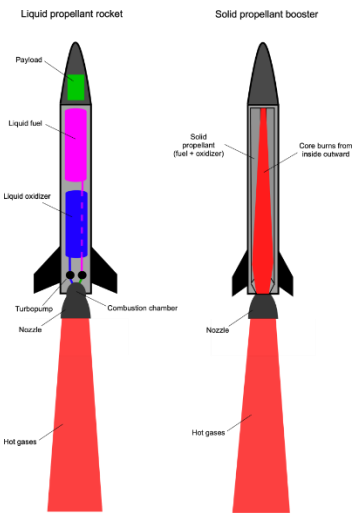
Iga raketimootori oluliseks osaks on propulsiooni teke, mis tekitab raketile liikumiseks vajalikku tõuget. See tõuge (ehk *thrust*) saavutatakse, kui tekib raketikütuse põlemine kõrgel rõhul ja temperatuuril, mille järel tekivad gaasid, mis liigutavad raketti edasi. See liikumine

põhineb Newtoni III seadusel, mis ütleb, et igale jõule mõjub samaväärne vastupidise suunaga jõud. Antud kontekstis kirjeldab seda, et kui gaasid väljuvad ühes suunas tekitavad need vastupidises suunas tõuke raketi kehale (vt Joonis 6.), kus on noolega märgitud düüsist väljuvad gaasid, mis tekitavad tervele kehale ülessuunas liikumise. [20]



Joonis 6. Düüsist väljuvad gaasid [20]

Peamiselt saabki raketimootoreid liigitada tõuke tegemiseks vaja mineva propulsiooni tekkimise alusel. On kahte tüüpi kütuseid nagu näiteks vedel kütus, mida üldjuhul kasutatakse kosmosetranspordis ja teisel juhul tahke kütus, mis on laialdaselt kasutusel rakettrelvade mootorites. Joonisel 7 on välja toodud vasakul pool vedela kütuse süsteemi kasutav rakett, kus vedelkütus ja hapnik suunatakse koos põlemiskambrisse, kus toimub plahvatus ja propulsioon. Paremal pool on kujutatud tahket kütust kasutav süsteem, kus tahke kütus ja hapnik on kombineeritud ja mis suunatakse samuti põlemiskambrisse, et tekitada propulsioon, mis tekitab liikuma panemiseks vajaliku tõuke. Tekkinud gaasid väljuvad raketi düüsist (ehk *nozzle*). [20]



Joonis 7. Tahke ja vedelkütuse raketid [20]

Tahke kütusega süsteeme kasutataksegi peamiselt rakettrelvastuse puhul lihtsuse, töökindluse ja kiire reageerimisaja tõttu. Need on kasutusel näiteks eelnevalt mainitud mandrite vaheliste ballistiliste rakettide (ICBM) süsteemides, kuna sellist tüüpi kütus suudab varustada raketti pikka aega. ICBM raketid on võimelised läbima distantsi, mis on suurem kui 10000 kilomeetrit ja seetõttu on vajalik pidev kütusega varustamine. Veel kasutavad tahket kütust õhk-õhu ja õhk-maa raketid. [20]

Tahkeks kütuseks kasutatakse üldjuhul komposiitmaterjali, mis sisaldab metallkütuse pulbrit ja keemilist oksüdeerijat, mis on seotud polümeersesse sideainesse. Enamjaolt on pulbrina kasutusel alumiiniumist koosnev metallkütus, sest see on suure energiasisalduse ja põlemissoojusega. Hapniku jaoks kasutatakse peamiselt ammooniumperkloraati (NH_4ClO_4) või amooniumnitraati (NH_4NO_3). Sideainena on kasutusel hüdroksüül polübutadieen ja polübutadieenakrülonitriil (PBAN). Kütus sütitakse seejärel väiksemahulise laenguga ja protsess kestab senikaua, kui kogu kütus on ära põlenud (ühesuunaline protsess). [20]

Lisaks on kasutusel ka reaktiivmootorid, mida kasutavad tiibraketid. Peamiseks tüübiks on turboreaktiivmootorid. Turboreaktiivmootor on reaktiivmootori tüüp, kus õhk surutakse kompressori abil põlemiskambrisse, kus sellele lisatakse kütus ja see süüdatakse. Põlemisel tekkinud kuumad gaasid liiguvad läbi turbiini ja väljuvad düüsist, tekitades liikumiseks vajaliku tõukejõu. Turboventilaatormootor *(turbofan engine)* on edasiarendus turboreaktiivmootorist, millel on täiendavalt lisatud suur ventilaator, mida käiab sama turbiin, mis kompressoritki. Ventilaatori mõte on suunata suuremal hulgal õhku mootori osadele. Turboventilaatormootorit F107 kasutab näiteks USA tiibrakett Tomahawk. [21]

1.3.3. Lõhkepead

Lõhkepea (inglise keeli *warhead*) on raketi osa, mis sihtmärgini jõudes annab sellele hävitava löögi. Vastavalt raketi tüübile on varustatud raketid erinevate lõhkepeadega. Relvrakettidel on mitmeid tüüpi lõhkepäid, mida saab liigitada kaheks: tuumalõhkepead ja konventsionaalsed lõhkepead. Sisuliselt seisneb nende kahe liigituse vahe kasutatavast energialiigist, mille puhul tuuma lõhkepead kasutavad tuumaenergiat ning klassikalised ehk konventsionaalsed lõhkepead keemilist energiat ja lõhkeainet. [22]

Konventsionaalseid lõhkepäid saab liigitada sihtmärgi tabamise iseloomu ja koostise järgi. Esimeseks alamliigiks oleks plahvatus tüüpi lõhkepea, mille eesmärk on tekitada sihtmärgile kahju tugeva lööklaine kaudu. Lõhkeaine detoneerumisel muutub see kiiresti kuumaks ja seeläbi tekib kõrge rõhuga gaas. Relvraketi ümbris puruneb kõrgest survest ja tekitab ka ümbritsevasse keskkonda šokilaine, mille suurus oleneb lõhkeaine koguseset. Üldjuhul on plahvatusel sellist tüüpi lõhkepeal omaseks 200 kilobaarine rõhk ja 5000 °C temperatuur. Teiseks tüübiks oleks fragmentatsiooni baasil põhinevad lõhkepead, mis kokkupuutel sihtmärgiga paiskavad ümbritsevasse keskkonda kiiresti lendavaid kilde, mis võivad tekitada suurema ulatusega kahju. Kolmandaks tüübiks on kumulatiivlõhkepea, mille sees asub alumiiniumist või vasest vooder, mis on tavaliselt kroonilise või poolkeralise kujuga. Kui lõhkepea tabab sihtmärki, toimub detonatsioon, mis põhjustab metallvoodri kokkuvarisemise, mille tagajärjel tekib kitsa ja väga kõrge kiiruse ja temperatuuriga sulametallist juga. See sulamijuga on võimeline läbima, tugevat soomust seega kasutatakse seda üldjuhul rünnakutes lahingmasinate vastu. Neljandaks liigituseks on spetsiaalsed lõhkepead, mis jagunevad omakorda kaheks: termo lõhkepead ja bioloogilised, keemia lõhkepead. Termolõhkepeade eesmärgiks on alustada suuri tulekahjusid ja seeläbi vastast nõrgendada. Keemia ja biorelvade kasutamine on suunatud inimeste pihta, et nõrgendada nende tervist ja elamiskeskkonda. [22]

Tuuma lõhkepead (ehk *nuclear warheads*) on lõhkepea tüüp, mis kasutab kahju tegemiseks tuumaenergiat. Võrreldes konventsionaalse lõhkepeaga on selle potentsiaalse energia hulk kordades suurem, ning on võimeline tekitama ka kordades suuremale alale kahjustusi. Lisaks suurele lööklainele ja plahvatusele eritab see radioaktiivset ainet, mille vahetusläheduses on ohtlik viibida. Samuti võib see tekitada tohutult suure kahju keskkonnale ja sellest taastumine võtab väga kaua aega. [22] [23]

1.3.4. Väljalasketüüp

Rakette on võimalik välja tulistada erinevatelt platvormidelt. Peamiselt on kajastatud meedias raketid nagu äsja Eestisse saabunud Himars süsteem. Põhja Korea uued ballistilised raketid on ehitatud mobiilse masina peale, millele juurde integreeritud raketiplatvorm, mis üles suunatuna tulistab välja raketi. See võimaldab rakette vajadusel liigutada turvalisse asukohta või sõidutada sobivasse kaugusesse välja tulistamiseks. [24]

Samuti leidub selliseid väljalaskesüsteeme, mis on ehitatud maa sisse tugevndatud silodesse, kus avatakse luuk ja tulistatakse rakett välja. Maaalune ehitus pakub kaitset ning nende asukohad on salastatud.

Joonis 8. Mobiilne raketikandeplatvorm HIMARS [25]

Lisaks on kasutusel ka sõjalaeva väljalaskesüsteeme, mida on väga palju ning neid kasutatakse erinevate sihtmärkide tabamiseks. Laeva laskesüsteemid kasutavad erinevaid süsteeme tabamaks sihtmärke õhukaitse eesmärgil, tabamaks teisi sõjalaevu või tulistada ka välja ballistilisi või tiibrakette. Näiteks kasutab Ameerika Ühendriikide allveelaev USS Alabama (SSBN-731) ballistilise raketi väljalaskesüsteemi.

Joonis 9. USS Alabama ballistilise raketi võimekusega allveelaev [26]

Samuti liigitatakse väljatulistamis süsteeme väljalaske asukoha ja sihtmärgi asukoha järgi. Näiteks võib tuua õhk- õhu (*Air-To-Air Missile*) raketi, mis tähendab, et rakett tulistatakse välja õhus lendavast hävitajast teise hävitaja pihta. Ehk siis nimetus tuleneb sellest, et kust kohast kuhu kohta rakett lendab. Lisaks on olemas erinevad variandid nagu näiteks mere-maa raketid, maa-õhk raketid, meri-meri (*Sea-To-Sea Missile*) raketid, tanki vastane rakett (*Anti Tank Missile*) ja edasi kõik võimalikud vastupidised variandid. [24]

2. RAKETTRELVASTUSE LIIGITAMINE

Teadaolevalt on erinevaid rakettrelvasid väga palju ning neid on võimalik liigitada erinevatel alustel. Rakette saab eristada tüübi, väljalaske süsteemi, lennukauguse, mootori ja lõhkepea järgi. Kuna eelnevates peatükkides on nendest juttu tulnud, siis liigitaks autor relvraketid tüübi ja lennukauguse järgi. Peamiselt saab eristada relvarekette kolme suurema tüübi järgi: ballistilised raketid, tiibraketid ja mitmikraketi süsteemid. [24]

2.1. Ballistiliste rakettide tööpõhimõte ja liigitus

Ballistilistest rakettidest on olnud palju juttu meedias, just Venemaa poolsete rünnakute näol Ukraina vastu, kus kasutatakse neid massihävitusrelvana. Need on riigi kaitsevõimekuse üheks suurimaks näitajaks ning mängivad olulist rolli sõjastrateegilistes olukordades.

