



MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU & TAMPEREEN YLIOPISTO

ELINKAAREN HALLINNAN TUKEMINEN MALLINTAMISELLA – TARKASTELUSSA 155 MM AMPUMATARVIKEPERHE

**Kaksoisopinnäytetyö
Pro gradu ja diplomityö**

**Yliluutnantti
Joonas Kilponen**

Sotatieteiden maisterikurssi 11

Maasotalinja

Konetekniikan DI-tutkinto-ohjelma

Maaliskuu 2023



**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU &
TAMPEREEN YLIOPISTO**

**Kaksoisopinnäytetyö
Pro gradu ja diplomityö
MAALISKUU 2023**

Tarkastajat / Examiners:

Tampereen yliopisto:

Professori	Kari Koskinen
DI, yliopisto-opettaja	Jouko Laitinen

Maanpuolustuskorkeakoulu:

Dosentti, insinöörieriverstilutnantti	Esa Lappi
DI, projektipäällikkö	Mikko Lamminpää



MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU & TAMPEREEN YLIOPISTO

Copyright ©2023 Yliluutnantti Joonas Kilponen



MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU & TAMPEREEN YLIOPISTO

Kurssi Sotatieteiden maisterikurssi 11 / Maanpuolustuskorkeakoulu	Opintosuunta Maasotalinja, Konetekniikan DI-tutkinto-ohjelma
Tekijä Yliluutnantti Joonas Kilponen	
Opinnäytetyön nimi ELINKAAREN HALLINNAN TUKEMINEN MALLINTAMISELLA – TARKASTELUSSA 155 MM AMPUMATARVIKEPERHE	
Oppiaineet, joihin työ liittyy Sotatalous, Life-Cycle Management and Engineering	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto & Tampereen yliopiston kirjasto
Aika Maaliskuu 2023	Tekstisivuja 108 Liitesivuja 21
TIIVISTELMÄ <p>Varastoilla ylläpidetään tavoiteltua varautumistasoa ja huoltovarmuutta mahdollisia poikkeusoloja varten. Sotilaallisessa ympäristössä tehokkaalle elinkaaren hallinnalle on selkeä tarve, sillä varastojen volyymit ovat suuria. Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan tehostamisella voidaan saavuttaa enemmän suorituskykyä sekä kustannussäästöjä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan tukemista mallintamisella. Näkökulmana tutkimuksessa on omistajakeskeinen ja kokonaisvaltainen lähestymistapa ilman rajausta omistajavaltioon.</p> <p>Tutkimusongelma on: ”Miten ampumatarvikeperheen elinkaarta ja käytön optimointia voidaan tukea mallintamisen avulla?”, johon vastattiin tuottamalla ilmiötä kuvaavan tarkoituksenmukaisen mallin vaatimukset, joiden perusteella muodostettiin ratkaisua tukeva työkalu. Tutkimuksessa hyödynnettiin konstruktivistista tutkimusotetta, jossa tunnistettuun reaalia maailman ongelmaan pyritään löytämään käytännön ratkaisu. Tutkimus on perusmuodoltaan soveltava kvantitatiivinen tutkimus, jossa pyritään ratkaisemaan ongelma metodien yhdistelmän avulla. Tutkimuksessa selvitettiin mallinnettavan kohteen perusominaisuudet, sekä kartoitettiin ja analysoitiin kohteeseen vaikuttavia tekijöitä. Aineiston keräämisen päämenetelmänä käytettiin kirjallisuustutkimusta, jossa hyödynnettiin laajasti erilaisia julkisia lähteitä. Saatujen havaintojen perusteella muodostettiin tutkimuksen teoreettinen viitekehys, sekä määriteltiin yleiset vaatimukset mallille. Vaatimusten perusteella tuotettiin ilmiötä kuvaava malli, ja sitä soveltava työkalu. Mallin ja työkalun soveltumista tutkimusongelman ratkaisuksi testattiin geneerisen aineiston avulla.</p> <p>Tutkimuksen puitteissa ei löydetty aiheeseen soveltuvaa olemassa olevaa mallia tai työkalua, jolloin niiden vaatimukset muodostettiin kirjallisuustutkimuksen perusteella. Merkittävimpinä tuloksina ovat ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan perusteiden laajamittainen kartoittaminen, ja edelleen sen perusteella muodostettuja ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan mallin vaatimukset. Vaatimusten perusteella tuotettu suunnittelutyökalu tuottaa olennaista tietoa päätöksenteon tueksi, minkä avulla elinkaaren hallintaa on mahdollista toteuttaa koko ampumatarvikeperheelle. Valtio omistajana, asevoimat käyttäjänä sekä itse ampumatarvikkeet luovat omalaatuisen kokonaisuuden, johon markkina ja muuttuvat trendit vaikuttavat välillisesti. Ampumatarvikkeiden omistamisen motiivi on tietyn varmuustason ylläpitäminen. Pitkät varastointiajat ja -volyymit asettavat tavanomaisesta poikkeavia vaatimuksia koko ampumatarvikeperheen varastointiin ja ylläpitoon. Erilaisten ampumatarvike-elementtien säilymisajat ja hinnat poikkeavat toisistaan huomattavasti, jolloin varastonhallinnan ja ajantasaisen tiedon merkitys kasvaa. Tulosten perusteella voidaan todeta ampumatarvikeperheen rakenteen olevan kompleksinen ja siihen vaikuttavat moninaiset tekijät, jotka tekevät koko ampumatarvikeperheen elinkaaren mallintamisesta haastavaa yksittäisellä mallilla. Lopputuloksena tunnistettiin ja raportoitiin mallinnettavan ilmiön vaatimukset, joiden perusteella tuotettiin ampumatarvikeperheen elinkaarta kuvaava suunnittelutyökalu. Työkalun tulosten tietämyksellä kyetään tuottamaan tietoa elinkaaren hallinnan päätöksentekoa varten.</p> <p>Ampumatarvikeperheen käyttäytymisen keskiössä on elementtien varastointikestävyys, joka määrittää elementtien elinjakson pituuden. Elinkaaren hallinta ja käytön optimointi kulminoituu ylläpidettäviin laukausyhdistelmiin ja niihin tarvittaviin elementteihin. Ampumatarvikeperheen elinkaarta ja käytön optimointia voidaan tukea mallintamalla hankalasti mitattavia ilmiöitä, kuten varastointikestävyyttä tai poikkeusolojen kulutusta. Tutkimuksella kyettiin muodostamaan tunnistettuun ongelmaan käytännön ratkaisu, jolla elinkaaren hallintaa on mahdollista tukea tuotetulla tietämyksellä. Malli jalostaa tietoa tietämykseksi, ja sen avulla kyetään vastaamaan entä-jos-kysymyksiin mallin rajoitteiden puitteissa. Ampumatarvikeperheen käyttöä suorituskyvyn ylläpidon muodossa kyetään tukemaan tietämyksellä.</p>	
AVAINSANAT elinkaaren hallinta, elinkaari, elinjakso, mallintaminen, ampumatarvikeperhe, 155 mm,	

Master of Sciences Thesis / National Defence University / Master's Degree Programme in Military Economics
Master of Sciences Thesis / Tampere University / Master's Degree Programme in Life-Cycle Management and Engineering

Author:
First Lieutenant Joonas Kilponen

Title of Thesis:
**SUPPORTING LIFE CYCLE MANAGEMENT WITH MODELLING - EXAMINING THE 155 MM
AMMUNITION FAMILY**

March 2023

Text Pages 108

Annex pages 21

ABSTRACT

The stockpiles maintain the desired level of preparedness and security of supply for possible exceptional circumstances. In a military environment, there is a clear need for effective life-cycle management due to the high volume of stockpiles. Improved life-cycle management of the ammunition family can lead to improved performance and cost savings. This study examines the use of modelling to support ammunition life-cycle management. The approach is owner-centred and holistic, without limitation to the state of ownership.

The research problem is: "*How can modelling support the life-cycle management and optimisation of the ammunition family?*", which was answered by generating the requirements for a suitable model to describe the phenomenon, and generating a planning tool to support the solution. The research used a constructivist research approach, which aims to find a practical solution to an identified real-world problem. The study is essentially an applied quantitative study, which seeks to solve the problem using a combination of methods. The study identified the basic characteristics of the phenomenon to be modelled and identified the factors affecting the phenomenon. The main method used to collect the data was a literature review, making extensive use of a wide range of public sources. Based on the findings, a theoretical framework for the study was established and the general requirements for the model were defined. Based on these requirements, a model describing the phenomenon and a tool to apply it were produced. The applicability of the model and the tool to solve the research problem was tested by means of generic data.

No existing model or tool suitable for the topic was found within the scope of the study, so requirements were established on the basis of a literature review. The most significant results are the extensive mapping of the life-cycle management criteria for the ammunition family, and further the requirements for an ammunition family life-cycle management model based on this mapping. The design tool produced on the basis of the requirements will provide essential information to support decision making, enabling life-cycle management to be implemented for the whole ammunition family. The state as owner, the armed forces as user and the ammunition itself create a unique entity, which is indirectly influenced by the market and changing trends. The motivation for owning ammunition is to maintain a certain level of security and preparedness. Long storage periods and volumes place unconventional demands on the storage and maintenance of the entire ammunition family. The shelf life and prices of different ammunition elements vary considerably, making inventory management and up-to-date information increasingly important. The results show that the structure of the ammunition family is complex and influenced by multiple factors, making it challenging to model the entire ammunition family life cycle with a single model. As a result, the requirements of the phenomenon to be modelled were identified and reported, leading to the production of a design tool for the ammunition family life cycle. Knowledge of the results of the tool will enable the generation of information for life-cycle management decision making.

At the heart of the ammunition family behaviour is the storage life of the elements, which determines the life cycle of the element batches. Life-cycle management and optimisation of use culminates in the shot combinations to be maintained and the elements required to maintain them. Life-cycle management and optimal use of the ammunition family can be supported by modelling difficult to measure phenomena such as storage life or abnormal wear. The research was able to provide a practical solution to the identified problem, which can support life-cycle management with the knowledge generated. The model processes information into knowledge and is able to answer the "what-if" questions within the constraints of the model. Knowledge can be used to support the use of the ammunition family in the form of performance maintenance.

KEYWORDS

life-cycle management, life cycle, modelling, ammunition family, 155 mm,

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen kontribuutio	5
1.2	Tutkimusongelma ja -kysymykset.....	5
1.3	Tutkimusmetodologia ja tutkimuksen tavoitteet.....	6
1.4	Tutkimuksen näkökulma ja -rajaus	8
2	Ampumatarvikeperhe.....	11
2.1	Ampumatarvike ja ampumatarvike-elementit	11
2.1.1	Laukausyhdistelmän elementit	12
2.2	Tykistön ampumatarvike-elementit.....	14
2.2.1	Sytyttimet.....	15
2.2.2	Ammukset	18
2.2.3	Panosjärjestelmä ja ruuti.....	24
2.2.4	Nallit	29
2.3	Laukausyhdistelmät osana ampumatarvikeperhettä	30
2.4	Ampumatarvikkeiden tuotetiedot	32
2.5	Ampumatarvikkeiden varastointi ja kunnonvalvonta	33
2.6	Trendit tykistön ampumatarvikkeissa 2000-luvulla.....	40
3	Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinta	45
3.1	Ampumatarvikeperheen elinkaaren osatekijät ja liitospinnat	45
3.1.1	Valtion rooli ampumatarvikeperheen omistajana	48
3.1.2	Puolustusbudjetointi ja sen ominaispiirteet	50
3.1.3	Huoltovarmuus ja varautuminen uhkamalleihin	51
3.2	Elinkaariajattelu	54
3.2.1	Elinkaari ja elinjakso	54
3.2.2	Elinkaaren hallinta	58

3.2.3	Käyttöomaisuuden hallinta osana elinkaaren hallintaa	60
3.2.4	Ampumatarvikeperheen tuotetiedon hallinta.....	61
3.2.5	Ampumatarvikkeiden kustannukset ja elinkaarikustannuslaskenta	62
3.3	Ampumatarvikkeiden logistiikka, hankinnat ja toimitusketjut	65
3.4	Ampumatarvikeperheen hallinta	69
4	Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan malli.....	77
4.1	Laskentamallin kehittäminen	77
4.2	Suunnittelutyökalun vaatimusmäärittely	79
4.3	Tunnistetut työkalun vaatimukset	80
4.4	Työkalun ominaisuudet ja mallinnettavat ilmiöt	81
4.5	Työkalussa käytettävä aineisto ja parametrit	85
4.6	Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan suunnittelutyökalu	91
4.6.1	Lähtötietojen syöttäminen	91
4.6.2	Laskenta elementtien vanhenemisesta eräkohtaisesti	93
4.6.3	Ampumatarvikevaraston tulevaisuustieto	94
5	Tulokset ja analyysi	96
6	Johtopäätökset ja pohdinta	101
6.1	Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan kehityskohteet	103
6.2	Tutkimuksen merkitys ja luotettavuuden arviointi	105
6.3	Jatkotutkimustarpeet	107
A.	Kuvaluettelo.....	118
B.	Taulukkoluetelo.....	120
C.	Kaavaluettelo – tarkasta sivut	121
D.	Tutkimuksen keskeiset käsitteet	122
E.	Työkalun toimintakuvaus ja käyttöohje.....	124
F.	Työkalun geneerinen aineisto	138

Esipuhe

Tämän tutkimustyön aihe alkoi muodostumaan tutkijalle 13.9.2021. Päätös kaksoisopin-
näytteen tekemisestä oli itsestäänselvyys, kun mahdollisuus sille aukesi. Suuri työmäärä oli
alusta alkaen tiedossa, mutta todellisuus pääsi silti yllättämään. Tosin tässä tapauksessa po-
sitiivisesti. Mielenkiintoisen aiheen valinta imaisi mukaansa, jolloin käytetyt tunnit eivät
tuntuneet niin suurelta uhruukselta. Kokonaisuutena prosessi opetti valtavasti, nyt vähin-
täänkin tiedän mitä eroa on mallilla ja työkalulla.