Ballistika ise on klassikalise mehhaanika haru, mis uurib liikumist, mida objekt sooritab pärast selle väljaheitmist või tulistamist. Relvastuse kontekstis keskendutakse eelkõige välisballistikale, mis tähendab kuuli või raketi lennutrajektoori uurimist alates relvast või väljalaskesüsteemist väljumisest kuni sihtmärgini jõudmiseni. [27]

Ballistiline rakett on rakettrelva süsteem, mis on varustatud raketimootoriga ja mis kasutab inertsiaaljuhtsüsteemi, et oma paraboolse lennutrajektooriga tabada sihtmärki konventsionaalsete või tuuma lõhkepeadega. Erinevus teistest raketi tüüpidest seisnebki just iseloomulikust paraboolsest lennutrajektoorist ja raketi suurest lennukõrgusest. [28]

Ballistilisel raketil on ka erinevad staadiumid, mis toimuvad väljalaskmisest kuni sihtmärgini jõudmiseni. Siinkohal tuleb mainida, et ka lennukõrgused on erinevad, sõltuvalt raketi lennuulatusest, millest tuleb juttu järgmises alapeatükis. Käesoleva näite puhul kirjeldatakse mandritevahelise raketi töötsüklit. Esimeseks faasiks peale välja tulistamist on tõuke faas (*boost-phase*), mille käigus kiirendab raketimootor raketi kõrguseni, kus see on ise võimeline tõusu jätkama ilma välise tõuketa. Tõusu kõrgus ja ajaline kulu sõltub sihtmärgi kaugusest ja raketi võimekusest. Teiseks faasiks on kesklennu faas (*mid-course phase*), kus raketimootor enam tõuget ei anna ja rakett liigub inertsiga edasi. Uutemate mandritevaheliste rakettide puhul võib selleks kõrguseks olla kuni 7000 kilomeetrit. Rakett jätkab oma paraboolset teekonda, kuni gravitatsioon hakkab teda aeglustama ja enda poole tõmbama. See faas kestab seni, kuni rakett hakkab jõudma tagasi Maa atmosfääri, peale mida

algavat faasi kutsutakse terminaalseks faasiks (*ehk terminal-phase* või *re-entry phase*). Ebavajalikud osad eraldatakse ülejäänud raketist ja lõhkepead kukuvad tänu gravitatsioonile sihtmärgi pihta. Kuna sellist tüüpi rakett lendab väga kõrgelt ja suurtel kiirustel sihtmärgi poole, on seda väga raske hävitada. Kõige tõenäolisem hetk, kus raketti saaks õhutõrjega hävitada oleks tõukefaasis, kuid see on samuti raskendatud väljalaskmise asukoha tõttu. [29] [30]

Raketi teekonda tõuke faasis iseloomustab eelnevas ajaloo peatükis mainitud Tsiolkovsky võrrand, mida kutsutakse ka ideaalseks raketi võrrandiks. Raketi lennu ajal muutub selle mass pidevalt tänu konstantsele gaaside väljumisele kütuse põlemisest tekkinud protsessi tõttu. Kuna mass on pidevas muutumises, siis ei saaks siinkohal kirjeldada liikumist Newtoni II seaduse järgi, kus mõjuv jõud on võrdne keha massi ja selle kiirendusega. Tsiolkovsky võrrand ütleb, et raketi läbitud vahemaa muutus on võrdeline düüsist väljuva kütuse kiiruse ja logaritm funktsioonis oleva algse massi ning lõppmassi (ehk mass peale lendu tõusmist) omavahelise korrutisena. [31]

m_e – *empty mass*, ehk raketi tühimass ilma kütuseta

m_p – *propellant mass*, ehk kütuse mass

m_f – *initial full mass*, ehk raketi algne täismass

Δu – *velocity change (delta)*, ehk läbitud vahemaa muutus sekundis kindlas suunas

MR – *propellant mass ratio*, ehk raketi mass koos kütusega: raketi tühimass

V_{eq} – *equivalent exhaust velocity*, ehk vastav kütuse väljalaske kiirus

$g_0 = 8.91\, m/s^2$ – *gravitational constant*, ehk gravitatsiooni konstant [31]

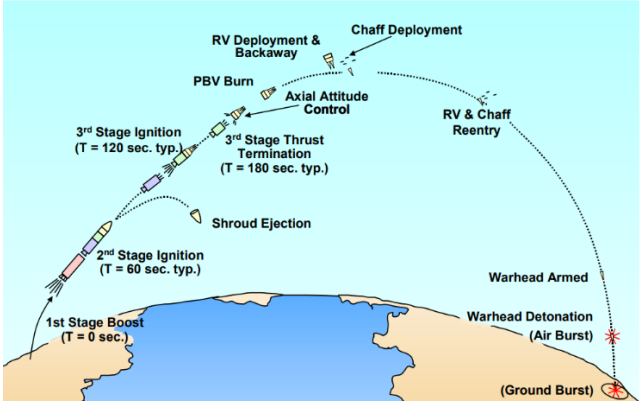
Raketi hetkeline mass (M), mis muutub ajas tänu kütuse põlemisele, koosneb raketi tühimassist m_e (mass ilma kütuseta) ja kütuse massist m_p. Seega oleks hetkelise massi arvutamiseks võrrand $M(t) = m_e + m_p(t)$, mille puhul liidetakse kokku tühimass ja kütuse mass. T tähistab, et ühik on ajas muutuv. [31]

Liikudes edasi defineeritakse raketi algmass enne õhku tõusmist: $M_{initial} = m_f = m_e + m_p$. Logaritm funktsiooni osas jagataksegi algmass omavahel tühimassiga, mida saab ka

defineerida MR na. Seega ideaalseks raketi võrrandiks oleks: $\Delta u = V_{eq}\, ln \frac{(m_f)}{(m_e)} = V_{eq} \ln(MR)$. [31]

Samuti on võimalik ka seeläbi arvutada välja vajalik MR, mida läheb tarvis kindla vahemaa läbimiseks. Parema ülevaate andmiseks sellise arvutuse puhul, tuuakse välja näiteülesanne. Vedelkütusega rakettmootori nagu näiteks Space Shuttle'i peamootori, iseloomulik impulss on ligikaudu 350 sekundit. Seda impulssi saab defineerida läbi $V_{eq} = I_{sp} \times g_0$, ehk see on võrdne gravitatsiooni konstanti ja impulsi korrutisena. Maa ümber tiirlemiseks 200 miili ehk ligikaudu 321 kilomeetri kõrgusel orbiidil on vaja saavutada kiirus umbes 7619 meetrit sekundis. Maa gravitatsiooniline kiirenduskonstant on selle arvutuse kontekstis 32,2 jalga sekundis ruudus ehk 9.81 m/s^2[31]

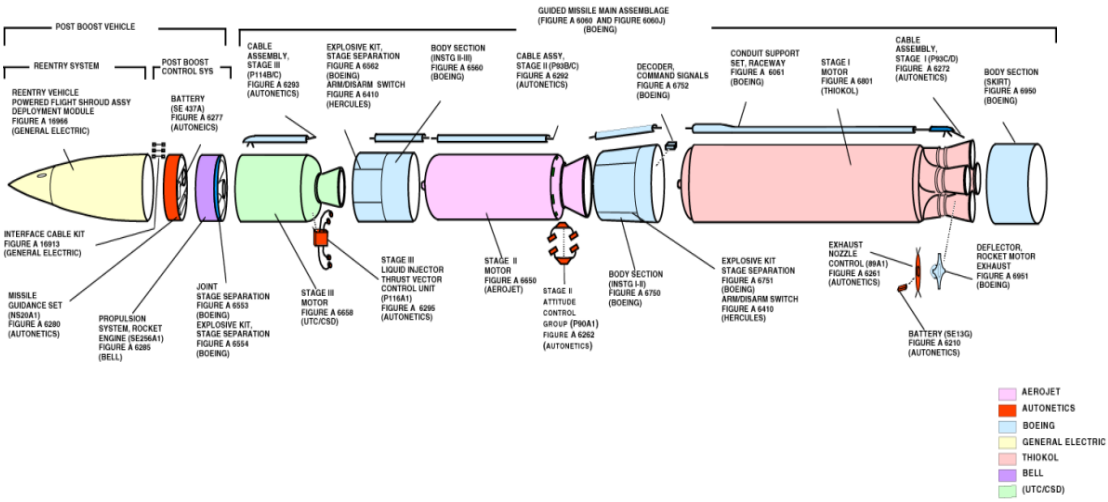
Seega saame võrrandit defineerida läbi vajamineva impulsi, ehk $\Delta u = I_{sp} \times g_0 \ln(MR)$, mille põhjal saab tuletada $MR = e^{\frac{\Delta u}{I_{sp} \times g_0}}$. Pannes ülesandne andmed arvutusse, siis saame $MR = e^{\frac{7619}{350 \times 9.81}} \approx 10$. Sisuliselt näitab see arvutus, et valdav mass, mida rakett kaasas veab õhku tõustes on kütus ning väikse osa sellest moodustab raketi enda kaal ja kaasas veetav last. [31] Illustreerivaks näiteks teekonna iseloomustamiseks on USA ballistiline rakett Minutimees LGM-30 (*Minuteman LGM-30*).



Joonis 10. Ballistilise raketi lennutrajektoor [32]

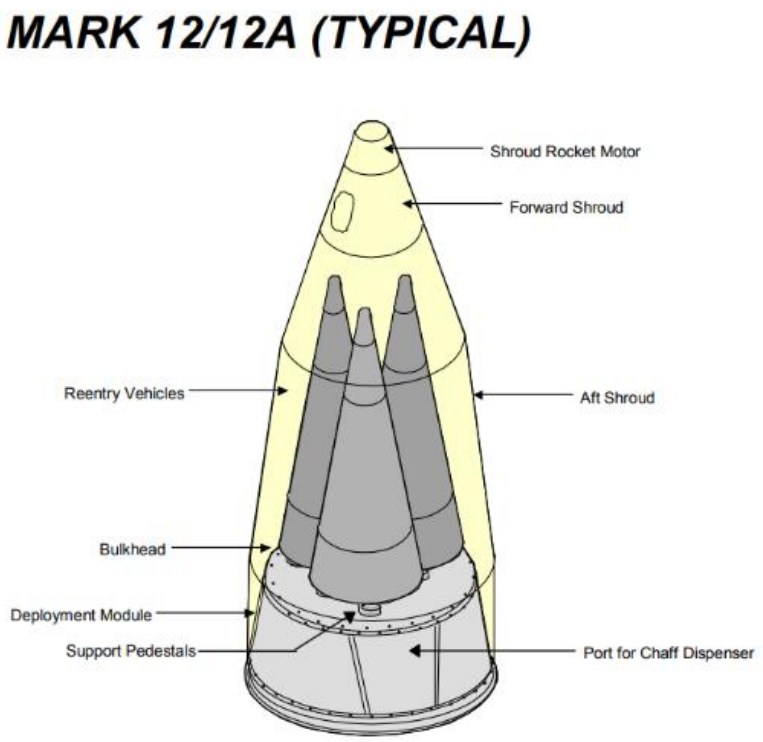
Joonisel 10 on välja toodud eelpool mainitud faasid. Selle raketi puhul kasutatakse tõukefaasis, mis algab joonise all vasakus servas (vt Joonis 10), omakorda kolme erinevat mootorit staadiumite jaoks. Seejärel korrigeeritakse kesklennufaasis trajektoori kuni lõhkepea kestast eralduvad erinevad lõhkepead, mis alustavad langemist sihtmärgi poole. Kesklennufaasis juhitakse allesjäänud raketi osa MSG inertisaaljuhtsüsteemiga, mis sisaldab

güroskoope ja erinevaid juhtelemente. Samuti joonistub välja raketi lennu puhul paraboolne teekond.



Joonis 11. Minuteman LGM-30 struktuur [33]

Sellel joonisel on kujutatud LGM-30 erinevad osad. Alustuseks kirjeldatakse tõuke ja kesklennutee läbimiseks vajalikke osasid. Kasutusel on kolm mootorit, milleks on Staadium I (*Stage I*) A Thiokoli mootor, mida on kujutatud roosa värviga. Järgmise staadiumi mootriks, mida on kujutatud lilla värviga on Aerojet. Viimase staadiumi (*Stage III*) mootoriks on rohelise värviga kujutatud UTC. Sinisega on kujutatud kere osad, mis eralduvad erinevates tõuke faaside teekonnas. Samuti on varustatud ka gaasitõukuritega, mis annavad võimaluse raketi trajektoori korrigeerida. Raketi nina osas on välja toodud punase osana juhtimissüsteem, mis võimaldab enne lõhkepeade vabastamist viimase trajektoori korrektuuri anda. Lõhkepead asetsevad raketi nina osas (kollasega märgitud) koonilises kestas, mis kaitseb lõhkepäid madalate ja kõrgete temperatuuride eest. [33] [34]



Joonis 12. Lõhkepead koos kestaga [35]

Joonisel kirjeldatakse lõhkepeade süsteemi, mis on osaleb terminali (ehk *re-entry*) faasis. Lõhkepead asetsevad raketi nina osas (kollasega märgitud) koonilises kestas, mis kaitseb lõhkepäid madalate ja kõrgete temperatuuride eest. Jõudses õigele kõrgusele eemaldub kest ja lõhkepead liiguvad sihtmärgi suunas. Tuleb tähelepanu juhtida asjaolule, et ballistilise raketi trajektoor ei ole täiesti perfektne parabool, sest tänapäeva rakette on tänu nende arengule võimalik juhtida ka terminaalfaasis (ehk langemisel). [35]

Ballistilised raketid jagunevad peamiselt oma lennu kauguse poolest kolme kategooriasse. Vastavalt nimetusele on nende lennukaugusteks:

a) lühimaa ballistiline rakett – lennukaugus vähem, kui 1000 kilomeetrit (km);
b) keskmaa ballistiline rakett, mille lennukaugus on 1000-5500 km;
c) mandrite vaheline ballistiline rakett, mille lennukaugus on üle 5500 kilomeetri. [36]

Lisaks on võimalik ka neid liigitada lõhkepea tüübi järgi.

2.1.1. Mandrite vaheline ballistiline rakett

Mandritevahelist ballistilist raketti kutsutakse selliselt, sest see on võimeline läbima väga pikkasid distantse. Üldjuhul nimetatakse neid ICBM ehk *Intercontinental Ballistic Missile* ja nende lennukaugus on vähemalt 5500 kilomeetrit. Peamiselt omavad neid suurriigid nagu USA, Venemaa, Hiina, Põhja Korea ja India. Hetkel on toimumas nende pidev arendus, kus proovitakse saavutada pikemaid lennudistantse, vähendada õhutõrje poolt tuvastusvõimet ja suurendada hävitusvõimet. Näiteks Põhja-Korea üks liidreid, kes aktiivselt arendamisega tegeleb. Nad on katsetanud tahke kütusega ICBM Hwasong-19 raketti, mis saavutas aastal 2024 lennukõrguse üle 7000 km ja lennu kestuseks fikseeriti 86 minutit. 2023 aasta oktoobris testiti ka sellele eelnevat mudelit Hwasong-18, mis näitab, kui palju rõhku pannakse rakettide arenduses. [36] [37]

Joonis 13. Minuteman LGM-30 [38]

Käesolevas Ukraina sõjas on kasutatud mitmeid ICBM rünnakuid Ukraina vastu, mis on kaasa toonud palju inimohvreid ning hoonete ja linnade hävimisi. Venemaa viis läbi aastal 2024 sõjaajaloo esimese ICBM rünnaku Ukraina vastu, kasutades Dnipro linna sihitud Rubež raketti. Varaseim juhtum ICBM kasutamisel leidis aset käesoleva aasta 24. aprillil, mis tõi endaga kaasa 8 tsiviilelaniku surma. Selliseid rünnakuid viiakse üldjuhul kombineeritult ka teist tüüpi relvastusega nagu näiteks droonid ja ka tiibraketid, et hävitusvõimet veelgi suurendada. [39]

2.2. Tiibraketid

Teiseks raketi klassifikatsiooniks on tiibraketid, mis erinevad oma lennuomaduste poolest eelnevalt kirjeldatud ballistilistest rakettidest. Tiibraketile on omane lennutrajektoor, mis on sõltuvuses maapinna kontuuriga. See tähendab, et välja tulistatuna on see suuteline lendama väga madalatel kõrgustel (mõned meetrid maapinnast), mis annab eelise õhutõrjesüsteemide ees, sest madalal kõrgusel lendavaid objekte on raske tuvastada. Need raketid kasutavad eelnevalt kirjeldatud TERCOM juhtsüsteemi, mis vastavalt maastikule korrigeerib raketi lennutrajektoori. Lisaks kasutatakse ka DSCMAC, INS ja GPS süsteeme. Süsteemid võimaldavad tegelikkuses lennata atmosfääri piires mistahes kõrgustel. Kõrgema lennu puhul kasutab rakett vähem kütust, sest õhutihedus on seal väiksem ja seega õhutakistus madalam. On olemas ka süsteeme, mis võimaldavad otsepildis raketi lennutrajektoori kontrollida, võimaldades ära hoida näiteks vale sihtmärgi tabamise. [61]

Tiibrakettide puhul on kasutusel peamiselt reaktiivmootorid. Enamasti lendavad need raketid alla helikiiruse ning kasutavad turboventilaator -või turboreaktiivmootoreid. Kiiremate nagu näiteks ülehelikiiruselisiste tiibrakettide puhul kasutatakse Ramjet ja Scramjet mootoreid. Mõned mudelid rakendavad lisaks raketimootoreid näiteks stardietapil tõukejõu saavutamiseks või sihtmärgini jõudma hakates kiiruse suurendamiseks. Samuti on iseloomulik, et tiibraketi mootori puhul töötab see terve lennu vältel erinevalt ballistilisest raketist. Sarnaselt ballistilistele rakettidele on seda võimalik välja tulistada erinevatelt platvormidelt nagu näiteks sõjalaevad, allveelaevad, maapealsed punkrid ja mobiilsed raketikandurid. Lisaks kasutakse ka erinevaid lõhkepea tüüpe: konventsionaalseid, tuuma ja bioloogilisi lõhkepäid. Tiibrakettide lennukaugus on sõltuvalt mudelist 500-2500 kilomeetrit. Alumisel joonisel (vt Joonis 14.) on kujutatud Ameerika Ühendkuningriikide tiibraketti Tomahawk, mis on võimeline lendama kiirusel kuni 885 km/h ning tabama sihtmärki 5 meetri raadiuse täpsusega. Huvitav omapära Tomahawki puhul, on selle võime vältida õhutõrje tuvastussüsteeme, tehes järske manöövreid. Kasutusel on eelnevalt mainitus inertsiaal + GPS juhtsüsteem kombineeritult maastiku kopeerimis süsteemi TER-COM -ga. [61] [36] [40]

Joonis 14. Tiibrakett Tomahawk [18]

Omaduste selgemaks võrdlemiseks koostati tabel. Sarnasteks omadusteks on juhtsüsteemid, lõhkepea tüüp ja kasutamise eesmärk. Suurimaks erinevuseks on lennutrajektoor ja lennukaugus.

Tabel 1. Ballistilise -ja tiibraketi omaduste võrdlus [18] [28]

Omadus	**Ballistiline rakett**	**Tiibrakett**
Lennutrajektoor	Paraboolne, kaarjas	Sirgjooneline, horisontaalne, võimalik juhtida lennu ajal
Lennukõrgus	Maa atmosfääri piires/väljas	Maa atmosfääri piires
Lennukaugus	Sõltuvalt tüübist 10000 + km	Sõltuvalt tüübist 500-2500 km
Mootor	Raketimootor (töötab tõukefaasis)	Reaktiivmootor (töötab terve lennu vältel)
Juhtsüsteem	INS, GPS	INS, GPS, TER-COM, DSMAC
Lõhkepea	Tuuma, konventsionaalne	Tuuma, konventsionaalne
Kasutus	Kõrge väärtusega sõjalised sihtmärgid	Kõrge väärtusega sõjalised sihtmärgid
Umbkaudne maksumus	Suurem	Väiksem

3. RAKETTRELVASTUSE ANALÜÜS

Käesoleva analüüsi eesmärgiks on võrrelda erinevaid rakettrelvasüsteeme ja pakkuda välja variant, mis võiks sobida Eesti kaitseväe vajadustele ja mida tulevikus saaks toota. Võrdlemiseks on kasutatud erinevaid omadusi, milleks on raketi lennukaugus, ligikaudne maksumus, lõhkepea tüüp ja juhtsüsteemi tüüp ning tarnitavus.

Analüüsis tuuakse välja rakettrelvade olulisus kaitsevõimekuse kujunemisel, Eesti ja Ukraina sõjastrateegiline rakettrelvastuse kasutamine ja kirjeldatakse olemasolevaid süsteeme ja nende alternatiive, mida Eesti kasutab ning potentsiaalselt hankida võiks. Analüüs on läbi viidud tuginedes teooria osale ja avalikele infoallikatele. Sõjastrateegiliste objektide väljatoomise eesmärk on paremini illustreerida, kuidas ja mille jaoks rakettrelvastust kasutatakse.

3.1. Eesti praegune kaitsevõimekuse seis rakettrelvastuse näol

Läbi ajaloo on Eesti riik olnud mõjutatud mitmetest sõdadest, mis on riiki lõhestanud ja tekitanud palju kahju. 20. sajandil okupeeriti Eesti esmalt Nõukogude Liidu, seejärel Saksamaa ja taas Nõukogude Liidu poolt. Siiski on Eesti Vabariik suutnud oma iseseisvuse säilitada peale Nõukogude Liidu väljumist Eesti territooriumilt 1991. aastal. Pärast taasiseseisvumist on ühinemine Euroopa Liidu ja NATO-ga 2004 aastal andnud praegusele Eesti julgeolekule palju juurde tänu liikmesriikide abile sõjalise konflikti korral. NATO liikmelisus annab Eestile kindlama kaitsevõime, lepingus sätestatud Artikkel 5 järgi, mis ütleb, et sõjalise rünnaku puhul on kohustus liikmesriikidel aidata sõjalise abiga rünnatavat riiki. Kaitseväejuhataja Andrus Merilo sõnul on oluline ka lepingu Artikkel 3, mis sätestab, et liikmesriigid peavad ka iseseisvalt oma kaitsevõimet pidevalt arendama. Samuti on Eesti pidevalt ehitanud üles reservarmeed, mis samuti konflikti puhul mängib olulist rolli riigi kaitsevõimekuses ja Merilo sõnul on võimeline mobilisatsiooni korral andma olulise panuse kaitsevõimele. [2] [41] [42]

Venemaa agressioon Ukraina vastu on näidanud, milleks on ta sõjaliselt suuteline ja kui palju sõjalist ressurssi neil tegelikult on, mida rünnakutes kasutada. Teadagi on Venemaa Eesti (ja ka NATO) idanaaber, mis mõjutab oluliselt viimasel ajal sõjasse suhtumist. Riigid on alustanud suuremat rahalist investeerimist kaitsesektorisse. Eesti, tänu oma asukohale, on

samuti hakanud suurelt oma kaitsekulutusi tõstma ja on investeerinud uutesse relvasüsteemidesse, hankinud erinevaid soomukeid näiteks 2. Jalaväebrigaadile. Lisaks erinevatele hangetele on hakatud arendama ka sõjalist tööstust. Näiteks on käimas kaitsetööstuspargi ehitus Pärnu maakonnas, kus hakatakse tootma erinevat moona. [43]

3.2. Rakettrelvastuse olulisus riigi kaitsevõime kujundamisel

Sõjaliselt võimekad riigid omavad suurel hulgal erinevat relvastust, mida kasutada enda kaitseks või ka rünnakuteks teiste riikide vastu. Tehnoloogia areng on loonud olukorra, kus on võimalik kasutada väga võimekaid relvi, lastes neid väga pikkadelt distantsidelt näiteks koduriigist vastase territooriumile. Sõjastrateegia vaatenurgast on sellist tüüpi relvade kasutamine ründajale kasulik, sest distantsi hoides vastasest säästetakse enda isikkoosseisu, kuna ei viibita vahetus kontaktis vastasega. Seepärast on ka veel lisaks kasutusel droonid, mis on sõja dünaamikat väga palju muutnud. Ukraina-Venemaa sõja näitel kasutatakse droone väga palju vastaste isikkoosseisu ja tehnika tuvastamiseks ning hävitamiseks.