Käytössäni oli neljä ohjaajaa kahdesta eri yliopistosta, joten voitaneen todeta tuen olleen
vähintäänkin riittävä. Tutkimus opetti elinkaaren hallinnasta, mutta prosessissa oppia ker-
tyi myös ohjaajien hallinnasta. Tampereen yliopiston Kari ja Jouko pitivät ajoittain liiankin
työkaluun fokuoituneen työskentelyn opinnäytteelle ominaisella ilmiön tarkastelun tasolla.
Puolustusvoimien Esa ja Mikko taasen varmistivat, ettei tutkija eksy liian kauas tieteen so-
veltamisesta myös käytäntöön. Ohjausprosessi antoi varmasti huomattavasti enemmän op-
pia mitä tässä tutkielmassa kykenen osoittamaan. Jokaiselle ohjaajalle tahdon osoittaa vil-
pittömät kiitokset itse ohjauksesta, kommentoinneista, haastamisesta, sekä kaikkein arvok-
kaimmasta, eli ajastanne.

Lisäksi haluan kiittää ystäviä ja läheisiä, joita olen piinannut jorinoilla tästä tutkimustyöstä
tai sen ongelmista jo aivan riittävän pitkään. Erityismaininnan ansaitsevat kaikki työtäni
oikolukeneet ja kommentoineet.

Tutkimuksen lopputuloksena saavutettiin vähintäänkin ensimmäinen askel ampumatarvik-
keiden elinkaaren hallinnan tarkastelussa. Jään mielenkiinnolla odottamaan tulevia työteh-
täviä.

Tutkija on saanut työnsä päätökseen, ja 550. päivänä hän lepäsi.

Tampereella 17.3.2023

JK

Symbolit ja lyhenteet

Symbolit

W	Elementin varastointikestävyden taustamuuttuja
w	Ilmaisee vuosittaista varastointikestävyden kulumista
W_{alussa}	Skaalauskerroin varastointikestävydelle alussa
w_{tod}	Todellinen vuosittainen varastointikestävyden menetys varastointiluokka huomioiden
w_v	Varastointiluokan heikentävä vaikutus verrattuna ideaaliolosuhteisiin.
w_l	Laskennallinen varastointikestävyden menetys vuodessa ideaalisissa olosuhteissa
t	Elementin säilytysaika vuosina varastossa
T	Elementin odotettu varastointiaika vuosina
$c_{erä}$	Erän kokonaisvarastointikustannus
$x_{erä}$	Erän kappalemäärä
C_{luokka}	Varastointiluokan aiheuttama kustannus kappaleelle
$C_{varastointi}$	Yleisestä varastoinnista aiheutuva kustannus kappaleelle

Lyhenteet

CAPEX	eng. Capital Expenses
CBRN	eng. Chemical, Biological, Radiological, Nuclear
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (eng. Enterprise Resource Planning)
FIFO	eng. First In – First Out
GIWS	Gesellschaft für Intelligente Wirksysteme mbH
GD-OTS	General Dynamics Ordnance and Tactical Systems
LCC	Elinkaarikustannus (eng. Life Cycle Cost)
LCM	Elinkaaren hallinta (eng. Life-Cycle Management)
LCMA	eng. Life-Cycle Management of Ammunition
NATO	eng. North Atlantic Treaty Organization
NSDD	eng. NATO Standardization Document Database
NSO	eng. NATO Standardization Office
NSPA	NATO:n logistiikka- ja hankintavirasto (eng. NATO Support and Procurement Agency)
OPEX	eng. Operational Expenses
PDM	Tuotetiedon hallinta (eng. Product Data Management)
PGK	hakeutuva sytytin (eng. Precision Guidance Kit)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta (eng. Product Life-Cycle Management)
PVTOK	Puolustusvoimien tekninen ohje
RUSI	eng. Royal United Services Institute
STANAG	NATO (eng. Standardisation Agreement NATO:n käyttämä standardi)
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

1 Johdanto

”Plans are nothing; planning is everything”

– Dwight D. Eisenhower

”I need ammunition, not a ride”

– Ukrainian President Volodymyr Zelenskyy

Tämä tutkimustyö on kaksoisopinnäytetyö, jossa yhdistetään Sotatalouden Pro-gradu -tutkielma ja Konetekniikan Diplomityö.

Varastot halutaan minimoida kaikissa toimitusketjun vaiheissa. Suurimpina syinä voidaan nähdä toiminnan tehostaminen ja kustannussäästöjen tavoittelu. Toimenpiteinä ovat olleet fyysisistä varastoista luopuminen ja toimitusketjujen optimointi, joiden avulla tuotanto on voitu ylläpitää halutulla tasolla ilman suuria varastoja. Varastointi ei lisää tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta, ja aiheuttaa toisaalta vain kustannuksia varastojalle. (Hokkanen and Karhunen, 2014, pp. 125–126) LandAirSea Systems (2023) tunnistaa nouseviksi trendeiksi datan ja informaation hyödyntämisen varastojen hallinnassa niin tuotteiden jäljitettävyyden kuin myös informaation hallinnan osalta, sekä oikea-aikaisen toimituksen varaston pienentämiseksi.

Nykyinen maailmantilanne osoittaa varastoista luopumisen riskien realisoitumisen vaikutuksia ja toiminnan riskit ovat realisoituneet monella alalla. Suurimpina katalyytteina ovat toimineet komponenttipula, globaali pandemia sekä Ukrainan sota. Kun materiaalia ei ole varastossa, kerrannaisvaikutukset voivat kasvaa. Esimerkiksi tehtaiden sulkeminen osien ja komponenttien saatavuusongelmien takia aiheuttaa merkittävästi suuremmat kustannustappiot, kuin mitä varastointikustannukset olisivat aiheuttaneet. Roughan (2021) toteaa artikkelissaan vuoden 2022 muuttaneen suhtautumistamme toimitusketjuihin ja niiden todelliseen varmuuteen ja hän korostaa pelkän varastohallinnan lisäksi suuremman toimitusketjun kokonaisuuden hallintaa muuttuneessa ympäristössä. Vuodelle 2023 Roughan nostaa nouseviksi trendeiksi varaston inventaarion hallinnassa muun muassa juuri ajallaan (eng. Just In Time) -ajattelun muuttumisen varmuuden vuoksi (eng. Just In Case) -ajatteluksi. Lisäksi merkittäviksi trendeiksi tunnistetaan toimitusketjun hallinnan ja sietokyvyn tarkastelu, sekä varastotoiminnan muutos keskitetystä hajautetumpaan varastointiin. (Roughan, 2021)

Sotilaallisessa varautumisessa varastoista luopuminen ei ole mahdollista, sillä asevoimilla on oltava varastoituna materiaalia poikkeusolojen varalle. Varastoilla ylläpidetään halluttua varautumistasoa ja huoltovarmuutta, joiden avulla mahdollisista poikkeusoloista voidaan selvitä. Varastojen ylläpito ja hallinta aiheuttaa kustannuksia ja se on hyväksyttävä, sillä sotilaallisessa varautumisessa riski varastojen riittämättömyydestä on sietämätön. Suomen Puolustusvoimain komentaja Timo Kivinen ilmoitti vuoden 2022 keväällä Puolustusvoimien kasvattavan ampumatarvikkeiden varastoja pysyvästi (Maaseudun Tulevaisuus, 2022).

Kuitenkaan kustannustehokkuutta ei ole syytä unohtaa, vaan käytön optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittävästi sekä taloudellisia säästöjä että toiminnan tehokkuutta. Varastojen optimointi ei itsessään ole uusi ilmiö ja sitä on tutkittu sekä kehitetty julkisilla markkinoilla. Myös Roughan (2021) nostaa analytiikan ja tiedon hallinnan suureen rooliin vuodelle 2023. Sotilaallisessa ympäristössä varastojen volyymit ovat huomattavasti suurempia, ja edelleen täyttöasteiden varmuustasot ovat huomattavasti korkeampia kuin siviilimarkkinoilla, koska varautumisen perusteet ovat erilaiset.

Venäjän hyökkäys Ukrainaun talvella 2022 viimeistään palautti uskon konventionaalisen sodan mahdollisuuteen läntisessä maailmassa. Vaikka sotänäyttämöllä on ollut läsnä moderneja täsmäaseita, sota ajautui tykistöodaksi, jota käytiin pääasiassa konventionaalisin tykistöasein (Szondy, 2022). Täysimääräiseen sotaan varautuminen ei ollut toki missään vaiheessa täysin unohtunut, mutta konfliktin todennäköisyyksien pienetessä myös varautuminen sellaiseen painuu hieman taka-alalle, lukuun ottamatta kenties Venäjän rajanaapureita. Toimitusketjuja ja elinkaaren hallintaa arvioitiin ja kehitettiin aikaisemmin selkeästi ja määrätietoisesti, mutta kohde ei välttämättä ollut varautumisessa mahdollista sotaa varten, vaan motivaatiot olivat erilaisia.

Ukrainan sota osoittaa konventionaalisten sodankäynnin välineiden sekä menetelmien arvon ja tarpeellisuuden myös 2020-luvulla. Royal United Services Institute (RUSI) raportin (2022) arvioiden mukaan Venäjä on ampunut keskiarvollisesti 20 000 tykistöammusta päivässä, Ukraina taas 6000. Lukumäärät antavat osviittaa varastojen kokoluokasta. Neuvostoliiton aikaiset tuotantolaitokset Ukrainassa toimittivat Venäjän asevoimille vuoteen 2014 asti arviolta jopa 2 000 000 ammusta vuosittain, ja tällaiset sopimukset ovat olleet voimassa 1980-luvulta saakka. (Watling and Reynolds, 2022, pp. 5–6)

Tykistöase on ollut merkittävässä roolissa koko Ukrainan sodan ajan, aina Krimin valtauksen erikoisoperaatiosta 2014 suurempaan hyökkäykseen helmikuussa 2022. Vuonna

2015 arvioitiin tykistön tuottaneen 85 % kaikista tappioista kummallekin osapuolelle (Karber, 2015, p. 18). Konventionaalisilla ampumatarvikkeilla on ollut suuri merkitys taisteluiden kulussa, eikä näin ollen voida suoraan tyrmätä esimerkiksi sirpalekranaatteja vanhentuneina. Vaikkei tykistö olekaan saanut yhtä paljon mediahuomiota kuin esimerkiksi Javelin-panssarintorjuntaohjukset tai HIMARS-raketinheitinjärjestelmät, taustalla tykistö on osoittanut tehokkuutensa, sillä sen avulla Ukrainan sodassa on saavutettu merkittävää menestystä. (Cancian and Anderson, 2023)

Toinen merkittävä huomio on havaittu vuoden 2022 aikana, kun Ukraina on saanut länsimailta sotilasapuna erikoisampumatarvikkeita (Ukrainian Military Center, 2022). Näiden suurimpina etuina ovat kantaman ja tarkkuuden kasvattaminen, sekä kuorma-ammusten panssarintorjuntaominaisuudet. Ukrainan sodan perusteella tykistö aselajina ei ole muuttumassa vanhentuneeksi, ja sen suorituskykyä voidaan parantaa muun muassa modernein ampumatarvikkein ja myös muilla ratkaisuilla.

Teknologian kehittyessä myös ampumatarvikkeet kehittyvät. Kehittyneillä ampumatarvikkeilla voidaan kasvattaa niiden tehokkuutta, mutta samalla teknisemmät ampumatarvikkeet luovat haasteita niiden hallintaan ja käyttöön. Ampumatarvikeperheessä yleensä ei luovuta konventionaalisista ampumatarvikkeista, vaan niiden rinnalle hankitaan erikoisampumatarvikkeita. Tämä kasvattaa ampumatarvikeperheen kokoa, kun eri elementtien lukumäärä inventaariossa sekä varastossa kasvaa.