Teine aspekt, mis kujundab riigi kaitsevõimet on heidutus. Heidutus (*deterrence*) tähendab sõjalises kontekstis potensiaalse vastase veenmist rünnakut teostamata jätta. Heidutust saab liigitada kahte moodi. Esimest viisi nimetatakse karistuslikuks heidutuseks, mille puhul ähvardatakse vastast rünnaku järgselt omapoolse vastulöögiga. Teiseks viisiks on tõkestav heidutus, mille puhul veendakse vastast rünnakut mitte läbi viima põhjusel, et see oleks nende jaoks tulutu või raskendatud läbi olemasolevate kaitsesüsteemide või relvalise võimekuse. [1]

Eesti kui NATO idapiiril asuva väikeriigi puhul, on heidutusvõimekuse ülesehitamine olulise tähtsusega. NATO heidutus Balti riikides tugineb mõlemale: liitlasvägede kohalolu, mis viitab karistsulikule heidutusele ja kohaliku kaitsevõime tugevdamine ehk tõkestamine. Kaitseväe juhataja Andrus Merilo sõnul on parimaks heidutuseks riigi enda enesekindlus, mis väljendub selles, et riik pidevalt valmistub potentsiaalseks sõjaks omades teadmisi ja kogemusi. Kogemuste all mõtleb Merilo varasemat konflikti toonase Nõukogude Liiduga, kust tuldi iseseisvana välja ja mille tulemusena on olemas praegune Eesti Vabariik. Praeguses sõjaolukorras Euroopas tulenevalt on Eesti Kaitseväe peamiseks eesmärgiks Merilo sõnul heidutada potentsiaalset vastast ja muuta tema rünnak teostamatuks. [2]

Teises intervjuus räägib Merilo, et praegusel hetkel olemasolev Himarsi raketisüsteem ei ole ainuke rakettrelv, mida kasutada, vaid sinna kõrvale on vaja kindlasti veel lisaks sarnaseid alternatiive, mis on turul kiiremini kättesaadavamad ja lihtsamini hangitavad. “Kõigepealt peame olema võimelised kohe konflikti alguses viima sõjasurmad ja mõjud tagasi Venemaa territooriumile. Selleks on meil vaja täppislöögivõimet pikkadele distantsidele. Seda me ehitame täna üles.” sõnab Merilo. Samuti on oluline aspekt on ka arendada õhutõrjesüsteeme, mis peaks kaitsma Eestit alates lühimaarakettidest ballistiliste rakettideni välja. [2]

Avalikud indikaatorid eesmärkide saavutamiseks	Algtase (2022)	Vahetase (2025)	Sihttase (2031)
Kaitsekulu baastaseme osakaal SKPs[1]	2,31%	>2,00%	>2,00%
Ajateenijate arv aastas	3500	3800	4000
Kaitseväe sõjaaja struktuuri suurus	21 500	25 300	26 700
Tegevväelaste arv	3586	3697	3846
Relvasüsteemide maksimaalne tuleulatus	24 km	200 km	300 km
Eesti elanike kaitsetahe (valmisolek osaleda kaitsetegevuses)	57,6%	≥60%	≥60%
Elanike osakaal, kelle hinnangul on Eesti välispiir hästi kaitstud	64,5%	≥60%	≥60%
Elanikkonna valmisolek 7-päevaseks iseseisvaks toimetulekuks	60,3%	≥75%	≥75%
Välisesinduste turvalisuse määr	23,3%	87,5%	100%

Joonis 15. Eesti kaitsekulutuste arengukava [44]

Eesti Kaitseväe arengukava järgi on plaan suurendada relva maksimaalset laskekaugust. Aastal 2022 oli maksimaalseks kauguseks 24 kilomeetrit. Aastaks 2025 ja 2031 on arengukava järgi planeeritud hankida rakettrelvi, mis lendavad vastavalt 200 kilomeetri ja 300 kilomeetri kaugusele, kuid praeguseks on see eesmärk juba täidetud ATACMS raketi hankimise näol. [44]

3.3. Eestis kasutatavad süsteemid ja rakettrelvad

Seoses suurema rahastusega Eesti kaitsesektorisse ja NATO plaaniga tõsta liikmesriikide sõjalist võimekust on Eesti ja USA kaitsekoostöö agentuuriga DSCA sõlminud tänaseks päevaks lepingu, mis annab Eestile HIMARS raketisüsteemid koos vajaliku rakettmoona ja vajaminevate lisasüsteemidega. Selle hanke kogumaksumuseks on ligikaudu 500 miljonit USA dollarit. [45]

Käesoleval aastal sai Eesti riik endale juurde kuus HIMARS raketisüsteemi. Tuntud USA sõjatööstuse ettevõtte Lockheed Martin toodetud HIMARS on raketisüsteem, mis kasutab mobiilset FMTV masinat, millele on integreeritud mitmikraketi väljalaskesüsteem (MRLS).

Süsteem kasutab GMLRS rakette, mille lennuulatus on kuni 70 kilomeetrit ja ATACMS rakette, mis on võimelised tabama sihtmärki kuni 300 kilomeetri kaugusel. Kokku on hankes GMLRS rakette 800 ringi, mis on võimelised tabama sihtmärke kuni 70 kilomeetri kaugusel. Pooled neist on varustatud lõhkepeadega, mis on mõeldud konkreetsete sihtmärkide, näiteks radarijaamade või laskemoonaladude hävitamiseks. Ülejäänud raketid plahvatavad vastase kohal õhus ning paiskavad laiali ligikaudu 150 000 väikest volframist kuulikest, mis on mõeldud vastase jalaväe ja tehnika kahjustamiseks. Ülejäänud rakettide puhul on maksimaalne kaugus umbes 150 kilomeetrit. Ka need jagunevad kaheks eriotstarbeliseks tüübiks. Neid eristab lühema lennuulatusega versioonidest täpsem kõrgusemõõtja, mis võimaldab plahvatuse hetke täpsemalt ajastada sihtmärgi kohal. Kasutusel on nende rakettide puhul IMPS (*Insensitive Munition Propulsion System*) mootor ning sarnaselt INS juhtsüsteem. [45]

Joonis 16. ATACMS relvraketid [46]

Süsteem on hangitud Eestile tänu selle pikaaegse kasutusele erinevates sõdades, kus Himars on ennast tõestanud efektiivse rakettrelva süsteemina. Seda on kasutatud suuremahuliselt Afganistanis ja Ukraina sõjas. Ukraina sõja näitel on ATACMS rakettidega hävitatud efektiivselt juhtimispunkte, laskemoona ladusid ja õhutõrjesüsteeme. Samuti on Himars süsteem kasutusel ka NATO liikmesriikidel, mis võimaldab selle lihtsa integreeritavuse Eesti tingimustesse. USA rahastamine HIMARS süsteemide jaoks on osa laiemast julgeoleku abipaketist, mille eesmärk on tugevdada NATO idatiiva kaitsevõimekust. Ka kaitseministri Hanno Pevkuri sõnul viib Himarsi süsteem Eesti kaitsevõimekuse uuele tasemele. [45]

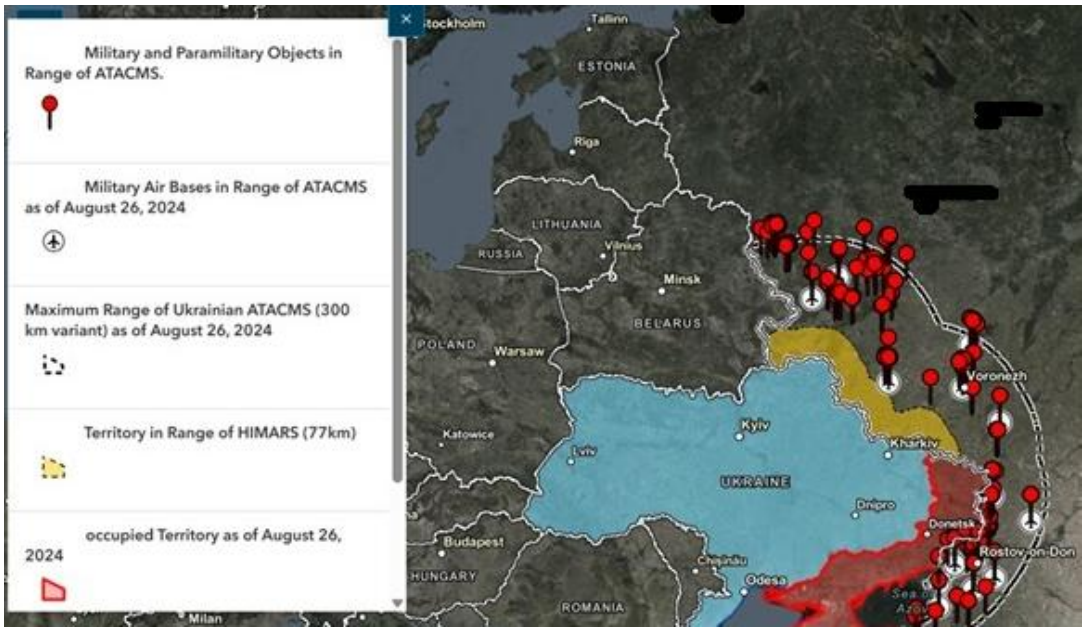
Tabel 2. Himarsi omadusi kirjeldav table [45] [47] [48]

OMADUS	HIMARS
Päritolumaa ja tootja	USA, Lockheed Martin
Platvorm (raketisüsteemi kandev mobiilne masin)	FMTV 6X6 soomustatud veoauto
Raketi väljalaske tüüp	Mitmikraketiheitja (MLRS) + ATACAMS konteiner
Süsteemis kasutatvad raketid (+ lennukaugus)	ATACAMS (-300 km), GMRLS (-70 km), PrSM (-500 km)
Tabamuse täpsus (CEP)	<10 meetrit
Juhtsüsteem	INS + GPS
Süsteemi hanke tarneaeg	2-4 aastat
Hetkel teenistuses	Eesti, Ukraina, Poola, USA

3.4. Rakettrelva sõjastrateegilise kasutuse analüüs Ukraina sõjas

Ukraina on samuti kasutamas praeguses sõjas HIMARS süsteeme. Rakettrelvaga on võimalik hävitada vastaspoole sõjastrateegilisi ehitisi nagu näiteks lennuväljad, moonalaod, sõidukite pargid ja muud vastase logistikaga seonduvad objektid. Selliste sihtmärkide hävitamine nõrgestab vastase võimekust alustada rünnakuid, varustada teatud üksuseid moonaga, viivitada rünnakuid ning ka vastase isikkoosseisu. Lisaks sõjalistelt tähtsatele ehitistele on pidevalt teinud agressorriik raketirünnakuid ka erinevatele Ukraina haiglatele, koolidele ja ka lasteaedadele, mida kõike võib liigitada sõjalisteks kuritegudeks. Sellise tegevusega soovitakse külvata rahva seas hirmu ja näidata, kui kaugele on riik nõus minema, et saavutada oma sõjalisi eesmärke. [47]

Juhitavate rakettrelvade kasutamiseks on vaja luureinfot, et teada, kus asuvad potentsiaalse vastase punktid, mida soovitakse tabada. Alumisel joonisel (vt Joonis 17.) on kujutatud eelnevalt mainitud ATACMS rakettide võimekust tabada erinevaid strateegiliselt olulisi punkte nagu näiteks õhubaasid, lennuväljad ja laod. Samuti on võimalik tagasi vallutada vastaspoole poolt hõivatud maa-ala. Joonise eesmärgiks on tekitada parem arusaam raketi lennuulatusest ja selle potentsiaalist.



Joonis 17. ATACMS raketi laskeulatus [48]

Alumisel joonisel on toodud välja üks lennubaas, kus hoiustatakse erinevad hävitajad, mis on samuti ATACMSI rünnaku ulatuses. Sellist tüüpi asukohad on tihtipeale rünnakute sihtmärgiks, et nõrgendada vastase logistilist poolt. [48]

Joonis 18. Lennuväli [48]

Olulisteks strateegilisteks sihtmärkideks on tavaliselt eelnevalt mainitud ammunisatsioonilaod, kus hoiustatakse erinevate relvade laskmiseks vajalikku moona, rakettrelvastust ja kõike muud sellega seonduvat. Alumisel joonisel (vt Joonist 19.) tuuakse välja näited, milliseid võivad välja näha erinevad sõjastrateegilised objektid. Joonisel on kujutatud rakettrelvastuse ammunisatsiooniladu, mis käesoleva aasta käigus ka hävitati Ukraina poolt ja mis hoiustas 264 tonni erinevat tüüpi moona. [49]

Joonis 19. Relvastuse -ja moonaladu [49]

Sõjalises kontekstis koostab sellist infot (potentsiaalsete sihtmärkide kohta) luure, kelle ülesandeks ongi leida vastasele olulisi punkte ja saada nende kohta teada võimalikult palju informatsiooni. Luure tegemiseks kasutatakse näiteks erinevaid internetiallikaid, satelliidi pilte ja ka endapoolseid viise, mille puhul lennutatakse näiteks vastase positsioonidest üle mehitamata droon, mis jäädvustab sõjalised objektid. [50]

26. mai seisuga on saanud Ukraina laialdasema loa liikmesriikidelt, et nende raketisüsteeme kasutada ning muuta kehtetuks laskmiskauguse piirangud. Saksamaa liidukantsler Friedrich Merz sõnul on kaotatud igasugused piirangud lääneriikidest ehk USA, Saksamaa, Suur Britannia ja Prantsusmaa tarnitud relvastuse puhul. [51]

See asjaolu näitab, miks on oluline riigil endal oluline toota relvasüsteeme ise, et neid vajaduse korral kohe kasutada saaks, mitte ootama jääda lubasid, mis võivad käsuahelate tõttu liialt ajakulukaks kujuneda.

Siinkohal tuuakse ka näide rakettrelvastuse poolt tekitatud kahjust Ukrainas. Viimane tehtud rünnak toimus perioodil 23.05-26.05.2025 Kiievis, kus kasutati agressori poolt kokku umbes 14 ballistilist raketti ja ligikaudu 250 drooni. Rünnaku tulemusena hävisid mitmed elumajad ja hooned ning oli ka inimohvreid. [52]

Joonis 18. Raketirünnaku tagajärjed Ukrainas [52]

3.5. Rakettrelvastuse sõjastrateegiline kasutus Eesti näitel

Strateegia tähendab sihipärast tegevuskava või meetodite kogumit, mille eesmärk on soovitud tulemuse saavutamine. Sõjalise strateegia puhul tähendab see enamasti sõjalise jõu kasutamise või selle kasutamise ähvarduse rakendamist, et saavutada teatud eesmärgid vastase suhtes. [53]

Üheks sõjastrateegiaks on taganemine (*retreat*), mida kasutatakse, kui vastase jõud on suurem, kui kaitsev jõud. Taganemise puhul on võimalik koguda vastase kohta informatsiooni, et paremini mõista tema taktikaid ja üksuse sõjalist võimekust. See omakorda võimaldab kaitsval poolel paremini ettevalmistuda järgmise rünnaku vastu võtmiseks. Samuti kasutatakse seda taktikat, et vähendada inimohvreid. Sõltuvalt sõjastrateegiast on ka võimalik selline taganemine, mille käigus antakse vastutuld ja proovitakse tekitada vastase jaoks varitsus nende edasi liikumise puhul. [54] [55]

Eesti kui väikese pindala ja piiratud sügavusega riigi jaoks on rakettrelvastusel strateegiliselt oluline roll. Eestil puudub sisuliselt strateegiline taganemisala ja suur territoorium manööverdusvõimeks, seega tuleb keskenduda relvasüsteemidele, mis võimaldavad kiiret,

täpset ja kaugelt teostatavat tulejõudu. HIMARS täidab selle vajaduse, kuna kõrge mobiilsuse tõttu on selle kasutamine paindlik. Alumisel joonisel on välja toodud ATACMS lühimaa ballistilise raketi lennuulatus, milleks on Eesti geograafilisest keskpunktist välja tulistatuna 300 kilometrit. Raketi laskeulatus suudab katta ära kogu Eesti territooriumi, mis võimaldab potentsiaalset agressorit mõjutada sissetungi kohal ja täita ka vastulöögi funktsiooni vajaduse korral. Joonise eesmärgiks on tekitada parem arusaam raketi lennuulatuse kaugusest.

Joonis 19. ATACMS raketi lennuulatus

Rakettrelvastus on sisuliselt massihävitusrelv, millega on võimalik tekitada suureulatuslikku kahju. Seega Eesti kontekstis on üliioluliseks omaduseks raketi tabamustäpsus, et vältida võimalikke kõrvalkahjusid. Kõrvalkahjude all on mõeldud objekte, mis ei ole mõeldud tabamiseks, kuid mis võivad potentsiaalselt hävida tänu ebatäpsele tabamusele. GMLRS raketi puhul on selleks 10 meetrine raadius, kuid tabamus sõltub suuresti kokkuvõttes sellest, kui kindlalt on paika pandud sihitava objekti koordinaadid, mis omakorda sõltub luureinfo kvaliteedist.

Alumisel joonisel (vt Joonis 20.) tuuakse välja GMLRS rakettide lennuulatus, milleks on 70 kilomeetrit. Jooniste tegemiseks kasutati scribblemaps.com keskkonda.

Joonis 20. GMRLS rakettide lennuulatus

Rakettrelvade olemasolu annab riigile võimaluse tabada vastasele sõjaliselt olulisi objekte tema territooriumil. Potentsiaalsete sihtmärkide tabamise arv on sõltuvuses raketi lennukaugusega. Mida sügavamale raketiga lasta saab, seda rohkem on ka erinevaid sihtmärke, mida saaks hävitada. Praegused ATACMS raketid suudavad lennata 300 km kaugusele, mis on Eesti riigi kaitsevõimekusele juba andnud suure tõuke, arvestades, et varem selline võimekus puudus.

3.6. Võimalikud alternatiivid Eestis hetkel kasutsel olevatele rakettrelvadele

Lisaks ATACAMS relvrakettidele oleks Eestile vaja ka alternatiive, mis täidaksid samuti oma eesmärki. Kuna Eestil puudub võimekus ise rakettrelvi toota, on selliste relvade hankimine sõltuv teistest riikidest. Hanked võivad üldjuhul võtta aega oodatust rohkem nagu näiteks Himarsi süsteemi puhul, mille jõudmiseks Eestisse võttis aega umbes kaks aastat. Alternatiivrakettide hankimine sõltub suuresti tarneajast, turul valitsevast olukorrast ja tootmishinnast. Praegusel hetkel on oluline, et võimalikult kiiresti saada kasutusse erinevad relvraketid, et olla valmis konflikti puhul neid kasutama. Kaitseministri Hanno Pevkuri sõnul tuleb alternatiiv variantide valimise puhul kaalukausile panna nii tarnekiiruse kui ka liitlassuhted. Samuti lisas ta, et valitsuse otsustada jääb, kas hankida Himarsile lisaks uusi süsteeme või mitte. [2] [45]

Lisaks Himarsi süsteemile on laual ka erinevad alternatiivid, kuna USA tootja Lockheed Martin tehaseliinid ei pruugi Eesti ootustele vastata. Lisaks sellele plaanib sama tootja ka liikuda ATACMS rakettidelt üle uuele PrSm (*Presicion Strike Missile*) toodangule, ehk täppis ballistilise raketitüübile, mille lennukaugus on 500 km. Kaitseministri Hanno Pevkuri sõnul ei vasta praegune nõudlus selliste süsteemide järgi pakkumisele, mis on ka sõjaolukorra puhul tavaline nähtus. [45]

3.6.1. EURO-PULS süsteem

Esimeseks võimalikuks alternatiiv variandiks oleks Iisraeli poolt välja töötatud Elbit Systemsi EURO-PULS (*Precise & Universal Launching System* – täpne ja universaalne laskesüsteem), mida kohandatakse Euroopa turu jaoks ümber ja mis on hetkel kasutusel Saksamaal. [56]

Joonis 21. EURO PULS raketisüsteem [56]

Süsteem kasutab Predator Hawk lühimaa ballistilist raketti, mille tegutsemisulatus ulatub 50 kuni 300 kilomeetrini. Tänu vähem kui 10 meetrisele tõenäolise hälbe (*CEP*) täpsusele suudab süsteem sihtmärke tabada suure täpsusega, sõltumata ilmastikutingimustest või välistest tugisüsteemidest. [57]

Raketil on 140-kilogrammine ühtne lõhkepea, mis võimaldab täppislööke mitmekesistes lahingutingimustes. Sügavale ulatuv löögivõime võimaldab tabada olulisi sihtmärke nagu

juhtimis- ja sidekeskused, logistikakeskused, transpordivõrgustikud, staabid, elektroonilise sõjapidamise süsteemid, radarijaamad ja muud strateegilised objektid. Tänu ülehelikiirusel toimuvale reageerimisvõimele suudab Predator Hawk tabada 300 km kaugusel asuvat sihtmärki ligikaudu 8 minutiga. Kasutsel raketi juhtimiseks on GPS ja INS juhtsüsteem. Lisaks ballistilistele rakettidele on süsteemis kasutusel ka tavalised raketid. [57]

Raketi enda maksumus on sõltuv hankest ja erinevatest hinnapakkumistest, kuid sarnane ATACMS raketiga. Kuigi täpset ühikuhinda ei ole avalikustatud, on teada, et sarnase klassi raketid, nagu IMI EXTRA (*Extended Range Artillery*) raketid, maksavad umbes 300 000 USA dollarit tüki kohta. Arvestades Predator Hawki suuremat ulatust ja keerukamat tehnoloogiat, võib eeldada, et selle hind on kõrgem, tõenäoliselt vahemikus kuni 1 miljon USA dollarit raketi kohta. [56] [57]

Joonis 22. Predator Hawk lühimaa ballistiline rakett [57]

Probleemiks selle süsteemi juures on asjaolu, et uute alternatiivrakettide hankega, on vaja ka selle tootja (ehk PULS) väljalaske süsteeme, mis on suur lisakulu. Elibit Sytems on ka proovinud käia välja idee kohandada Lockheed Martin moona enda süsteemile, kuid sellega viimane nõus ei ole. [45]

Tabelis 3. tuuakse välja erinevad EURO-PULSI omadused.

Tabel 3. EURO-PULS raketisüsteem [45] [56] [57]

OMADUS	EURO-PULS
Päritolumaa ja tootja	Iisrael, Elbit Systems
Platvorm (raketisüsteemi kandev mobiilne masin)	HX3 8x8 soomustatud veoauto IVECO Trakker 8x8 soomustatud veok Mercedes Benz Zetros 6x6 soomustatud veok Scania 8x8 soomustatud veok Erinevad roomikmasinad
Raketi väljalaske tüüp	Mitmikraketiheitja (MLRS) + Predator Hawk konteiner
Süsteemis kasutatvad raketid (+ lennukaugus)	Predator Hawk (-300 km), EXTRA (-150 km), Delilah (250 km), ACCULAR 160 (-40 km)
Tabamuse täpsus (CEP)	<10 meetrit
Juhtsüsteem	INS + GPS
Süsteemi hanke tarneaeg	2-4 aastat
Hetkel teenistuses	Saksamaa, Taani, Iisrael

3.6.2. K239 Chunmoo raketisüsteem

Teiseks alternatiivsüsteemiks on Eesti Kaitsevägi kaalunud ka Lõuna-Korea päritoluga Chunmoo relv raketisüsteemi. Hetkel on see kasutusel ka Poolas, kes samuti on kaalumas erinevaid relvrakettide variante, hangitud HIMARS süsteemide kõrvale. [45]

K239 Chunmoo raketisüsteemile saab paigaldada kaks vahetatavat raketikonteinerit, mis võimaldavad kasutada eri tüüpi rakette läbimõõduga 130 mm, 227 mm 239 või 600 mm. Igasse konteinerisse on võimalik paigutada:

a) 20 juhitamata 130 mm K33 raketti (~30 km laskekaugus);

b) 6 juhitamata 227 mm raketti (~45 km);

c) 2 juhitavat 400 mm raketti, mille laskekaugus ületab 200 km;

d) 6 juhitavat 239 mm raketti ~80 km;

e) või ühe 600 mm ballistilise raketi, mille laskekaugus on ligikaudu 290 km. [58] [59]

239 mm juhitav rakett on Chunmoo süsteemi üks peamisi relvastuselemente. See on varustatud GPS-i ja inertsiaalse navigeerimissüsteemiga (INS), mis võimaldab täpset sihtimist kuni 80 km kaugusele. Rakett on umbes 4 meetrit pikk ja seda saab kasutada kahel viisil: kokkupõrkel plahvatavas režiimis, kus lõhkepea aktiveerub vahetult tabamisel või viivitusega plahvatavas režiimis, kus lõhkepea detoneerub pärast tabamust, mis oleks efektiivne variant punkrite ja hoonete hävitamisel. Samuti reklaamib tootja alternatiivi ATACMS raketile, milleks on sarnane CTM-290 lühimaa ballistiline rakett, mille lennuulatus on ligi 290 kilometerit. [58] [59]

Joonis 23. K239 Chunmoo raketisüsteem [58]

Tabel 4. Chunmoo raketisüsteemi iseloomustav tabel [45] [58] [59]

OMADUS	CHUNMOO
Päritolumaa ja tootja	Lõuna-Korea, Hanwha Aerospace
Platvorm (raketisüsteemi kandev mobiilne masin)	KIA KM 1500 8x8 soomustatud veoauto Erinevad roomikmasinad
Raketi väljalaske tüüp	Mitmikraketiheitja (MLRS) + CTM-290 konteiner
Süsteemis kasutatvad raketid (+ lennukaugus)	CTM-290 (-290 km), K33 (-30 km), 227 mm- 400 mm lõhkepeaga raketid
Tabamuse täpsus (CEP)	<10 meetrit
Juhtsüsteem	INS + GPS
Süsteemi hanke tarneaeg	2-4 aastat
Hetkel teenistuses	Poola, Lõuna- Korea

Kaitseinvesteeringute keskuse relvastuse kategooriajuht Ramil Lippu sõnul on Chunmoo süsteem väga arvestatav variant HIMARS kõrvale, kuna süsteemi maksumus on tunduvalt madalam ning rakettide valik on mitmekesine. [45]

Selle süsteemi puudseks oleks, et puuduks väljaõpe ning tarne kaugus oleks pikk. Samuti pole konkreetset süsteemi veel sõdades kasutatud erinevalt HIMARS-ist.