Varastojen ylläpito tapahtuu kuitenkin normaaliolossa, jolloin ampumatarvikeperheen hallinnoinnille ja käytön optimoinnille on suurin tarve ja edellytykset. Ampumatarvikeperheen laajentuessa käytön optimointi ja hallinta muuttuu kompleksisemmäksi. Elementtien eri pituiset säilymisajat luovat kokonaisuuden hallintaan haasteen, jolloin osa elementeistä voidaan varastoida vuosikymmeniksi ja osa vain vuosiksi. Optimaalisessa tilanteessa vanhentuvat ampumatarvikkeet voitaisiin käyttää harjoitteluun ennen hylkäämistä ja hävittämistä, jolloin niistä saataisiin hyötyarvoa harjoittelun muodossa. Optimaaliset ajankohdat uusien elementtien tilaamiselle on haastavaa määritellä ilman riittäviä perusteluita päätöksenteolle. Perusteluina voi olla esimerkiksi tulevaisuudessa kerralla vanheneva suuri määrä elementtieriä, jolloin tilauksen ajallisella hajauttamisella voitaisiin kustannuksia jakaa useammalle vuodelle. Ajankohtaan vaikuttavat lisäksi taloudelliset tilauskoot. Kumpaankin vaikuttavat tehdyt linjaukset ja riskinsietokyky siitä, halutaanko ylläpitää suurta varastovolyymiä tai tuotantokykyä, vai molempia. Erikoisampumatarvikkeiden määrän lisääntyminen tuo oman haasteensa kokonaisuuden hallintaan. Ampumatarvikkeiden teknisyden lisää-

tyessä myös varastoinnin vaatimukset kasvavat. Koko ampumatarvikeperheen varaston hallintaa ohjaavat määritetyt varmuustasot, joiden rajoissa lukumäärien on pysyttävä. Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaa voidaan kehittää ja mallintamisella on mahdollista tuottaa päätöksentekoa tukevaa tietämystä ampumatarvikkeiden hallinnointiin.

Julkisen sektorin valtiolliset omistajat hallinnoivat valtaosaa ampumatarvikkeista, ja näiden varastojen kokoluokka on jopa kymmeniä miljoonia kappaleita, jolloin hallinnointi on enemmän kuin tarpeellista. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaa, josta esimerkkinä keskitytään tykistön 155 millimetrin kaliiperisiin ampumatarvikkeisiin. Yleistä mallia tai toimintatapaa ei löydetty tutkimuksen toteutuksessa ampumatarvikkeiden elinkaaren hallinnalle tutkimuksen viitekehäyksessä, ja ampumatarvikkeiden ominaisuudet ja omistamisen motiivi poikkeavat laajasti siviiliteollisuuden tuotteista. Tutkimuksessa selvitetään ampumatarvikeperheen ominaisuudet, joiden asettamien vaatimusten perusteella luodaan malli, joka kuvaa tyypillisen ampumatarvikeperheen käyttäytymistä. Malli implementoidaan suunnittelutyökaluksi.

Yleisesti ottaen, vaikka ampumatarvikeperheen omistaa valtio, sitä hallinnoi valtion asevoimat. Asevoimien organisaation vastuut ja järjestelyt voivat vaihdella, mutta pääsääntöisesti asevoimilla on jokin instanssi tai toimija, joka vastaa asevoimien materiaalin ja järjestelmien ylläpidosta. Tämän kaltainen menettely juontaa juurensa vastuiden selkeyttämiseen sekä jakamiseen. Esimerkiksi Suomen Puolustusvoimissa tällainen toimija on Järjestelmäkeskus. (Puolustusvoimien logistiikkalaitos, 2023)

Järjestelmäkeskuksen toimintaa ja vastuita kuvaillaan seuraavasti: ”*Järjestelmäkeskus vastaa Puolustusvoimien järjestelmien ja materiaalin teknisen elinjakson hallinnasta, kunnossapidosta sekä hankintatoiminnan teknisestä valmistelusta. Järjestelmäkeskus vastaa myös materiaallisen suorituskyvyn teknillisestä tarkastustoiminnasta ja Puolustusvoimien materiaalin käyttöturvallisuudesta. Järjestelmäkeskus toimii Puolustusvoimien materiaalin järjestelmävastuullisena, tuottaa teknisten järjestelmien ja sotavarusteiden tilannekuvan ja vastaa puolustusmateriaalinimikkeistön hallinnasta.*” (Puolustusvoimien logistiikkalaitos, 2023).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikeperhettä järjestelmävastuullisen näkökulmasta, ja tutkimus tuottaa perusteita sekä taustaselvitystä järjestelmävastuullisen tahon toiminnalle ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnassa yleisellä tasolla.

1.1 Tutkimuksen kontribuutio

Tältä aihealueelta ja tämän kaltaista tutkimusta ei ole löydettävissä. Puolustusvoimien Logistiikkalaitoksella ei ole tällä hetkellä käytössään ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaan soveltuvaa mallia tai työkalua. Tässä tutkimuksessa kartoitetaan tällaisen mallin ja työkalun yleisiä vaatimuksia ja muodostetaan työkalu, joka soveltuu ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan ja sen suunnittelun tukemiseen.

1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tutkimuksen tutkimusongelma on muotoiltu seuraavasti:

Miten ampumatarvikeperheen elinkaarta ja käytön optimointia voidaan tukea mallintamisen avulla?

Tutkimusongelmaan vastataan luomalla malli, jonka soveltumista tutkimusongelman ratkaisuksi testataan kohteen mukaisen geneerisen datasetin avulla. Testauksen jälkeen voidaan tehdä arvioida mallin soveltuvuutta kuvattuun tutkimusongelmaan, sekä raportoida kritiikki muodostettua mallia sekä työkalua kohtaan.

Mallin muodostamiseen ja sen arviointiin liittyvät seuraavat tutkimuskysymykset:

- 1. Mitä vaatimuksia 155 mm ampumatarvikeperheen käyttö ja elinkaaren hallinta asettaa mallintamiselle?*
- 2. Minkä tyyppinen malli soveltuu 155 mm ampumatarvikeperheen käytön ja elinkaaren kuvaavan mallin rakentamiseen?*
- 3. Miten 155 mm ampumatarvikeperheen käyttöä ja elinkaarta kuvaava malli voidaan validoida?*
- 4. Miten tuotettu malli soveltuu 155 mm ampumatarvikeperheen elinkaaren ja käytön optimointiin?*
- 5. Miten tuotetulla mallilla voidaan tukea päätöksentekoa ampumatarvikeperheen käytön optimoinnissa?*

1.3 Tutkimusmetodologia ja tutkimuksen tavoitteet

Saunders (2019) korostaa valintojen ymmärryksen merkitystä, jotta tutkija ymmärtää miten eri menetelmät vaikuttavat tutkimuksen tuloksiin. Tutkijan on siis perusteltava valintansa, jotta tutkimus on eheä ja johdonmukainen, eikä ainoastaan kokoelma erillisiä päätelmiä. Tutkimuskysymykseen vastaamiseksi ja tutkimuksen tavoitteeseen päästäkseen tutkijaa ohjaavat tutkimuksen metodologiset valinnat, jotka käytännössä kertovat miten tutkimuskysymykseen vastataan. Työn rakenne voidaan mieltää sipulin kaltaisena, jossa päällekkäiset kerrokset kuvastavat tutkimuksen rakennetta. Rakenteissa uloimmat kerrokset kuvaavat tieteenfilosofiaa ja valittua lähestymistapaa, joiden jälkeen siirrytään tutkimusmenetelmien valinnan kautta tutkimusstrategiaan ja edelleen aineiston keräys- ja analysointitapaan. (Saunders, 2019, p. 130) Tutkijan on tärkeää hahmottaa ja ymmärtää oma tutkimusasetelmänsä, jotta hän kykenee valitsemaan oikeat ja soveltuvimmat menetelmät.

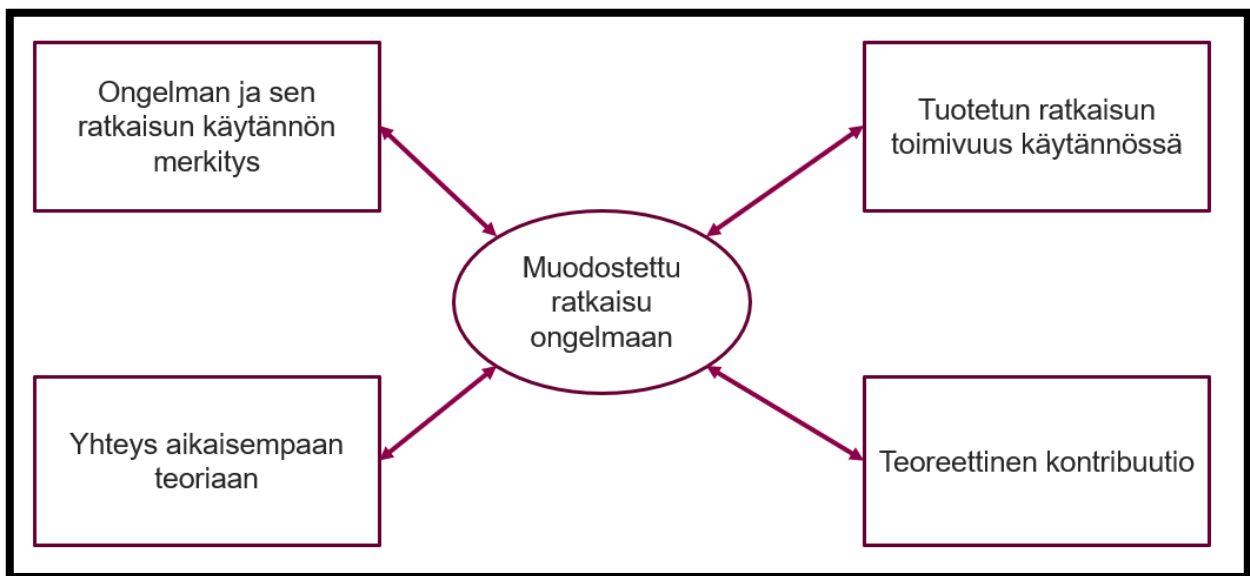
Pragmatismi tieteenfilosofisena suuntauksena näkee reaali maailman ongelmien ratkaisuun tähtäävän tutkimuksen tai tiedon merkityksellisenä, jolloin keskeistä on ongelman toimintaa tukeva ratkaisu (Saunders, 2019, p. 151). Pragmatismi soveltuu käytettäväksi tutkimusfilosofiaksi tässä tutkimuksessa, sillä tutkimusongelman ratkaisun on tarkoitus tuottaa tietoa päätöksenteon tueksi mallin avulla, joka edelleen perustuu todenmukaiseen tietoon mallin ilmiöstä.

Deduktiivisessa päättelyssä valittua teoriaa pyritään tarkastelemaan kerätyn aineiston avulla ja mahdollisesti löytämään uusia näkökulmia tai kehittämään teoriaa. Induktiivisessa päättelyssä taas päinvastoin kerätyn aineiston avulla pyritään tarkastelemaan valittua teoriaa ja joko vahvistamaan sitä tai kumoamaan se. Abduktiivinen päättely yhdistää deduktiivista- ja induktiivista päättelyä, ja sen tavoitteena tyypillisesti on muokata tai kehittää olemassa olevien teorioiden avulla uutta. (Saunders, 2019, pp. 153–156) Deduktiivinen päättely soveltuu käytettäväksi tähän tutkimukseen, sillä tarkoitus ei ole luoda uutta teoriaa, vaan kerättyä aineisto sovelletaan tutkimusongelmaan. Elinkaaren hallinta sekä ampumatarvikkeperhe ovat laajoja kokonaisuuksia, joiden selvittäminen on luontevaa kirjallisuustutkimuksen avulla.

Tutkimus on perusmuodoltaan soveltava kvantitatiivinen tutkimus, jossa pyritään ratkaisemaan ongelma metodien yhdistelmän avulla. Kvantitatiiviselle tutkimukselle tyypillistä on aineiston osalta pohjautua tietoon, joka on määrällisesti mitattavissa, sekä edelleen esitettävissä esimerkiksi taulukoina tai tilastoina. Näiden perusteella kyetään tekemään johto-

päätöksiä tilastollisen analyysin perusteella. (Hirsjärvi *et al.*, 2009, pp. 139–140) Ampumatarvikeperheen mallintaminen on numeerista ja perustuu varastonhallintaan sekä pohjimmiltaan kirjanpitoon. Päätöksenteon tueksi tuotettava tieto luodaan numeerisesta datasta, jolloin kvalitatiivinen tutkimus soveltuu työhön hyvin.

Konstruktiivinen tutkimusote pyrkii löytämään reaali maailmasta tunnistettuun ongelmaan ratkaisun. Ydinpiirteiltään tutkimusotteessa tuotetun konstruktion toimivuutta testataan, ja keskiössä on ratkaisukeskeisyys ja ydinongelman käytännön ratkaisuun pyrkiminen. (Lukka, 2014) Järvisen ja Järvisen mukaan (2004) konstruktiivisen tutkimuksen päämääränä tulevaisuuden kehittäminen haluttuun suuntaan asioiden muuttamisen ja kehittämisen avulla (Järvinen and Järvinen, 2004). Haluttu tulevaisuuden suunta tässä tutkimuksessa on tehokkuuden lisääminen ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnassa, ja suuntaan pyritään tuotettavan mallin sekä tunnistettujen päätöksentekoa tukevien tietojen esittämisellä.



Kuva 1: Konstruktiivisen tutkimusotteen elementit. Mukailten (Lukka, 2014).

Konstruktiivinen tutkimusote soveltuu tähän tutkimukseen, jossa kuvattuun tutkimusongelmaan pyritään löytämään ratkaisu muodostamalla tutkimuksen kohdetta kuvaava malli. Alla on kuvattu konstruktiivisen tutkimusotteen elementit, ja niiden toteuttaminen tässä tutkimustyössä lyhyesti:

1. Tutkimuksen käytännön ongelma on ampumatarvikkeiden varastoinnin välttämättömyys, ja niiden ominaisuuksien sekä varastoinnin tarpeen poikkeaminen valtaosasta markkinaa, jolloin niitä ei juurikaan ole tutkittu kokonaisuutena. Elinkaaren hallintaa parantamalla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä ja tehokkuutta.
2. Ratkaisun löytämiseksi perehdytään aikaisempaan tutkimukseen ja olemassa olevaan teoreettiseen tietämykseen tutkimuskohteen osalta kirjallisuustutkimuksen avulla. Tulosten perusteella määritellään mallin vaatimukset ja tunnistetaan oleellisia päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä.
3. Tutkimuksen teoreettinen kontribuutio on mallin vaatimusten määrittely ja aikaisemman tiedon yhdistäminen tutkimuksen kohteelle soveltuvaksi. Mallin ja sen perusteella muodostetun työkalun toimivuutta heijastetaan löydettyyn teoriapohjaan käytettyjen esimerkkitaustojen osalta.
4. Tuotetun ratkaisun toimivuutta käytännössä testataan tässä tutkimuksessa geneerisellä datasetillä, sillä malli on yleinen. Työkalun luomisessa hyödynnetään menetelmänä matemaattista mallintamista. Mallin antamia tuloksia tarkastellaan kriittisesti huomioiden datasetin geneerisyys sekä mallin yleisluonteisuus.
5. Ratkaisu ongelmaan, eli konstruktio, koostuu mallin vaatimuksista, itse mallista sekä sen käytännön toteutuksena tuotettavasta työkalusta.

1.4 Tutkimuksen näkökulma ja -rajaus

Rajaus on tutkimuksen toteutuksen kannalta tärkeää, ja onnistunut rajaus itsessään ohjaa tutkimusta rakenteellisesti. Rajauksella vältetään liian laajojen kokonaisuuksien tarkastelu ja toisaalta myös rajataan tutkimus vain tarkoituksenmukaiseen laajuuteen. (Hirsjärvi *et al.*, 2009, pp. 81–82)

Tutkimuksen näkökulmana on tarkastella ampumatarvikeperheen hallintaa järjestelmävastuullisen tahon näkökulmasta. Yleisesti ottaen suuria ampumatarvikeperheitä omistavat ja hallinnoivat valtiolliset toimijat, jolloin näkökulma rajataan oletukseen valtiollisesta toimijasta. Tutkimustyö on julkinen, joten tutkimuksen ampumatarvikeperheen omistajaan ei oteta kantaa, samoin muodostettavaa mallia ja työkalua eikä niiden perusteita tarkenneta tiettyyn toimijaan. Muodostettavan mallin ja työkalun perusteita etsitään julkisista lähteistä, mutta ampumatarvikkeiden luonne huomioiden esimerkkeinä käytetään tarvittaessa

Puolustusvoimien toimintatapoja tai normitekstejä näiden saavutettavuuden vuoksi, kuitenkin yleisellä tasolla. Kaikki tieto ei ole julkista, kuten ostotilauksien yksityiskohdat tai ampumatarvikkeiden todelliset tiedot, jolloin mallin ja työkalun toiminnan testaamista varten muodostetaan geneerisen datasetti, joka perustuu julkiseen tietoon ja oletuksiin. Muodostettava datasetin, eli mallin ja työkalun tausta-aineiston, on tarkoitus testata mallin toimivuutta, jolloin tietojen ei ole tarpeellista olla todellisia, vaan todellisuutta vastaavat tiedot ovat riittäviä.

Elinkaaren hallintaan ja ampumatarvikkeisiin liittyy paljon ympäristötekijöitä, mutta niiden vaikutuksia ei tarkastella tässä tutkimuksessa, vaikkakin niiden olemassaolo tunnustetaan. Ampumatarvikkeisiin ja niiden varastointiin liittyy myös paljon turvallisuusnäkökulman tekijöitä, kuten varastojen rakenteelliset määreet ja vaatimukset turvallisen varastoinnin osalta. Vaikka nämä tekijät liittyvätkin kokonaisuuteen, tämä tutkimus ei tarkastele ampumatarvikkeiden hallintaa varastoinnin turvallisuuden näkökulmasta, jolloin nämä tekijät on luonnollista rajat tutkimuksen ulkopuolelle tyytyen oletuksiin näiden vaatimusten noudattamisesta omistajan toimenpitein.

Varastot ja ampumatarvikkeiden lukumäärät niissä mielletään kokonaisuutena, ei siis yksittäisten fyysisten rakennusten verkostona. Tutkimuksessa ei oteta kantaa ampumatarvikkeiden logistiikkaan omistajan näkökulmasta, vaan tarkastellaan varastoa kokonaislukumäärinä, vaikkakin omistajan sisäinen logistiikka tunnustetaan osaksi ampumatarvikeperheen hallintaa. Muodostettavan mallin on tarkoitus tuottaa tietämystä kokonaisuuden hallintaan, ei yksittäisten ampumatarvikkeiden kuljetuksiin tai varastohallintaan, jolloin näiden merkitys tunnustetaan, mutta siihen ei syvennyttä. Ostosopimukset tai niiden hallinta eivät myöskään ole tämän tutkimuksen kohteena, mutta niiden tyyppien tunnistaminen ja hankintojen ymmärtäminen on tutkimuksen kannalta merkityksellistä. Tutkimuksessa tunnustetaan ampumatarvikkeiden hankintoihin liittyvät tekijät, jotka vaikuttavat varaston sisään-virtaukseen, ja edelleen ne huomioidaan mallissa. On oleellista varautumisen ja käytön optimoinnin kannalta tunnistaa, kuinka nopeasti tai hitaasti tietyn komponentin hankkiminen kestää, jolloin voidaan ennakoida uusintatilaukset tai toisaalta varmistua varmuustasojen täyttymisestä.

Ampumatarvikkeiden hävittäminen tai niistä luopuminen rajataan tutkimuksen ulkopuolelle toimenpiteenä, ja käsitellä vain päätöksentekopistettä jonkin ampumatarvike-erän luopumisesta sekä edelleen luopumisen vaikutuksia ampumatarvikeperheeseen.

Mallin parametrit saadaan kirjallisuustutkimuksen tulosten perusteella. Ydinkysymys on kuitenkin kustannustehokkuudesta, eli miten ampumatarvikeperhettä käytetään mahdollisimman optimaalisesti ilman tarpeettomia kuluja tai ampumatarvikkeiden hävittämistä.

Tutkimus keskittyy esitettyyn ampumatarvikeperheeseen ja sen hallintaan. Tutkielman tarkka rajaus muotoutuu konkreettisesti teoreettisen viitekehyksen muodostamisen sekä työkalun luomisen aikana.

Tutkimuksen tavoitteena on siis tukea useampaa erityyppistä ampumatarviketta sisältävän ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaa ilmiötä kuvaavalla mallilla sekä sitä ilmentävällä työkalulla. Ydinajatus on tuottaa mallin ja työkalun avulla tietämystä päätöksenteon tueksi.

2 Ampumatarvikeperhe

Tämän luvun tarkoituksena on muodostaa ymmärrys tutkimuksen kohteena olevasta ampumatarvikeperheestä ja sen elementeistä. Kohteen kokonaisvaltainen tarkastelu luo mahdollisuudet ymmärtää sen ominaisuuksia ja käyttäytymistä. Tämä on edellytys kohteen onnistuneelle mallintamiselle.

2.1 Ampumatarvike ja ampumatarvike-elementit

Ampumatarvike on asejärjestelmän osa, joka tuottaa vaikutuksen haluttuun kohteeseen. Ampumatarvikkeita voidaan jaotella niiden tuottaman vaikutuksen perusteella esimerkiksi räjähdys- tai valaisuvaikutteisiin ampumatarvikkeisiin. Ampumatarvike muodostuu, kun ampumatarvikkeiden eri elementit yhdistetään. Ampumatarkkeiden elementit ovat sytytin, ammus, panos, mahdollinen hylsy sekä nalli. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 25) Ammus on ampumatarvikkeen osa, joka etenee sille annetun suunnan ja lähtönopeuden avulla näiden määrittämää lentorataa. Ammus altistuu lentoradan aikana erilaisille fysikaalisille ilmiöille, kuten painovoimalle. Ammuksia on erilaisia, kuten luodit ja kranaatit sekä erikoisampumatarvikkeet, joiksi voidaan lukea erilaiset kuorma-ammukset tai ohjautuvat ammuksset. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 25) Ammukseen lentoradan aikana kohdistuvat ulkoiset vaikuttimet huomioidaan ampumatoiminnassa erilaisina korjauksina, esimerkiksi ammukselle annettavassa korotuskulmassa, ja esimerkiksi ohjautuvat ampumatarvikkeet kykenevät itse muuttamaan lentorataansa ennen osumistaan maaliin.

Ammuksia voidaan ampua erilaisilla aseilla tai asejärjestelmillä, joita voidaan ryhmitellä maalissa tuotettavan vaikutuksen mukaan. Ryhmittelyjä voi tehdä esimerkiksi ammusaseisiin ja ohjusaseisiin. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 25) Tässä tutkimuksessa keskitytään tykistöaseisiin, jotka luokitellaan ammusaseisiin. Ammusaseissa liike-energia ammukselle tuotetaan palamisreaktiolla tuotetun paine-energian avulla, ja useimmissa ammustyypeissä ammuksen lentorataan ei voida enää vaikuttaa sen jälkeen, kun se on jättänyt putken. Ammus vakautetaan tyypillisesti joko putken rihlauksella tai ammuksen omilla vakaimilla. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 26)

Asejärjestelmät suunnitellaan toimimaan kokonaisuutena, ja sen osien yhteensovittaminen vaatii erityistä huomiointia siten, että yhteensopivuus säilytetään. Asejärjestelmän eri

osille voi kohdistua moninaisia ja jopa ristiriitaisia vaatimuksia, jolloin elementtien suunnittelusta lähtien on varmistuttava niiden yhteensopivuudesta muihin elementteihin ja asejärjestelmän osiin. Eri asejärjestelmien osien tai ampumatarvikkeiden elementtien yhteensopivuutta ohjataan erilaisilla asiakirjoilla, joista yhtenä esimerkkinä voidaan mainita puolustusliitto NATO:n (North Atlantic Treaty Organization) omat standardit, STANAG:t (Standardisation Agreement NATO). Näiden tarkoitus on varmistaa yhteensopivuus yhteisesti sovittujen sääntöjen ja vakioiden puitteissa, jo esimerkiksi ampumatarvike-elementin suunnittelutyöstä lähtien. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 37–38)

Erityyppisille laukausyhdistelmille tai elementtien yhteensopivuudelle on voitu asettaa joitain rajoitteita käyttötapaan tai käyttörajoituksia elementtien käyttöön (*Tykistön ampu- maopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 55). Tällaiset rajoitukset voivat johtua useammasta erisyystä, esimerkiksi suurimpien panosten käyttörajoite voi juontaa tykin rakenteiden suuren kulumisen ehkäisemiseen. Kuitenkin rajoitteiden ei pitäisi estää elementtien käyttöä oikeaan käyttötarkoitukseensa. Käytössä olevien elementtien on oltava yhteensopivia ja yhteensopivuuksista täytyy pitää kirjaa. Nämä yhteensopivuudet varmistavat elementtien oikeellisen, turvallisen ja tehokkaan käytön. Edellä mainittuja muita käyttörajoitteita voi olla järkevää käyttää harjoitustoiminnassa, joiden käytöllä ehkäistään kaluston turha rasitus.