3.6.3. Khan süsteem

Kolmandaks süsteemiks oleks Türgi poolt tootetud Rocketsan MBRL (*Multiple Barrel Launch System*) süsteem, mis kasutab 122 mm, 230 mm, 300 mm 610 mm läbimõõduga juhitavaid ja mittejuhitavaid rakette. Tootja üks võimekamaid rakette Khan (või Bora) on lühimaa ballistiline rakett, mille lennukaugus on 280 km. Rakett kasutab INS ja GPS juhtsüsteemi ja on varustatud 470 kilogrammise lõhkepeaga. [45] [60]

Joonis 24. Khan süsteemi integreeritavad laskesüsteemid vastavalt raketile [60]

Süsteemi iseloomustab selle lai raketivalik ning väljalaskesüsteemide mitmekesisus. Puuduseks selle süsteemi juures oleks pikk tarne kaugus, mis raskendab selle kättesaadavust esiteks moona kui ka hoolduseks vajaliku varustuse suhtes. Samuti on see kasutusel ainult Türgis ning sellel puudub samuti otsene lahingukogemus. [45] [60]

Tabel 5. Khan raketisüsteemi iseloomustav tabel [45] [60]

OMADUS	**ROCKETSAN**
Päritolumaa ja tootja	Türgi, Rocketsan
Platvorm (raketisüsteemi kandev mobiilne masin)	6x6, 8x8 soomustatud taktikaline veok
Raketi väljalaske tüüp	Mitmikraketiheitja (MBRL)
Süsteemis kasutatvad raketid (+ lennukaugus)	Khan (-280 km), 122 mm, 230 mm, 300 mm lõhkepea läbimõõduga raketid
Tabamuse täpsus (CEP)	<10 meetrit
Juhtsüsteem	INS + GPS
Süsteemi hanke tarneaeg	2-4 aastat
Hetkel teenistuses	Türgi

3.7. Alternatiiv rakettrelvasüsteemide võrdlus HIMARS süsteemiga

HIMARS süsteem on kasutusel laialdaselt NATO liikmesriikides. USA suunitlusel rõhutakse just, et Euroopa liikmesriigid nende süsteeme kasutaksid, sest NATO eesmärk on ühildada relvasüsteemid, et erinevate riikide üksused saaksid kiiresti koos tegutseda. Samuti lihtsustab see väljaõppe tegemist ja võimaldab riikidel üksteist vajadusel aidata näiteks moona või varuosadega jagamisega.

Antud kontekstis tuleks HIMARS süsteemi võrrelda teiste alternatiividega, et selgitada välja, milline variant oleks kõige sobilikum Eesti seisukohast. Võrdlusel tuuakse välja süsteemide erinevad omadused ja parameetrid ja kirjeldatakse alternatiivi eeliseid ning puuduseid. Süsteemid on üksteisega võrreldes üpriski sarnase põhimõttega, kus pakett sisaldab mobiilset masinat, mitmikraketiheitja süsteemi ning moonaks lühimaarakette ja tippraketti, millega üldjuhul süsteeme reklaamitakse.

Hind ühiku kohta on ligikaudne ning ei pruugi vastata tegelikule maksumusele. Süsteemide täpsed hinnad on üldjuhul salastatud ja sõltuvad, kas süsteemiga tuleb kaasa ka moon, vajalikud hooldusseadmed ja koolitused. Samuti sõltub hind NATO liikmesriikide omavahelisest kokkuleppest ja toetustest, mida rakendatakse süsteemide hankimisel.

Käesolevas analüüsis võrreldi kolme tänapäevast mitmikraketiheitja süsteemi, olemasoleva Ameerika Ühendriikide HIMARS i, Iisraeli päritolu EURO PULS, Lõuna-Korea Chunmoo ja Türgi Rocketsani süsteeme eesmärgiga hinnata nende sobivust Eesti kaitseväe vajaduste rahuldamisel alternatiivsüsteemina.

Tabel 6. HIMARS ja EURO PULSI raketisüsteemide omavaheline võrdlus [57]

Kriteerium	HIMARS	EURO PULS (Elbit Systems)
Päritoluriik	USA	Iisrael
Tootja	Lockheed Martin	Elbit Systems
Kasutajad	USA, Poola, Leedu, Soome, Rumeenia, Eesti	Saksamaa, Taani, Hollandi, Hispaania
Platvorm	6x6 ratassõiduk (FMTV)	Modulaarne – saab paigaldada mitmele erinevale veokile
Laskemoona tüübid	GMLRS (227 mm), ATACMS, PrSM	122 mm, 160 mm, 306 mm, 370 mm (raketid)

Tabeli 6 järg

Kriteerium	HIMARS	EURO-PULS
Laskekaugus	Kuni 300 km (ATACMS), kuni 500 km (PrSM)	Kuni 300 km (Predator Hawk), Iron Dome – lühimaa
Juhtimissüsteem	GPS/INS	GPS/INS + täiendavad tarkvaraliidesed
Konteineri moodulid	1 konteiner, 6x227 mm või 1xATACMS	2 moodulit, kombineeritavad eri tüüpi rakettidega
Täpsus (CEP)	Väga kõrge (5–10 m)	Väga kõrge (5–10 m)
Laskekiirus	Kiire (1 konteiner korraga)	Kiire – moodulipõhine, võimalik paralleelne laadimine
Integreerimisvõime	Väga hästi NATO-standardiga integreeritud	NATO ga integreeritavus
Tootmine	USA territooriumil	Iisraaeli territooriumil, Arendatakse Euroopas tootmist
Tarnimise paindlikkus	Tootmismaht ei pruugi vastata Eesti ootusele	Kiirem ja paindlikum tarnimine väikeriikidele
Hind (ligikaudne)	~5–7 miljonit USD / ühik + raketid	~4–6 miljonit USD / ühik + raketid

Kaaludes EURO PULS alternatiivvariandina on oluline, et see oleks oma võimekuse poolest sarnane HIMARS süsteemiga või sellest mingites kriteeriumites parem. Vaadates masinplatvormi, siis PULS süsteemi puhul on võimalik paigaldada väljalaskesüsteem erinevatele mobiilsetele masinatele, mis annab paindlikuma võimaluse süsteemi integreerida näiteks Eesti Kaitseväes olemasolevate masinatega nagu näiteks Mercedes-Benz Unimog. See annaks võimaluse hoida raha kokku mingis mõttes kogu süsteemi pealt, kuid see oleneb, kas väljalaskesüsteemi ilma platvormita müüakse või mitte. Teiseks eeliseks oleks süsteemi lai rakettrelva valik, mis võimaldab kasutada erinevaid rakettrelvi erinevatel eesmärkidel. HIMARS süsteemi puhul on peamiselt kasutusel kaks raketitüüpi, kuid PULSI süsteemil on neid rohkem kui neli. Peamine eelis PULS-il HIMARSI ees on süsteemi võimekus tulistada välja 12 raketti minuti jooksul, võrreldes HIMARS-i 6 raketiga.

Samuti on EURO PULS oma tootearendusega paindlik ning võimeline toodangut modifitseerima nii, et see võimaldaks välja lasta erinevate tootjate rakette. Süsteem on loodud vastama nii Euroopa riikide operatiivsetele kui ka tööstuslikele vajadustele. Praegusel hetkel teeb Saksamaa tööd, et luua tootmisvõimekus enda riigis, eesmärgiga koostöös Iisraeliga neid süsteeme ise toota. Lisaks on tegemist kuluefektiivsema lahendusega, mille tarnimine oleks kiirem kui muude süsteemide puhul. EURO PULSI negatiivseks küljeks on asjaolu, et Euroopa turu versiooni süsteemi pole veel sõjaliselt katsetatud erinevailt HIMARSIS. See võib kaasa tuua arendamisprotsessi pikenemise ja lahinguväljal suurtemate murekohtade esile kerkimise. Siiski on Elbit Sytemsi poolt Iisraelis kasutusel PULS süsteem, mis on ka juba sõjaliselt testitud ehk *battletested*.

HIMARS-i peamisteks tugevusteks on selle laialdane kasutuselevõtt NATO liikmesriikide seas, tõestatud täpsus ja töökindlus lahingutingimustes ning sügav integreeritus USA ja NATO juhtimis- ja sihtimissüsteemidega. Samas kaasneb selle süsteemiga kõrgem soetusmaksumus ning pikemad tarnetähtajad, mis tulenevad Ameerika Ühendriikide prioriteetidest ja suurest rahvusvahelisest nõudlusest.

Järgmiseks võrdluseks võiks tuua Lõuna Korea Chunmoo süsteemi võrdluses Himarsiga.

Tabel 7. Himarsi ja Chunmoo raketisüsteemide omavaheline võrdlus

Kriteerium	**HIMARS**	**CHUNMOO**
Päritoluriik	USA	Lõuna Korea
Tootja	Lockheed Martin	Chunmoo
Kasutajad	USA, Poola, Leedu, Soome, Rumeenia, Eesti	Lõuna Korea, Poola
Platvorm	6x6 ratassõiduk (FMTV)	KIA KM 1500 8x8 soomustatud veoauto Erinevad roomikmasinad
Laskemoona tüübid	GMLRS (227 mm), ATACMS, PrSM	CTM-290 (-290 km), K33 (-30 km), 227 mm- 400 mm lõhkepeaga raketid
Laskekaugus	Kuni 300 km (ATACMS), kuni 500 km (PrSM)	Kuni 290 km (CTM-290)

Tabeli 7 järg

Kriteerium	HIMARS	CHUNMOO
Juhtimissüsteem	GPS/INS	GPS/INS + täiendavad tarkvaraliidesed
Konteineri moodulid	1 konteiner, 6x227 mm või 1xATACMS	Mitmikraketiheitja (MLRS) + CTM-290 konteiner
Täpsus (CEP)	Väga kõrge (5–10 m)	Väga kõrge (5–10 m)
Laskekiirus	Kiire (1 konteiner korraga)	Väga kiire – moodulipõhine, võimalik paralleelne laadimine
Integreerimisvõime	Väga hästi NATO-standardiga integreeritud	Keerukas integreeritavus Eesti Kaitseväe jaoks
Tootmine	USA territooriumil	Lõuna Korea territoorium
Tarnimise paindlikkus	Tootmismaht ei pruugi vastata Eesti ootusele	Kauge vahemaa Eestiga (pikk tarne aeg)
Hind (ligikaudne)	~5–7 miljonit USD / ühik + raketid	3–5 miljonit USD (sõltub pakkumusest)

K239 Chunmoo pakub samaväärset või isegi suuremat tulejõudu, olles paindlikum mitut tüüpi laskemoona osas (sh 130 mm, 227 mm, 239 mm ja 600 mm raketid). Süsteem võimaldab kasutada nii juhitavaid kui juhtimatuid rakette ning selle moodulipõhine ülesehitus võimaldab lihtsamat kohandamist erinevates sõjalistes operatsioonides. Lisaks on Chunmoo maksumus väiksem ning see võimaldab paindlikumat laskemoona hanget, mis ei sõltu vaid USA tarnetest. Siiski ei ole Chunmoo veel laialdaselt NATO-s kasutusel, mis tekitab võib tekitada probleeme selle süsteemi integreerimisel Euroopa turule. Samuti ei ole veel süsteem olnud sõjaliselt rakendatud, mis võib korrale kutsuda sõjaolukorras erinevaid probleeme.

Kokkuvõtvalt on tegelikult süsteemid üsna sarnased. Süsteemides on üldjuhul kasutusel ühte tüüpi võimekam lühimaa ballistiline rakett ning sellele lisaks väiksema kaliibriga juhitavad raketid. Kasutatakse ka sarnaseid juhtsüsteeme, ehk inertsiaalnavigatsiooni kombineeritult GPS-ga. Hanke oluliseks punktiks lisaks erinevatele tehnilistele kriteeriumitele on ka

maksumus, mis sõltub riikide omavahelisest kokkuleppest maksumuse osas ning soetavast kogusest.

Võrdluse tulemusena võib öelda, et Eesti kaitseväele oleks kasulik hankida EURO PULS süsteem alternatiivina HIMARS-i kõrval. Saksamaa koostöö Iisraeliga süsteemi välja töötamises Euroopa turule annab paremad tarnevõimalused ning võimaldaks vähendada sõltuvust puhtalt USA tarnest. Lisaks teeb alternatiivsüsteemi omamine potentsiaalsele vastasele nende hävitamise keerulisemaks, sest ei saada keskenduda vaid ühele kindlale süsteemile [2].