Samoja ampumatarvike-elementtejä on myös erityyppisiä, esimerkiksi iskusytytin ja aikasytytin ovat molemmat sytyttimiä, mutta eri periaatteella toimivia. Kuitenkin on myös olemassa eri elementtiversioita, joiden käyttötarkoitus on sama. Erilaisten ampumatarvike-elementtityyppien ja -versioiden yhteensopivuus pitää olla todennettavissa, ja standardit ratkaisevat näitä yhteensopivuuksien ongelmia määrittelemässä yhteensopivuuksien vaatimukset. Eri elementtien tai niiden versioiden yhteensopivuus yleensä kuitenkin varmistetaan aina koeammunnoilla, joissa todetaan yhteensopivuus myös käytännössä. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 230–231)

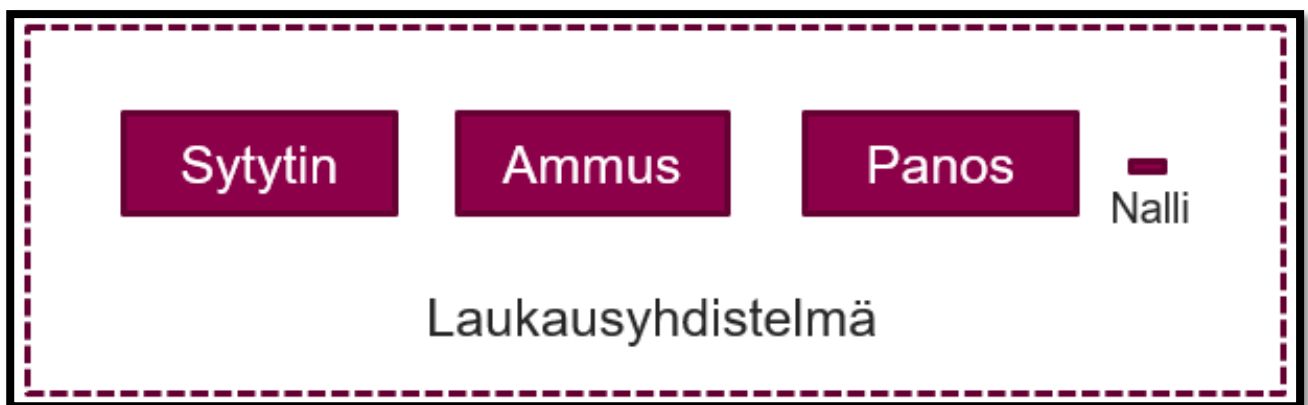
2.1.1 Laukausyhdistelmän elementit

Ampumatarvike muodostuu, kun yhdistetään ampumiseen tarvittavat erilaiset elementit ja räjähdetarvikkeet yhteen laukaukseksi, laukausyhdistelmäksi. Laukauksien käyttötarkoituksia on eri vaikutusperusteisuuden perusteella, perinteisestä ammusaseiden sirpalekranaateissa tai esimerkiksi valaisu- tai savutustarvikkeina. Laukausyhdistelmän kokoonpanon ratkaisee käytettävä ase ja käyttötarkoitus, eikä välttämättä jokaiseen laukausyhdistelmään

tarvita kaikkia elementtejä. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 41–42) Sirpalekranaatti voidaan esimerkiksi ampua ilman perävirtausyksikköä, mutta panos tarvitsee aina nallin palamisreaktion käynnistämiseen, eli itse panoksen sytyttämiseen.

Laukauksia voidaan myös jaotella erilaisten kokoonpanojen mukaisesti. Ampumatarvikkeisiin luetaan myös erilaiset vaarattomat ampumatarvike-elementit tai niiden osat, kuten harjoitus-, koulutus- tai opetustarvikkeet. Edellä mainitut sisältävät kuitenkin oikean ampumatarvikkeen toiminnallisuuksia, kuten merkinnät tai rakenteelliset toiminnallisuudet, ollen kuitenkin osaltaan vain määritettyä tarkoitustaan varten toimivia. Esimerkiksi käsittelytarvikkeet ovat täysin vaarattomia, mutta harjoitustarvikkeita voi esimerkiksi ampua aseella, mutta ne eivät sisällä ammuksen osalta räjähdysainetta. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 41–42)

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tykistön laukauksia, joita voivat olla patruuna, kartussi-, kartussipatruuna-, patruuna-, irtopanos-, raketti- ja ohjuslaukaukset, rajoittuen tässä tutkimuksessa irtopanoslaukausten tarkasteluun. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 230–231) Irtopanoslaukaus ei sisällä erillistä hylsyä, joten myös nalli on erillinen elementti. Ladattaessa irtopanoslaukausta sytytin on kiinnitettynä ammukseseen, ja tämä yhdistelmä ladataan erillään panoksesta. Panos ladataan siis täysin erillisenä, nallin ollessa tyypillisesti kiinnitettynä asean lukkoon, jolloin puhutaan iskulukkonallista. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 55)



Kuva 2: Laukausyhdistelmän rakenne.

Tykistön irtopanoslaukauksen elementit on esitetty kuvassa 2 yllä. Ammus elementtinä voi kuitenkin sisältää esimerkiksi sirpalekranaatin sekä siihen liitettävän perävirtausyksikön, kokonaisuutena kuitenkin puhuttaessa ammuksesta. Sytyttimet voivat olla erillisiä ele-

menttejä, mutta joissakin tapauksissa sytytin ja ammus ovat kiinteä elementti, joka voi joutua valmistustavasta, tai toisaalta myös tiettyjä ammuksia ammutaan aina tietyn tyyppisellä sytyttimellä.

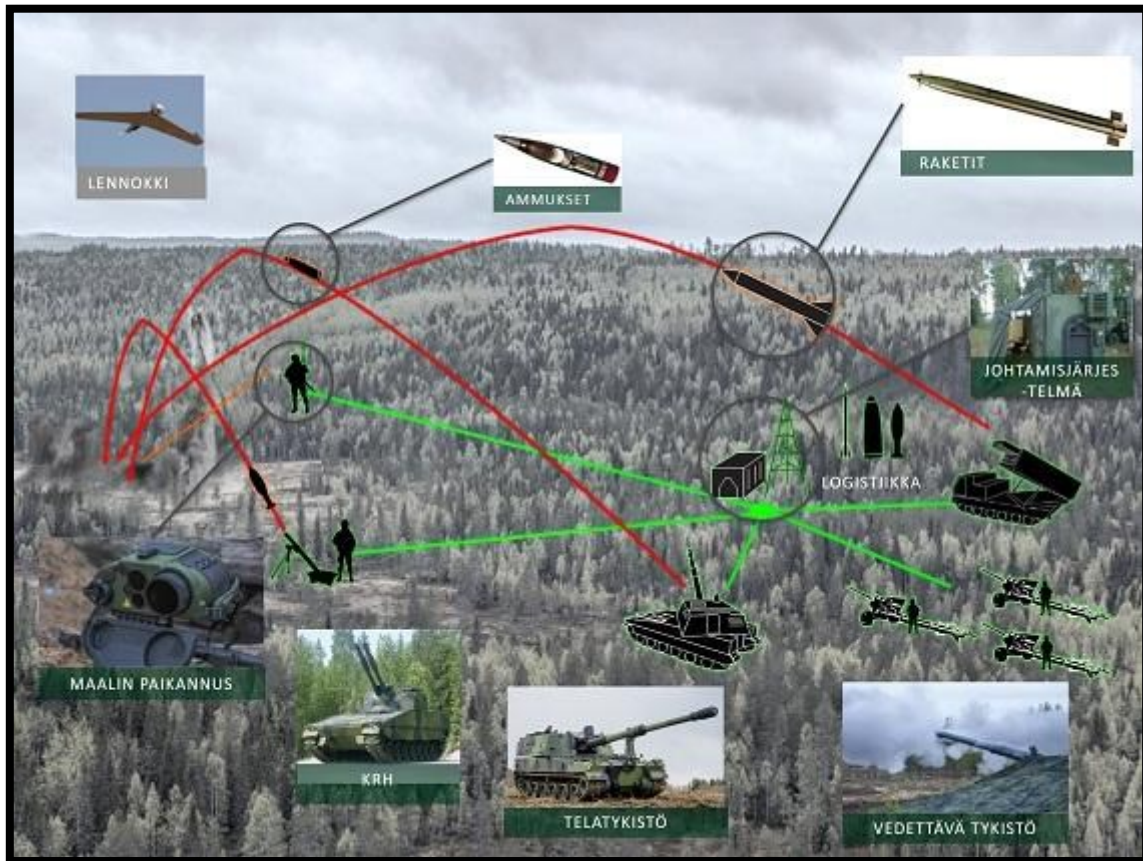
2.2 Tykistön ampumatarvike-elementit

Tykistön käyttö ja tulivaikutus perustuu ammuksiin. Vaikutustapaan on mahdollista vaikuttaa ammuksen ja sytyttimen erilaisilla yhdistelmillä. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 55) Kuvassa 3 on esitetty suomalainen tykistöjärjestelmä. Tykistöjärjestelmä sisältää erilaisia toiminnallisuuksia, jotka ovat esillä myös kuvassa, kuten tulasematoiminta ja johtaminen. Ampumatarvikkeet ovat välttämätön osa tykistöjärjestelmää, sillä ne ovat tekijä, joka tuottaa halutun vaikutuksen maaliin. Kuvassa on eritelty erikseen ammuksien omana osanaan sekä logistiikka suurempana toiminnallisuutena.

Ampumatarvikeperhe on oma kokonaisuutensa, jonka avulla tuotetaan haluttua suorituskykyä koko tykistöjärjestelmältä, kun taas logistiikka mahdollistaa ampumatarvikkeiden toimitukset varastoista aina ampuville aseille. Tässä tutkimustyössä huomio on ampumatarvikkeissa, niiden erilaisissa tyypeissä omistajan hallussa sekä varastoinnin hallinnassa, jolloin laajemmin voidaan käyttää termiä elinkaaren hallinta. Merkittävä osa tykistöjärjestelmää on nimenomaisesti itse ampumatarvikkeet sekä niidentäydennykset ja kuljetukset ampuville aseille, mutta kuvasta sinänsä puuttuu tykistöjärjestelmän ylläpito osa-alueena, johon tässä tutkimuksessa osaltaan pureudutaan. Toisaalta Pirinen (2020) käsittelee tykistöjärjestelmää enemmän suorituskyvyn käyttäjän näkökulmasta, jolloin ylläpito ei niin vahvasti ole painopisteessä.

Tutkimuksessa keskitytään 155 mm ampumatarvike-elementteihin, jotka ovat vakiintuneet läntisten valtioiden sekä NATO-valtioiden käyttöön raskailla tykistöaseilla. Tästä osoituksena on esimerkiksi yhteinen standardisointi 155 mm ampumatarvikkeille (Nato Standardization Office, 2023). Länsimaisista ampumatarvikkeista on saatavilla runsaasti tietoa verrattuna esimerkiksi Venäjän käyttämään 152 mm kaliiperin ampumatarvikkeisiin. Toisaalta myös 155 mm ollessa vakiintunut jo pidemmän aikaa läntisten valtioiden käyttöön, on sen kehitystyöhön myös panostettu. Saman kaliiperin käyttö laaja-alaisesti tuo mukanaan etuja, ampumatarvikkeiden valmistajat voivat tarjota tuotteita laajemmalle asiakaskunnalle, ja edelleen asiakkaana toimivat valtiot hyötyvät, kun ampumatarvikkeet ovat yhteensopivia asejärjestelmien välillä. Tätä on edesauttanut standardisointityö, jota esimerkiksi NATO tekee (Nato Standardization Office, 2023). Standardi takaa yhteensopivuuden

eri asejärjestelmien ja ampumatarvike-elementtien välillä. Edelleen yhteensopivat ampumatarvikkeet mahdollistavat valtioiden yhteistilaukset, jolloin suuremmalla tilausmäärällä saavutetaan yleensä kustannussäästöjä. Toisaalta ampumatarvikkeiden kohdentaminen, lainaaminen tai antaminen on myös mahdollista yhteensopivuuden myötä.



Kuva 3: Tykistöjärjestelmä (Pirinen, 2020).