Joonis 25. EURO-PULS raketisüsteem [60]

4. RAKETTRELVASÜSTEEM EESTI KAITSEVÄE SEISUKOHAST

Rakettrelvsüsteemide hankimine toimub tavaliselt vastavalt Eesti Kaitseväe vajadusele. Nende vajaduste põhjal koostatakse Kaitseinvesteeringute Keskuse poolt erinevatest kriteeriumitest koosnev hange, et kirjeldada paremini, mida hangitavalt süsteemilt täpselt oodatakse. Selles peatükis pakuks autor välja, millistele kriteeriumitele võiks tulevikus hangitav süsteem vastata ja sellele tuginedes kirjeldada võimalikku rakettrelvasüsteemi, mida võiks Eesti toota.

4.1. Eesti kaitsetööstussektor

Käimas olev sõda Ukraina ja Venemaa vahel on loonud olukorra, kus riigid on aina rohkem panustama hakanud enda kaitsevõimekuse tõstmisse. Samuti on sõda loonud olukorra, kus huvi kaitsevaldkonna vastu on tunduvalt suurenenud nii ettevõtjate kui tavaliste inimeste seas. Riigi kaitsekulutuste summa on samuti tõusnud, mis võimaldab juba olemasolevate militaarettevõtete kasvu ning ka start-up firmade alustamist [65]. Tänu Ukrainasse saadetava sõjalise abile on Eesti ka pälvinud suurema usaldusväärsuse oma liikmesriikide seas, mis on tõmmanud tähelepanu ka kodumaisele militaartoodangule [65]. Praegusel hetkel on Eestis mitu tegutsevat militaartööstus ettevõtet nagu näiteks Milrem Robotics, kes toodab ja arendab peamiselt mehitama jalaväe masinaid, mis on võimelised ka automaatselt tulistama [62]. Threod Systems, mis keskendub mehitama õhusõidukite toodangule [63]. Samuti on üheks ettevõtteks ELI OÜ, mis tegeleb erinevate drooni heite seadmetega ja sõjaliste treeningvahendite toomisega nagu näiteks liikuvad Hardy sihtmärgid ning miinipilduja matke seadmed [64].

Samuti on Eesti alustamas oma enda kaitsetööstuspargi planeerimise protsessi. 200 hektari suurune park on plaanitud rajada Pärnusse, Ermistu külasse ning seal hakatakse tootma erinevaid lõhkeained ja laskemoona. Lisaks on parki planeeritud integreerida ka erinevate militaar ettevõtete tootmine, kus firmad saavad oma tööd alustada. [43]

4.2. Rakettrelva süsteemi tootmine Eestis

Sõjaline võimekus sõltub suuresti riigi enda tootmisvõimekusest. Erinevaid süsteeme on võimalik hankida ka analüüsi näitel teistest riikidest, kuid sellega kaasneb tihti mitme aastane tarneaeg ning võimalikud piirangud süsteemide kasutamises sõjaolukorras. Nagu näiteks on HIMARS süsteemi puhul tootjal Lockheed Martinil vaja USA valitsuse luba, et midagi toota või Eestisse saata [2]. Sellega kaasneb ebakindlus sõjaolukorras, kus relvade kasutamiseks on vaja teise riigi nõusolekut. See piirab riigi kaitsevõime iseseisvust ja suurendab sõltuvust teistest riikidest. Praegusel hetkel on oluline et hangete näol oleks Eesti Kaitseväel olemas juba süsteemid, mida vajadusel on võimalik kasutada. Paralleelselt hangetega võiks Eesti arendada välja tegelikult oma enda rakettrelva süsteemi, mis tõstaks oluliselt kaitsevõimekust. Kohalik tootmine vähendaks sõltuvust välisriikide tarnetest ja poliitilistest otsustest, mis võivad kriisiolukorras muutuda ettearvamatuks. Samuti võimaldaks see relvasüsteemide kiiremat kohandamist vastavalt Eesti Kaitseväe vajadustele.

Eesti riigikaitse puhul on rõhk on oma territooriumi kaitsel ja vastase tegevuse tõkestamisel võimalikult varajases faasis. Arvestades Eesti väikest pindala, tihedat asustust ja erinevaid maastikutingimusi, sealhulgas soised alad, tihedad metsad, ja talvised ilmastikutingimused, vajab Eesti kaitsevõime just paindlikke, mobiilseid ning kohalike oludega sobituvaid relvasüsteeme.

Esimeseks vaadeldavaks relvasüsteemi osaks oleks kandeplatvorm. Kandeplatvormi arendamisel tuleb keskenduda maastikuvõimekusele ja kiirele ümberpaiknemis võimele. Võimalike platvormidena võiks kaaluda näiteks MB Unimog või MAN 8x8 tüüpi sõidukeid, mis on laialdaselt kasutuses Eesti kaitseväes ja on näidanud head võimekust keerulistes maastikuoludes. Kasutades juba olemasolevaid sõidukeid, tuleks ka teha neile modifikatsioone. Stabiilsuse parendamiseks tuleks paigaldada näiteks hüdraulilised tugivardad, mis laskmise ajal hoiavad sõidukit paigal. Lisaks võiks olla ka kabiini osa soomustatud, mis kaitseks vajadusel juhti ja sihturit. Kabiini oleks vajalik lisada ka raketi juhtimissüsteem.

Eestis toodetav rakettrelvasüsteem võiks keskenduda lühikese kuni keskmise ulatusega juhitavatele tiibrakettidele, mille laskekaugus jääks vahemikku 50–100 kilomeetrit. Ballistiliste rakettide arendus oleks Eesti jaoks tehnoloogiliselt ja rahaliselt ebapraktiline, kuna see nõuab keerukaid mitmeastmelisi raketimootorisüsteeme ja pikema distantsi

saavutamiseks oleks vajalik raketil kanda kaasas rohkem kütust. Raketid võiks seega kasutada turboventilaatormootorit või reaktiivmootorit.

Juhtsüsteemiks võiks kasutusel olla inertsiaaljuhtimissüsteem kombineeritult GPS süsteemiga. Kuna Eesti mõistes on raketi täpsus olulise tähtsusega, siis võiks kasutusel olla ka lõppfaasis DSMAC süsteem, mis võimaldab enne tabamust parema ülevaate saada raketi asukohast. Lõhkepeatüübiks võiksid olla erinevad konventsionaalsed lõhkepead, mis on plahvatusliku või killuefektiga.

Siinkohal oleks võimalus Eestil ka koostööd teha näiteks erinevate sõjatööstus ettevõtetega või teadusasutustega. Näiteks võiks lisaks mobiilsele masinale struktuuris olla ettenähtud julgestusmasin, mis pakuks kaitset rünnaku korral. Sellele masinale võiks olla ka rakendatud pinnase kandevõime mõõtur, mida arendatakse hetkel välja Maaülikoolis.

Rakerelvastuse süsteem hõlmab väga paljusid erinevaid osasid ning sellise süsteemi välja arendamine võtaks ajaliselt kaua aega. Käesoleva bakalaureuse töö raames anti üleüldine ülevaade, milliseid omadusi on vaja toodetaval süsteemil. Tuleviks oleks võimalik ka antud tööd edasi arendada magistriastmes just reaalse lahenduse projekteerimisega, kus saaks lähemalt kirjeldada tehnilist poolt ning erinevaid lahenduspakkumisi koostada.

KOKKUVÕTE

Käesolevas bakalaureusetöös käsitleti rakettrelvastuse olemust, analüüsiti kaasaegseid relvasüsteeme ning võrreldi kolme potentsiaalset lahendust, milleks olid K239 CHUNMOO, ROKETSAN Khan ja EURO-PULS. Eesmärgiks oli hinnata nende sobivust Eesti kaitsevevõime arendamise seisukohast. Võrdluses osutus kõige sobivamaks EURO-PULS ja süsteem, mis eristus tänu oma modulaarsele ülesehitusele ja potensiaalt kiiremale tarneaajale. Lisaks võimaldab see süsteem tihedamat koostööd liitlastega ja paremat integreeritavust Eesti olemasolevasse relvastusse. Sisuliselt on kõik arvestatavad variandid, kuid oluliseks teguriks on siiski süsteemi tarnitavus ehk kui kiiresti on relvasüsteemi võimalik hakata kasutama potensiaalse ohu korral. Tuginedes eelnevalt analüüsitud punktidele, pakuti välja ka kirjeldus Eesti enda raketisüsteemi loomiseks, mis võiks olla mobiilne ja sobida erineva maastiku läbimiseks. Raketisüsteem võiks kasutada 50–100 km ulatusega täppislöögivõimekusega tiibrakette, mis kasutavad INS ja GPS ning DSMAC juhtimist.

Magistritasemel oleks võimalik süvitsi analüüsida konkreetseid tehnilisi lahendusi Eesti-põhise raketisüsteemi arendamisel. Kuna süsteemis on kasutusel hulgaliselt erinevaid komponente, siis saaks näiteks alustada mingi osa projekteerimisega. Lisaks oleks võimalik teha vajalikke tugevusarvutusi raketi konstruktsioonile ja välja arvutada näiteks kui palju kütust peaks rakett kaasas kandma ning viia läbi muid erinevaid analüüse.

ALLIKALOEND

1. NATO. (2024). Deterrence and defence. Saadaval aadressil: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_133127.htm (Kasutatud: 01.06.2025)
2. Madsen, T. (2025). INTERVJUU ⟩ Andrus Merilo: oleme keerulistest aegadest sisenenud ohtlikesse aegadesse. Saadaval aadressil: (https://tv.postimees.ee/8218668/intervjuu-andrus-merilo-oleme-keerulistest-aegadest-sisenenud-ohtlikesse-aegadesse (Kasutatud: 01.06.2025)
3. Technology.org. (2018). A Brief History of Modern Warfare Technology: From Gunpowder to Drones. Saadaval aadressil: https://www.technology.org/2018/01/30/a-brief-history-of-modern-warfare-technology-from-gunpowder-to-drones/ (Kasutatud 01.06.2025)
4. MONTREAL AI ETHICS INSTITUTE. (2022). The Evolution of War: How AI has Changed Military Weaponry and Technology. Saadaval aadressil: https://montrealethics.ai/the-evolution-of-war-how-ai-has-changed-military-weaponry-and-technology/ (Kasutatud: 01.06.2025)
5. Collins. (2017). We take a look at the etymology behind the word 'rocket' and it's Italian origins. Saadaval aadressil: https://blog.collinsdictionary.com/language-lovers/we-take-a-look-at-the-etymology-behind-the-word-rocket-and-its-italian-origins/ (Kasutatud: 01.06.2025)
6. Cambridge Univesity Press& Assessment. (*n.d*). „rocket". Saadaval aadressil: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/rocket (Kasutatud: 01.06.2025)
7. Cambridge Univesity Press& Assessment. (*n.d*). „missile". Saadaval aadressil: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/missile (Kasutatud: 01.06.2025)
8. [PSV] Eesti keele põhisõnavara sõnastik. (*n.d*). rakett. Saadaval aadressil: https://arhiiv.eki.ee/dict/psv/index.cgi?Q=rakett&F=M (Kasutatud: 01.06.2025)
9. Benson, T. (2021). Brief History of Rockets. Saadaval aadressil: https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html (Kasutatud: 01.06.2025)
10. National Air and Space Museum. (*n.d*). V-2 Missile. Saadaval aadressil: https://airandspace.si.edu/collection-objects/missile-surface-surface-v-2-4/nasm_A19600342000 (Kasutatud: 01.06.2025)
11. The Guardian. (2016).V2 rockets strike Britain – archive. Saadaval aadressil: https://www.theguardian.com/world/2016/nov/11/v2-rockets-strike-britain-1944 (Kasutatud: 01.06.2025)
12. Glenn Research Center. (*n.d*). Guidance System. Saadaval aadressil: https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/guidance-system/ (Kasutatud: 01.06.2025)
13. Britannica. (*n.d*). inertial guidance system. Saadaval aadressil: (https://www.britannica.com/technology/inertial-guidance-system (Kasutatud: 01.06.2025)
14. Fisher, D. (*n.d*). Microelectromechanical Gyros. Saadaval aadressl: https://www.jpl.nasa.gov/nmp/st6/TECHNOLOGY/mems.html (Kasutatud: 01.06.2025)
15. Weapons and Systems Engineering Deptartment, United States Naval Academy. (*n.d*). Chapter 15 Guidance and Control. Saadaval aadressil: https://man.fas.org/dod-101/navy/docs/fun/part15.htm (Kasutatud: 01.06.2025)
16. Positioning navigation intelligence. (*n.d*) . Understanding Military GPS Systems. Saadaval aadressil: https://www.pnisensor.com/understanding-military-gps-systems/ (Kasutatud: 01.06.2025)
17. Irani, G. Christ, J. (*n.d*). IMAGE PROCESSING FOR TOMAHAWK SCENE MATCHING. Saadaval aadressil: https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V15-N03/15-03-Irani.pdf (Kasutatud: 01.06.2025)