2.2.1 Sytyttimet

Sytyttimen tehtävänä osana laukausyhdistelmää on käynnistää ammuksen toiminta oikea-aikaisesti käyttötarkoituksensa mukaisesti halutussa kohteessa. Sytyttimiä on erilaisia, jotka soveltuvat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Jako sytyttimien tyyppien välillä voidaan tehdä erilaisten sytyttimen toimintojen kautta, näitä ovat aika-, heräte- ja iskusytyttimet. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 51; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 69) Tykistö käyttää kaikkia edellä mainittuja tyyppisiä, ja on myös olemassa eri toimintoja yhdisteleviä sytyttimiä, joissa esimerkiksi herätesytyttimessä on myös iskutoiminnallisuus. Nämä erilaiset toiminnallisuudet asettavat omat vaatimuksensa sytyttimien rakenteelle, ja niiden toteutus vaihtelee yksinkertaisesta mekaanisesta monimutkaisempaan sähköiseen

toteutustapaan. Rakenteeseen vaikuttavat lisäksi erilaiset varmistimet ja niiden mekanismit. Sytyttimen tehtävä on laukausta ammuksen vaikutus, joten turvallisuus on merkittävässä roolissa sytyttimien toiminnassa, jotta niiden käsittely olisi henkilöstölle turvallista. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 51; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 69)

Yksinkertaisin sytyttimistä on mekaanisesti toimiva iskusytytin, jota käytetään useimmiten sirpalekranaatin kanssa. Tästä iskusytytin-sirpalekranaatti-yhdistelmästä voitaneen puhua myös tykistön yleistarvikkeena sen yleisyyden perusteella. Mekaaninen iskusytytin toimii kosketuksesta kohteeseen ja niiden toimintanopeutta on usein mahdollista säätää kohteen mukaan edullisimmaksi. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 51; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 69)

Aikasytyttimien tarkoitus on saada ammus toimimaan määritetyn ajan kuluttua laukausta, yleensä lentoradallaan ennen osumista maaliin. Aikasytyttimiä käytetäänkin yleensä savu-, valaisu- tai kuorma-ammusten kanssa, jolloin sytytin asetetaan toimimaan halutulla lentoradan kohdalla, jotta vaikutus saadaan kohteeseen. Aikasytytintä voidaan käyttää myös sirpalekranaatin kanssa, jolloin aikautus asetetaan toimimaan juuri ennen kohdetta, ei lentoradan aikaisemmassa osassa kuten edellä mainituilla muilla ammuksilla. Käyttötarkoituksella määrittää myös aikasytyttimen käytön. Aikasytyttimet ovat yleensä mekaanisia tai sähköisesti toimivia. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 51; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, pp. 69–70)

Herätesytyttimellä ammus saadaan toimimaan tietystä herätteestä, kuten esimerkiksi tietyllä korkeudella maan pinnasta tai kohteen muodon antamasta herätteestä. Sen käyttö on joustavampaa, koska sytytin ei toimi tietyn ajan kuluttua, vaan edullisella hetkellä kohteeseen nähden. Aktiiviset herätesytyttimet lähettävät itse sähkömagneettista säteilyä, ja vastaanottavat kohteesta heijastuvaa säteilyä, passiiviset taas vain vastaanottavat säteilyä, esimerkiksi lämpöä. Herätesytyttimien ominaispiirteenä on yleensä myös iskutoimisuus, jolloin vaikka heräte ei syystä tai toisesta toimitakaan, ammus silti toimii viimeistään kosketuksesta maahan. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 51)



Kuva 4: Northrop Grummanin valmistama PGK-sytytin (Northrop Grumman, 2023).

Ohjautuvat sytyttimet ovat uusimpia kehitystyön tuloksia sytyttimien osalta. Northrop Grumman (2020) esitteli Precision Guidance Kit -nimisen sytyttimen (entiseltään nimeltään Course Correcting Fuze), joka otettiin käyttöön 2015 Yhdysvaltojen maavoimien joukoilla. (Gould, 2015; Northrop Grumman, 2023) Sytytin toimii GPS-ohjattuna, ja siinä olevat siivekkeet ohjaavat ennen ammuntaa ohjelmoidun sijaintitiedon perusteella ammusta kohteeseen lentoradan loppuvaiheessa, mikä tarkoittaa huomattavaa parannusta tarkkuudessa. Sytytin on esitetty kuvassa 4, jossa nähdään sytyttimelle tyypillinen muoto ja rakenne, poikkeuksena ohjaussiivekkeet sekä sisällytetystä tekniikasta johtuen paksumpi sytyttimen runko.

PGK:n markkinoidaan parantavan ammuksen tarkkuutta 30 kilometrin ampumaetäisyydellä noin 300 metristä jopa 50 metriin (eng. Circular error probability, joka tarkoittaa, että vähintään puolet ammutuista laukauksista osuvat tälle alueelle). (Global Security, 2023b) Tällaisen sytyttimen kohdalla voidaan puhua ohjautuvuudesta, mutta kyse ei suinkaan ole ohjuksen kaltaisesta ohjattavuudesta, ja tuotteen tarkoitus onkin lisätä perinteisten ammusten tarkkuutta kustannustehokkaasti. Tällöin esimerkiksi perinteinen sirpalekранаatti voidaan varustaa vain tarkemmalla sytyttimellä, jolloin lopputuloksena tulen teho kasvaa tarkkuuden kasvaessa, mutta laukauksen kokonaiskustannus on pienempi kuin erikoisammuksella. PGK yksikkökustannukseksi on vuonna 2008 arvioitu noin 3000 \$ (United States

Army Acquisition Corps, 2008, p. 23), joka on todennäköisesti noussut yleisen kustannuksen nousuna nykypäivään tultaessa. Kuitenkin hinta on suhteellisen edullinen verrattuna saavutettavaan tehon kasvattamiseen.

2.2.2 Ammukset

Ammuksia voidaan jaotella tykistön ammusten vaikutuksen perusteella kranaatteihin ja erikoisammuksiin. Kranaattien vaikutus perustuu täyteaineen räjäyttämiseen tai polttamiseen sytyttimen toiminnan vaikutuksella. Kranaatteja on erilaisia, joissa käyttötarkoitus määrittelee kranaatin käyttötarkoituksen. Esimerkiksi sirpalekranaatilla vaikutus perustuu sirpaleiden tuottamaan vaikutukseen ja tällainen soveltuu esimerkiksi kevyesti suojautunutta kohdetta vastaan, kun taas ontelokranaatilla pyritään vaikuttamaan panssaroituun kohteeseen. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 44–45)

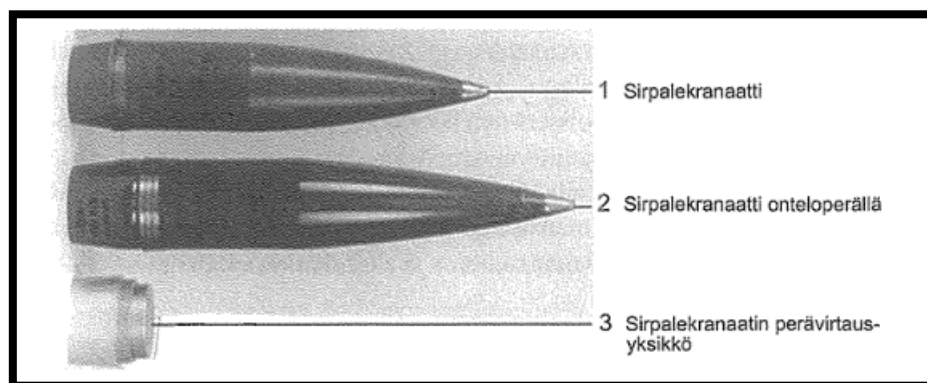
Vaikka edellä mainittu ontelokranaatti voidaan nähdä vain tiettyyn käyttötarkoitukseen luodulta ammukselta, voidaan ammuksista erotella erikoisammukset. Näihin voidaan lukea valaisu-, kuorma- ja ohjautuvat ammukset. Jokaisella erikoisammuksella on myös oma käyttötarkoituksensa, joihin ne on suunniteltu. Lisäksi on olemassa määrittely monivaikutteiselle ammukselle, jossa yhdistetään esimerkiksi suunnattu räjähdewaikutus sirpalevaikutuksen kanssa. Tällaisilla ammuksilla haetaan ampumatarvikkeen tehokkaampaa ja monipuolisempaa käyttöä. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 44–45) Esimerkiksi tykistön perinteisen sirpalekranaatin käytössä yhdistyvät räjähd-, palo-, paine- ja sirpalevaikutus, joten tykistön ammuksista puhuttaessa käytännössä lähes kaikki ammukset ovat monivaikutteisia.

Ammuksia voidaan jaotella myös yli-, ali, tai täyskaliiperiseksi sen mukaan, kuinka suuri ammuksen kohteessa vaikuttavan osan ulkohalkaisija on suhteutettuna käytettävään putkeen. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 44) Suurin osa tykistön ammuksista on täyskaliiperiammuksia, mutta poikkeuksiakin löytyy, tosin vain alikaliiperisia. Ylikaliiperiammus ei mahdu määritelmän mukaan kulkemaan putken läpi, jolloin tällaisen käytöllä menetettäisiin putken mahdollistama pidempi kantama, tarkkuus sekä vakavointi.

Tykistön ammukset ovat kehittyneet huomattavasti viimeisen sadan vuoden aikana. Ammuksen aerodynamiikkaa ja valmistusmateriaaleja on kyetty kehittämään merkittävästi ja esimerkiksi kranaatin rungon valmistukseen käytettävän teräksen kehityksen myötä ammuksen seinämiä on kyetty ohentamaan, jolloin ammuksen varsinaiselle hyötykuormalle on jäänyt enemmän tilaa. Tästä esimerkkinä voidaan mainita kuorma-ammusten kehityksen

1990-luvun puolessa välissä. Kuormana käytettiin miinoja tai tytärkranaatteja. Ammus elementtinä on myös kehittynyt, muunneltavuutta ja kantaman kasvattamista tavoiteltiin onteloperän ja perävirtausyksikön käyttöönotolla 1980-luvulla. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 232)

Näiden irtonaisten elementtien avulla saatiin myös lisättyä joustavuutta ammusten käyttöön, kaikkia ammuksia ei tarvinnut valmistaa kalliimmilla perävirtausyksiköillä, ja onteloperä taasen kustannustehokkaampana ratkaisuna on tehokkaampi kuin pelkkä kartioperäinen kranaatti. Onteloperällä vaikutetaan ammuksen taakse lentoradalla muodostuvaan ilmavyöryteeseen, joka synnyttää imuvastusta (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 59). Perävirtausyksikkö taasen pidentää kantamaa oman panoksensa paloreaktiolla, jonka tuottamat kaasut pyrkivät täyttämään ammuksen taakse muodostuvaa ilmavyöryä pienentäen näin ilmanvastusta (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 59). Kuvassa 5 on esimerkki ammuselementeistä, jossa näkyy myös ammuselementin kehitys suhteessa ammuksen kokoon.



Kuva 5: Esimerkki tykistön ammuselementeistä (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 232).

Edellä mainittujen lisäksi nykypäivänä on kehitetty myös rakettiaivusteisia ammuksia, jossa ammuksen kiinnitetään nimensä mukaisesti oma rakettimoottori. Vaikka rakettimoottori onkin tehokkaampi kasvattamaan ammuksen kantamaa kuin perävirtausyksikkö tai onteloperä, aiheuttaa rakettimoottori ammuksen osuvuuteen hajonnan kasvua, joten rakettimoottorien kanssa on tarkoituksenmukaista käyttää lentorataa korjaavaa sytytintä. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 59)

2000-luvulla kuorma-ammusten tytärkraanaatit kehittyivät suorituskykyisemmäksi, ja ne muuttuivat monivaikutteiseksi. Monivaikutteisuus tehtiin esimerkiksi yhdistämällä panssarinläpäisykykyä ohjattuun sirpalevaikutukseen.

Sirpalekraanaatit

Sirpalekraanaatti edustaa perinteistä tykistön yleisampumatarviketta. Nimensä mukaisesti sirpalekraanaatin toimintaperiaate on räjähtämällä liike-energiansa saavien sirpaleiden vaikutuksessa kohteeseen. Kraanaatit sisältävät räjähdettä ja sotilaalliseen käyttöön on tarkoitettu tiettyjä räjähdysaineita, kuten trotyyliä tai erilaisia seosräjähdysaine heksotolia. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 77, 231)

Sirpalekraanaatteja on erilaisia, ja useimmat valmistajat tarjoavat useampaa kuin yhtä tyyppiä. Esimerkiksi Nammo markkinoi yrityksen internet-sivuilla kolmea eri sirpalekraanaattia. Perusampumatarvikkeeksi mielletty 155 mm HE-merkinnällä oleva kraanaattia markkinoidaan kustannustehokkaana, ja sen kerrotaan olevan yhteensopiva STANAG 2916 mukaisten sytyttimien kanssa. Yritys markkinoi vastaavaa harjoitustoimintaan käytettävää kraanaattia, joka ei sisällä räjähdysaineita, mutta käyttäytyy sirpalekraanaatin tavoin. (Nammo, 2021, pp. 138–141)

Kaksi muuta versiota ovat tarjolla erilaisten ominaisuuksiensa takia, joilla käytännössä kasvatetaan kantamaa 24 kilometristä kolmeenkymmeneen ja jopa neljäänkymmeneen asti. Kantaman kasvatus toteutetaan onteloperällä tai perävirtausyksiköllä sekä kraanaatin muotoilulla. Kolmatta versiota markkinoidaan vielä kantaman kasvattamisen lisäksi tehostetulla räjähdewaikutuksella. (Nammo, 2021, pp. 138–141)

Useamman eri version tarjoaminen mahdollistaa ostajille eri käyttötarkoituksiin hankittavien tuotteiden hankinnan, tai edelleen hankintamäärien suhteuttamisen tarvittavaan versioon. Esimerkiksi kustannustehokkaimpia versioita kannattaisi käyttää ensisijaisesti harjoitteluun, tai jopa hankkia pelkästään harjoitteluun tarkoitettuja ammuksia, joita Nammo myös tarjoaa.

Kuorma-ammukset

Kuorma-ammuksien tehtävä on nimensä mukaisesti kuljettaa jokin kuorma halutun kohteen yläpuolelle, ja ammuksella itsessään ei ole ammusvaikutusta, vaan vaikutus perustuu kuormaan. Kuormana voidaan käyttää tytärammuksia ja -kraanaatteja, riippuen kuorma-ammuksen käyttötarkoituksesta. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, pp. 65–

66) Kuorma-ammusten rakenne on siis hieman monimutkaisempi kuin perinteisten sirpalekranaattien ja kuorma itsesään määrittää ammuksen teknisyyden. Kuorma-ammuksien käyttötavan takia niiden kanssa käytetään useimmiten aikasytyttimiä, koska itse ammus ei vaikuta kohteeseen, vaan siitä purkautuva kuorma, jolloin ammus on saatava toimimaan halutulla kohdalla lentorataa.

Yksi esimerkki kuorma-ammuksesta on panssarintorjuntaan kehitetty SMArt 155 kuorma-ammus, joka on esitetty kuvassa 6. Ammusta valmistavat yhteistoiminnassa Yhdysvaltalainen General Dynamics Ordnance and Tactical Systems (GD-OTS) sekä saksalainen GIWS (Gesellschaft für Intelligente Wirksysteme mbH). Ammus on varustettu aikasytyttimellä, ja se sisältää kaksi tytärammusta. Tytärammukset sisältävät omat hakusensorinsa, jotka aikaansaavat tytärammusten toiminnan kohteeseen. Ammus itsessään on aikasytyttimellä varustettu teräskuorinen kuljetusväline, ja varsinaisen vaikutuksen kohteeseen tekevät tytärammukset. (General Dynamics, 2023)



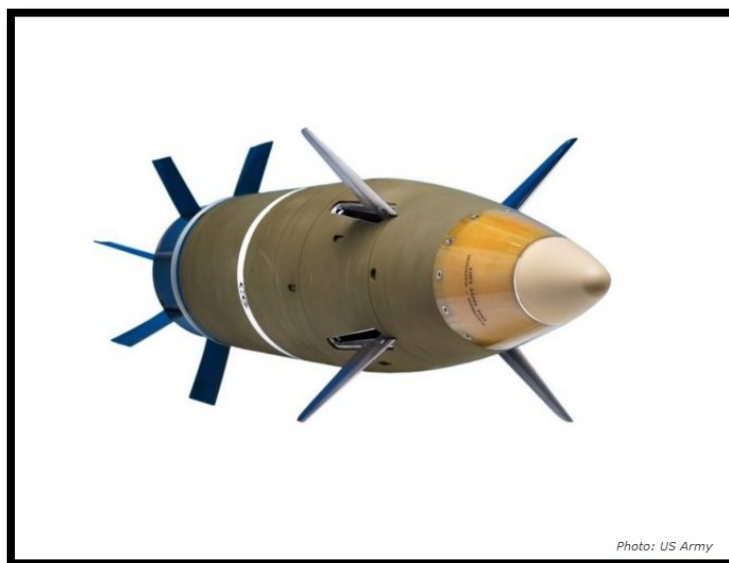
Kuva 6: SMArt 155 ammus (General Dynamics, 2023).

Toinen esimerkki saman tyyppisestä kuorma-ammuksesta on BAE Boforsin valmistama Bonus-ammus. Ammus toimii vastaavalla periaatteella kuin SMArt. Bonus on esimerkki ammuksista, jonka tuotannon toteuttaa NATO Support Procurement Agency (NSPA), jolla on sopimus BAE Boforsin kanssa ammusten valmistuksesta. (Joint Program Executive Office for Armaments & Ammunition, 2023)

Ohjautuvat tai hakeutuvat ammuksset

Hakeutuvien ammusten erityispiirre on niiden kyky hakeutua maaliin lentoratansa loppuvaiheessa. Molempien ammustyyppien kehityksen päämotivaatio on korvata määrää laadulla, eli yksinkertaistettuna paremmalla osuvuudella tarvitaan vähemmän ammuksia yhtäläisen vaikutuksen saavuttamiseksi kohteessa pistemaaleja ammuttaessa. Pienempi ammusten tarve vähentää toki myös logistiikan tarvetta, mutta yleisesti kustannukset nousevat. Ammusten hakeutuminen voi olla aktiivista, puoliaktiivista tai passiivista, riippuen käytettävästä ammuksista ja sytyttimestä. Hakeutumisen aktiivisuuden määrittelee sen perusta, aktiivisessa hakeutumisessa ammus lähettää itse signaalia, jonka heijasteen perusteella hakeutuu kohteeseen, puoliaktiivisessa- ammus hakeutuu muun toimijan valaisemaan pisteeseen ja passiivisessa- ammus hakeutuu kohteeseen ilman omaa tai ulkopuolista lähetettä. Ammus itsessään voi olla hakeutuva, mutta myös kuorma-ammus, joka sisältää hakeutuvia ammuksia voidaan katsoa sisältyvän hakeutuviin ammuksiin. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, pp. 66–67)

Ohjautuvien ammusten ominaispiirre on lentoradan aktiivinen korjaaminen, ei pelkästään hakeutuminen lentoradan loppuvaiheessa. Ohjautuvat ammuksset perustuvat yleensä satelliitti- tai inertiaapaikannukseen, jotkut versiot sisältävä molemmat vaihtoehdot. Ohjautuvat ampumatarvikkeet laukaistaan mahdollisimman lähelle haluttua kohdetta, ja ammus itsessään ohjautuu määritettyyn koordinaattipisteeseen. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, pp. 67–68)



Kuva 7: Excalibur ammus (Defense Brief, 2022).

Esimerkki ohjautuvasta ampumatarvikkeesta on M982 Excalibur kuvassa 7, joka on Raytheon Systemsin valmistama täyskaliiperinen erikoisampumatarvike. Excalibur on yksi ampumatarvike-elementti sisältäen sytyttimen sekä ammuksen, ja ammuksessa itsessään on perävirtausyksikkö. Excaliburissa on modulaarinen hyötykuorma, jolloin ammuksen eri versiot soveltuvat eri käyttötarkoituksiin. Ammus toimii ”ammu ja unohda”-periaatteella ja se käytännössä ammutaan korkealla korotuskulmalla mahdollisimman korkealle, jonka jälkeen se ohjautuu ohjelmoidun paikkatiedon perusteella kohteeseen ammuksen siivekkeitä hyödyntäen. (Global Security, 2023a; Raytheon Missiles & Defence, 2023)

Kuvassa 7 nähdään ammuksen rakenne, siivekkeet lentoasennossa. Ammuksesta on myös versio, jolle on mahdollista osoittaa maali, johon se hakeutuu lentoradan loppuvaiheessa. (Global Security, 2023a) Ammuksen tarkkuudeksi markkinoidaan jopa alle 10 metrin poikkeamaa ammutusta kohteesta (United States Army Acquisition Corps, 2008, p. 23). Excalibur on rakenteeltaan hyvin tekninen ja toiminnaltaan kehittynyt, jolloin sen yksikköhinta on väistämättä korkea. Yhdysvallat on kertonut lähettäneensä ainakin 1000 kappaletta Ukrainalle 2022, ja Insiderin uutisoimassa artikkelissa yksikköhinta arvioidaan 100 000 \$. (Peck, 2022) Raytheon raportoi vastaavuusluvun olevan 10:1, eli yhdellä Excaliburilla saavutettaisiin vastaava vaikutus kuin kymmenellä konventionaalisella ampumatarvikkeella (Raytheon Missiles & Defence, 2023).



Kuva 8: Vulcano täytopakkaus ja itse ammus (Leonardo, 2023).

Toinen samantyyppinen ammus on Vulcano kuvassa 8, joka on Leonardo Defence Systemsin ja DIEHL Defence of Germanyn yhteisen kehitystyön tulos. Vulcano on ohjautuva

ammus, ja siinä missä Excalibur on täyskaliiperinen, Vulcano on alikaliiperiammus. Alikaliiperiammus on väistämättä hyötykuormaltaan pienempi kuin täyskaliiperinen, mutta toisaalta myös kevyempi ammuksen massa mahdollistaa suuremman kantaman. Siinä missä Excaliburin kantamaksi ilmoitettiin 57 kilometriä (Global Security, 2023a), Vulcanon kantamaksi luvataan jopa 70 kilometriä (Leonardo, 2023).

Ammus on GPS-ohjattu ja se kykenee myös tarvittaessa hakeutumaan osoitettuun maaliin. (Military-Today, 2023) Ammukselle on eri sytytinvaihtoehtoja erilaisia käyttötilanteita varten, joilla ammus saadaan toimimaan joko herätesytyttimellä ennen osumista maahan, osumasta maahan tai hidasteisesti. Valmistaja lupaa ammukselle jopa 5 metrin tarkkuutta. (Leonardo, 2023) Myös Vulcano-ammuksia on lahjoitettu Ukrainalle, Insider (2022) uutisoi Saksan lähettäneen 255 kappaletta.

Valo- ja savuammukset

Valaisuun tai savuun perustuvia ammuksia on olemassa myös raskaalle tykistölle, mutta niiden käyttö ei yleisesti ottaen ole niin yleistä tykistöllä kuin esimerkiksi kranaatinheittimistöllä. Toisaalta valaisun tai savun käyttöperiaate on aina kytköksissä johonkin taktiseen toimintaan, jolloin vaikutuksella tuetaan jalkaväkeä sen välittömään toimintaan liittyen. Raskasta tykistöä käytetään useimmiten operatiiviseen tulenkäyttöön, johon myös 155 mm ampumaravikkeita useimmiten käytetään. Täten myös valaisu- tai savuammusten käyttö raskaalla tykistöllä on harvinaisempaa.

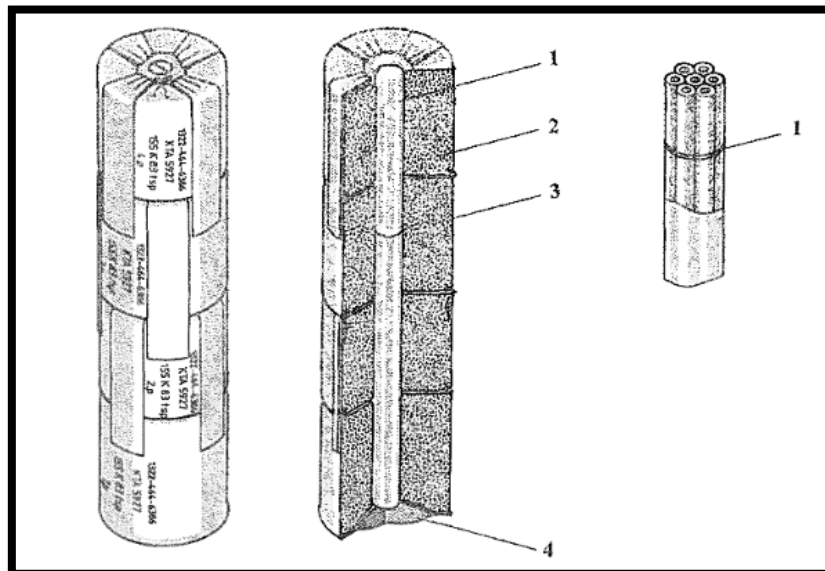
Valaisu- ja savu ammusten ero on toimintaperiaatteessa. Siinä missä savuammuksen on tarkoituskin toimia vasta osumasta maan pintaan, valoammuksen täytyy toimia lentoradallaan. Kummatkin vaateet perustuvat haluttuun ammuksen vaikutukseen, valaisulla maan pinnan yläpuolella ja savulla maan pinnassa. Edellä mainittuun liittyen ammuksen käyttötapa asettaa myös vaatimuksen käytettävälle sytyttimelle, valaisuammus tarvitsee aikasytyttimen, kun taas savuammus iskusytyttimen. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 68)

2.2.3 Panosjärjestelmä ja ruuti

Pitkien ampumaetäisyyksien saavuttamiseksi tehokkaasti ammuksen lähtönopeutta ja lentoradan korotuskulmaa on järkevää säädellä tilannekohtaisesti. Ampumaetäisyydet voivat vaihdella muutamista kilometreistä kymmeneen kilometriin. Ammuksen lähtönopeutta tykistöaseissa säätelee panos, ja käytännössä panoksen ruutimäärä, joka on suoraa verran-