18. Brain, M. (2024). How Cruise Missiles Work. Saadaval aadressil: https://science.howstuffworks.com/cruise-missile.htm (Kasutatud: 01.06.2025)
19. RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd. (2019). Rafael Unveils SPIKE ER2 5th Generation Extended Range Missile. Saadaval aadressil: https://www.youtube.com/watch?v=LjfBqNEcv70 (Kasutatud: 01.06.2025)
20. Leishman, G, J. (2022). Rocket Engines. Peatükk 45. Saadaval aadressil. https://eaglepubs.erau.edu/introductiontoaerospaceflightvehicles/chapter/rocket-engines/#footnote-20120-1 (Kasutatud: 01.06.2025)
21. Leishman, G, J. (2022). Turbofan & Turboprop Engines. Peatükk 44. Saadaval aadressil: https://eaglepubs.erau.edu/introductiontoaerospaceflightvehicles/chapter/turbofan-turboprop-engines/ (Kasutatud: 01.06.2025)
22. Weapons and Systems Engineering Deptartment, United States Naval Academy. (n.d). Chapter 13 WARHEADS. Saadaval aadressil: https://man.fas.org/dod-101/navy/docs/fun/part13.htm (Kasutatud 01.06.2025)
23. Department of Defence Dictionary of Military and Associated Terms. (2001). Saadaval aadrssil: https://web.archive.org/web/20100814230117/http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf (Kasutatud: 01.06.2025)
24. BrahMos Aerospace. (*n.d*). Classification of missile. Saadaval aadressil: https://www.brahmos.com/content.php?id=10&sid=9 (Kasutatud: 01.06.2025)
25. ERR. (2025). Kuus HIMARS-i mitmikraketiheitjat jõudsid Eestisse. Saadaval aadressil: https://www.err.ee/1609680710/kuus-himars-i-mitmikraketiheitjat-joudsid-eestisse (Kasutatud: 01.06.2025)
26. U.S. Strategic Command. (*n.d*). Saadaval aadressil: https://www.stratcom.mil/Newsroom/Images/igphoto/2001740479/ (Kasutatud: 01.06.2025)
27. Voit, V. (2022). Sissejuhatus ballistikasse. Saadaval aadressil: https://relvaomanikud.ee/tehnika/sissejuhatus-ballistikasse/ (Kasutatud: 01.06.2025)
28. Britannica. (*n.d*). ballistic missile. Saadaval aadressil: https://www.britannica.com/technology/ballistic-missile (Kasutatud: 01.06.2025)
29. Reed, T. (2017). The 3 Major Phases of Effective Missile Defense Systems. Saadaval aadressil: https://www.mwrf.com/markets/defense/article/21848658/the-3-major-phases-of-effective-missile-defense-systems (Kasutatud: 01.06.2025)
30. National Research Council of National Academies. (*n.d*). MAKING SENCE OF BALLISTIC MISSILE DEFENCE. Saadaval aadressil. https://nap.nationalacademies.org/read/13189/chapter/4 peatükk 4 (Kasutatud: 01.06.2025)
31. Hall, N. (2023). Ideal Rocket Equation. Saadaval aadressil: https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/ideal-rocket-equation/ (Kasutatud: 01.06.2025)
32. TheMilitaryStandard. (*n.d*). Minuteman Flight Sequence. Saadaval aadressil: http://www.themilitarystandard.com/missile/minuteman/flight.php#google_vignette (Kasutatud: 01.06.2025)
33. Kantor, H, J. (2024). HOW MANY ICBM SILOS DOES US AIRFORCE HAVE? Saadaval aadressil: https://www.slashgear.com/1684384/how-many-icbm-silos-does-us-air-force-have/ (Kasutatud: 01.06.2025)
34. Army Recognition. (2025). Minuteman III LGM-30 ICBM. Saadaval aadressil: https://armyrecognition.com/military-products/army/missiles/icbm-intercontinental-ballistic-missiles/minuteman-iii-icbm#desc (Kasutatud: 01.06.2025)
35. Oscar-Zero. (*n.d*). MIRV Madness. Saadaval aadressil: https://oscarzero.wordpress.com/2020/03/17/mirv-madness/ (Kasutatud: 01.06.2025)
36. The Center for Arms Control and Non-Proliferation. (*n.d*). Fact Sheet: Ballistic vs. Cruise Missiles. Saadaval aadressil: https://armscontrolcenter.org/wp-content/uploads/2017/04/Ballistic-vs.-Cruise-Missiles-Fact-Sheet.pdf (Kasutatud: 01.06.2025)

37. Army Recognition. (2024). Hwasong-19 ICBM. Saadaval aadressil: https://www.armyrecognition.com/military-products/army/missiles/icbm-intercontinental-ballistic-missiles/hwasong-19-icbm?highlight=WyJzZWFyY2giXQ==#google_vignette (Kasutatud: 01.06.2025)
38. Raj, P. (2024). POWER OF AN LGM-30 MINUTEMAN. Saadaval aadressil: https://www.linkedin.com/pulse/power-lgm-30-minuteman-prakash-raj-nkqmc (Kasutatud: 01.06.2025)
39. Aljazeera. (2025). Russia kills 8 civilians in overnight attack on Ukraine's capital Kyiv. Saadaval aadressil: https://www.aljazeera.com/news/2025/4/24/russian-missile-strike-kills-civilians-in-kyiv (Kasutatud: 01.06.2025)
40. Britannica. (2025). Tomahawk. Saadaval aadressil: https://www.britannica.com/technology/Tomahawk-cruise-missile (Kasutatud: 01.06.2025)
41. Kaitseressursside Amet. (2024) Riigikaitse : õpik gümnaasiumidele ja kutseõppeasutustele. Peatükk 1.6. Saadaval aadressil: https://www.opiq.ee/kit/547/chapter/30125 (Kasutatud: 01.06.2025)
42. NATO. (2023). The North Atlantic Treaty. Saadaval aadressil: https://www.nato.int/cps/ua/natohq/official_texts_17120.htm (Kasutatud: 01.06.2025)
43. ERR. (2025). KAITSETÖÖSTUSPARK TULEB TÕSTAMAA LÄHISTELE. Saadaval aadressil: https://www.err.ee/1609654604/kaitsetoostuspark-tuleb-tostamaa-lahistele (Kasutatud 01.06.2025)
44. Riigikantselei. (2022). Riigikaitse arengukava 2022-2031. Saadaval aadressil: https://riigikantselei.ee/sites/default/files/documents/2022-02/Riigikaitse%20arengukava%202022%20-%202031.pdf (Kasutatud: 01.06.2025)
45. Hindre, M. (2025). Poole miljardi otsus: kas ja mis võiks tulla HIMARS-i kõrvale? Saadaval aadressil: https://www.err.ee/1609636759/poole-miljardi-otsus-kas-ja-mis-voiks-tulla-himars-i-korvale (Kasutatud: 01.06.2025)
46. Kushinkov, V. (2024). Lockheed Martin to produce ATACMS missiles for $226 million. Saadaval aadressil: https://militarnyi.com/en/news/lockheed-martin-to-produce-atacms-missiles-for-226-million/ (Kasutatud: 01.06.2025)
47. Army Recognition. (2025). HIMARS M142 high mobility rocket missile launcher data. Saadaval aadressil: https://armyrecognition.com/military-products/army/artillery-vehicles-and-weapons/multiple-launch-rocket-systems/himars-m142-high-mobility-rocket-missile-launcher-data (Kasutatud: 01.06.2025)
48. Lockheed Martin. (*n.d*). HIMARS. Saadaval aadressil: https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/himars.html (Kasutatud: 01.06.2025)
49. Kizilov, Y. (2025). Enormous explosions rock arsenal of Russia's Main Missile and Artillery Directorate – photo, videos. Saadaval aadressil: https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/04/22/7508682/ (Kasutatud: 01.06.2025)
50. Britannica. (*n.d*). Sources of intelligence. Saadaval aadressil: https://www.britannica.com/topic/intelligence-international-relations/Sources-of-intelligence (Kasutatud: 01.06.2025)
51. Mets, M. (2025). Lääs kaotas piirangud, Ukraina võib lasta nende rakette Venemaa sügavusse. Saadaval aadressil: https://www.aripaev.ee/uudised/2025/05/27/laas-kaotas-piirangud-ukraina-voib-lasta-nende-rakette-venemaa-sugavusse (Kasutatud: 01.06.2025)
52. Reuters. (2025). In pictures: Russia launches war's largest air attack on Ukraine. Saadaval aadressil: https://www.reuters.com/pictures/pictures-russia-launches-wars-largest-air-attack-ukraine-2025-05-26/ (Kasutatud: 01.06.2025)
53. Albino, K, D. Bar-Yam, Y. Friedman, K. (2016). Saadaval aadressil: https://arxiv.org/pdf/1602.05670 (Kasutatud: 01.06.2025)
54. Harvey, I. (2018). Battle Strategies and Retreats. Saadaval aadressil: https://www.warhistoryonline.com/instant-articles/battle-strategies-and-retreats.html (Kasutatud: 01.06.2025)
55. FasterCapital. (2025). Strategic Retreat: Backing Away for a Tactical Advantage. Saadaval aadressil: https://fastercapital.com/content/Strategic-Retreat--Backing-Away-for-a-

Tactical-Advantage.html#Understanding-the-Importance-of-Strategic-Retreat (Kasutatud: 01.06.2025)
56. European Security and Defence. (2025). Germany selects Elbit Systems' PULS rocket artillery system for the Bundeswehr. Saadaval aadressil: https://euro-sd.com/2025/02/major-news/42458/germany-selects-elbit-puls/ (Kasutatud: 01.06.2025)
57. Elbit Systems. (*n.d*). Long-range rocket for in-depth precision strikes. Saadaval aadressil: https://www.elbitsystems.com/land/weapons-systems-and-munitions/missiles-rockets/predator-hawk (Kasutatud: 01.06.2025)
58. Army Recognition. (2025). K239 CHUNMOO. Saadaval aadressil: https://armyrecognition.com/military-products/army/artillery-vehicles-and-weapons/multiple-launch-rocket-systems/k239-chunmoo#data (Kasutatud: 01.06.2025)
59. CHUNMOO. (*n.d*). K239 Chunmoo. Saadaval aadressil: https://www.chunmoo.no/ (Kasutatud: 01.06.2025)
60. Bisht, S, I. (2023). MBDA Proposes Arming Euro PULS MLRS With 500 Km Missile. Saadaval aadressil: https://thedefensepost.com/2023/06/05/mbda-euro-puls-mlrs/ (Kasutatud: 01.06.2025)
61. Missile Defense Advocacy Alliance. (*n.d*). Cruise Missile basics. Saadaval aadressil: https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/cruise-missile-basics/ (Kasutatud: 01.06.2025)
62. Milrem Robotics. (*n.d*). Saadaval aadressil: https://milremrobotics.com/ (Kasuatud: 01.06.2025)
63. Threod Systems. (*n.d*). Saadaval aadressil: https://threod.com/ (Kasutatud: 01.06.2025)
64. Eli. (*n.d*). Saadaval aadressil: https://eli.ee/ (Kasutatud: 01.06.2025)

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Andri Sullan,

(*autori nimi*)

sünniaeg 15.12.2001 ,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Rakettrelvastuse rolli analüüs Eesti kaitsevõimekuse seisukohast,

   (*lõputöö pealkiri*)

   mille juhendaja(d) on Marten Madissoo,

   (*juhendaja(te) nimi*)

   salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi EMU DSpace lisamiseks ja Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates lõputööd reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. olen teadlik, et lihtlitsentsiga antavad õigused jäävad alles ka mulle;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendaja(d) (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digitaalallkirjas)