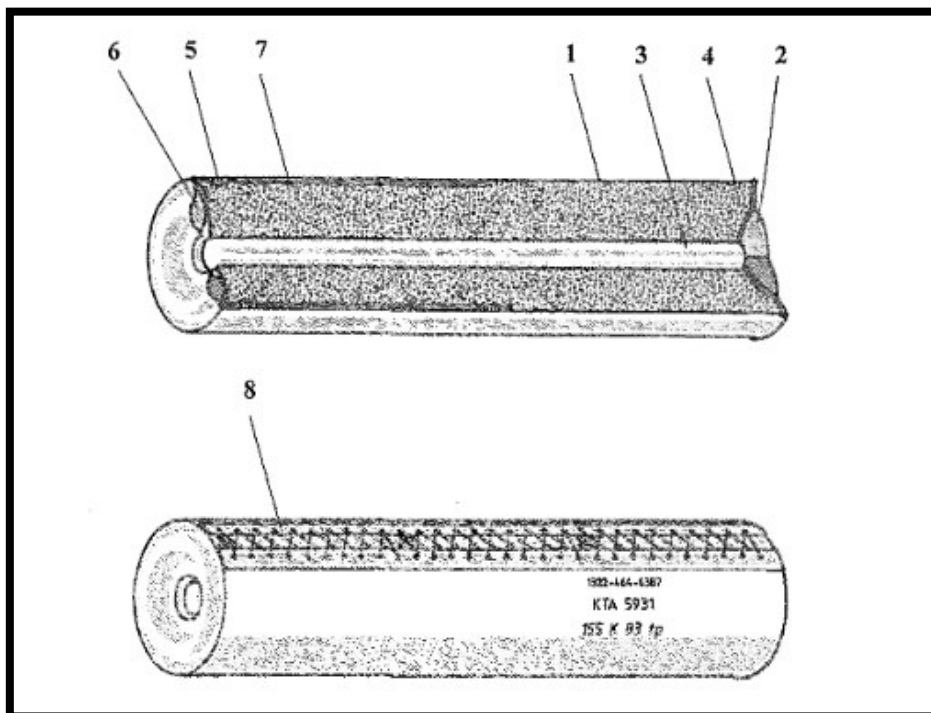
nollinen ammuksen lähtönopeuteen. Panoksella voidaan myös säädellä ammuksen tulokulmaa, joka vaikuttaa ampumatarvikkeen vaikutuksen tehoon maalissa. Tämän takia on ollut järkevä kehittää panosjärjestelmä, joka on ositettavissa myös pienempiin osiin, tätä kutsutaan sarjapanosjärjestelmäksi, joka on käytössä tykistöaseissa ja kranaatinheittimissä. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 55) Panosjärjestelmien osapanoksien lähtönopeudet on määritetty siten, että niiden kantamat leikkaavat toisiaan, jolloin käyttötapaukseen voidaan valita soveltuvin käytettävä panos. Panoksen valinnalla saavutetaan myös aseiden kulumisen ehkäisyä, kun käytettävä panos ei ole liian suuri ja edelleen aseeseen rasitus sekä kuluminen pienenee. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 73; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 57)

Panoksen tehtävä osana laukausyhdistelmää on antaa ammukselle lähtönopeus. Panos koostuu virikepanoksesta ja varsinaisen liike-energian antavasta ajopanosuksesta, joka voi olla käytettävästä panoksesta riippuen yksi kokonaisuus tai ositettavissa pienempiin osapanoksiin. Tykistön panokset voivat olla siis jakamattomia täyspanoksia, tai jaettavia sarjapanoksia. Sarjapanos on ositettavissa pienempiin osapanoksiin, ja täyspanoksella tarkoitetaan panosta, jota ei voi osittaa pienempiin osiin. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 56) Kuvissa 9 ja 10 nähdään esimerkit kummastakin panostyyppistä ja niiden rakenteiden eroavaisuuksista. Kuva 11 havainnollistaa panostyyppien kokoeroja.



Kuva 9: Esimerkki sarjapanoksesta ja sen osista, 155 K83 täyssarjapanos. 1. lisävirikepanos 2. panosruuti (ajopanos) 3. panospussi 4. virikepanos (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 74).

Panoksen eri osat sijoitetaan irtopanoslaukauksessa panospussin sisään, jonka sisällä voi olla muita pussitettuja tai pakattuja osia, kuten lisävirikepanos. Panoksen eri osat kiristetään tiukaksi kokonaisuudeksi, esimerkiksi kangasnaruilla. Koska irtopanoksen pakkaus ei ole hermeettinen, se yleensä pakataan hermeettisesti säiliöön, jolla taataan panoksen säilyvyys. Säiliö voi olla valmistettu esimerkiksi lasikuidusta tai teräksestä. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 73–74) Panos sisältää siis useamman eri pienemmän osan, mutta kokonaisuudessa panokset ovat suuria yksittäispakattuja ruutipusseja. Kehityksen myötä panoksiin on liitetty esimerkiksi kuparinhoitoaine, joka vähentää aseputken ja panoskammioon jäävän ruudin määrää. Tällaiset pienet kehitysaskleet tuottavat lisäarvoa esimerkiksi aseiden kunnossapitoon, mutta panoksen perimmäinen tarkoitus on säilynyt asejärjestelmän syntymisestä samana.



Kuva 10: Esimerkki täyspanoksesta, 155 K83 täyspanos. 1. panospussi 2. virikepanos 3, lisävirikepanos 4. panosruuti 5. kuparinhoitoaine 6. liekinhimmennyspanos 7. kulumisen estoaine 8. kiristysnauha (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 75).

Panosjärjestelmiä on olemassa useita esimerkkikuvien suomalaisten panosjärjestelmän osien lisäksi. Yleensä ottaen ositettavat panokset on syytä jollain tavalla identifioida käytännön ampumatoiminnan sujuvoittamiseksi. Suomalaisessa panosjärjestelmässä kasvava numerointi merkitsee myös panoksen suurenemista, esimerkiksi 4. panos on ruutimäärältään

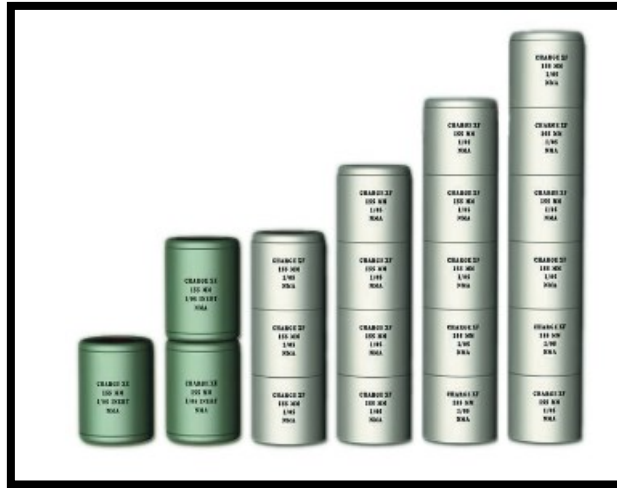
suurempi kuin 1. panos. Venäläinen panosjärjestelmä toimii päinvastoin, eli panoksen numeron määrittää poistettujen osapanosten lukumäärä. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 56)



Kuva 11: Nammon valmistama suomalainen panosjärjestelmä (Nammo, 2023).

Toisin kuin kahdessa edellä mainitussa, länsimaiseksi panosjärjestelmäksi tunnistetun modulaaripanosjärjestelmän osapanoksia on vain yhtä tai kahta kokoa, ja haluttu panos muodostetaan tarvittavalla määrällä modulaarisia osapanoksia. (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 56) Modulaarinen panosjärjestelmä on esitetty kuvassa 12, jossa havainnollistuu kaksi erikokoista panososaa.

Suomalaisen panosjärjestelmän osapanoksia ei voisi käyttää ristiin, vaan numeroidut osapanokset toimivat vain ennalta määrättyssä järjestyksessä. Tämä aiheuttaa osaltaan hävikkiä, jos esimerkiksi 4. panos ositetaan 3. panokseksi ei ylijäänyttä pussia voi korvata muodostamaan esimerkiksi 2. panoksesta 3. panosta.



Kuva 12: MSM-Groupin valmistama länsimainen panosjärjestelmä (MSM GROUP, 2023a).

Panoksien ruutierät valmistetaan erittäin, jolloin saman valmiste-erän ruuti käyttäytyy saman kaltaisesti. Tällä pyritään pienentämään lähtönopeuden- ja paineen hajontaa panoserän sisällä, jolloin samanlaisen panoserän voidaan olettaa käyttäytyvän samalla tavalla. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 73) Yksittäinen panos voi sisältää erilaisia ruuteja, koska ruutien käyttötarkoitus on erilainen. Esimerkiksi suomalaisen 155 K83- sarjan irtopanoset vaativat virike- (CBI-ruuti) ja lisävirikepanoksen (huokoinen putkiruuti) pääruudin (N-ruuti) sytyttämiseen. Erilaisia panosrakenteita käytetään tässä tapauksessa sytytymisreaktion tasaiseen levittämiseen panoksessa, jolloin koko panos syttyy lähes samanaikaisesti tuottaen tasaisen paineen. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 73–74; *Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV]*, 2014, p. 57)

Ruudin ominaisuudet voivat muuttua varastoinnin aikana, ja näiden muutosten seuraminen tai mittaaminen ilman fyysisiä tarkastuksia on erittäin haastavaa. Ruudit ovat kemiallisesti epästabiileja, jolloin niihin lisätään stabilisaattoreita hidastamaan kemiallista hajoamista. Stabilisaattorit kuitenkin kuluvat ajan myötä ruudista, jolloin ajan kuluessa saavutetaan piste, jossa ruuti ei enää ole vakaata ja käyttäyty odotusten mukaisesti. Tätä ruudin vanhenemista voidaan mitata stabilisaattoritasoilla, eli stabilisaattorien suhteellista jäljellä olevaa määrää ruudissa. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 91–92)

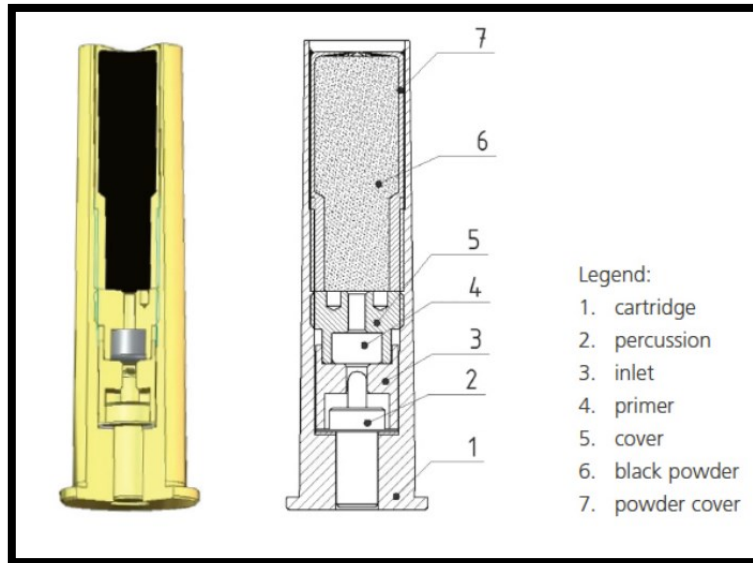
Ruutien, kuten myös muiden ampumatarvike-elementtien varastoinnin aikaista tilaa valvotaan erilaisilla kunnontarkastuksilla valmiste-erittäin. Stabilisaattorien kulumisen ruudista ilmenee esimerkiksi koeammunnoissa lähtönopeuden, paineen ja panoksen toiminnan poikkeamisena odotetusta. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 91–92; *Tykistön*

ampumaopin käsikirja [TL IV], 2014, p. 57) Kunnonvalvonta on tärkeää niin turvallisuuden näkökulmasta, mutta myös ampumatoiminnan tarkkuuden kannalta, kun tiedetään kunkin panoserän odotusarvoinen käyttäytyminen esimerkiksi lähtönopeuden osalta.

Aseruutien voidaan olettaa säilyvän suhteellisen stabiilina alle 15 °C lämpötilassa, mutta lämpötilan noustessa yli 21 °C alkaa hajoamisnopeus kasvaa. Kosteus vaikuttaa hajoamiseen kiihdyttävästi, ja ruudin itsessään ollessa hengittävä on hermeettinen ilmatiivis pakkaus välttämätön ruudin säilymisajan pidentämiseksi. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 90–91) Koska ruudit ovat keskeinen osa asejärjestelmiä, on niiden kehitystyö jatkuvaa. Kehitystyöllä pyritään esimerkiksi parantamaan ruutien tehoa matalimmilla palamislämpötiloilla tai pidentämään ruudin elinikää erilaisissa varastointiolosuhteissa. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 94)

2.2.4 Nallit

Nallin tehtävä laukausyhdistelmässä on välittää syttymisreaktio panokselle, ja näin käynnistää panoksen toiminta. Nalleja voidaan jaotella sen sijoituspaikan perusteella, ja kuten todettua tässä tutkimuksessa käsiteltävä 155 mm ampumatarvike käyttää iskulukkonallia. Iskulukkonallia käytetään, koska irtopanos ei sisällä hylsyä, joten nalli kiinnitetään erilliseen tilaan asean lukkojärjestelmässä. Jakoa eri nallityyppien perusteella voidaan myös tehdä sytytystavan perusteella siten, syttyykö nalli mekaanisella vai sähköisellä syttymistavalla. (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, pp. 72–73) Tutkimuksessa tarkasteltavana olevalla nallityypillä syttymismenetelmä on mekaaninen. Nalli on oma laukausyhdistelmän elementtinsä, joka voidaan kuitenkin mieltää samaan kokonaisuuteen panoksen kanssa samaan tapaan, kuin ammus ja sytytin ovat omalla tavallaan oma kokonaisuutensa. Kuvasta 13 nähdään nallin yksinkertainen rakenne.

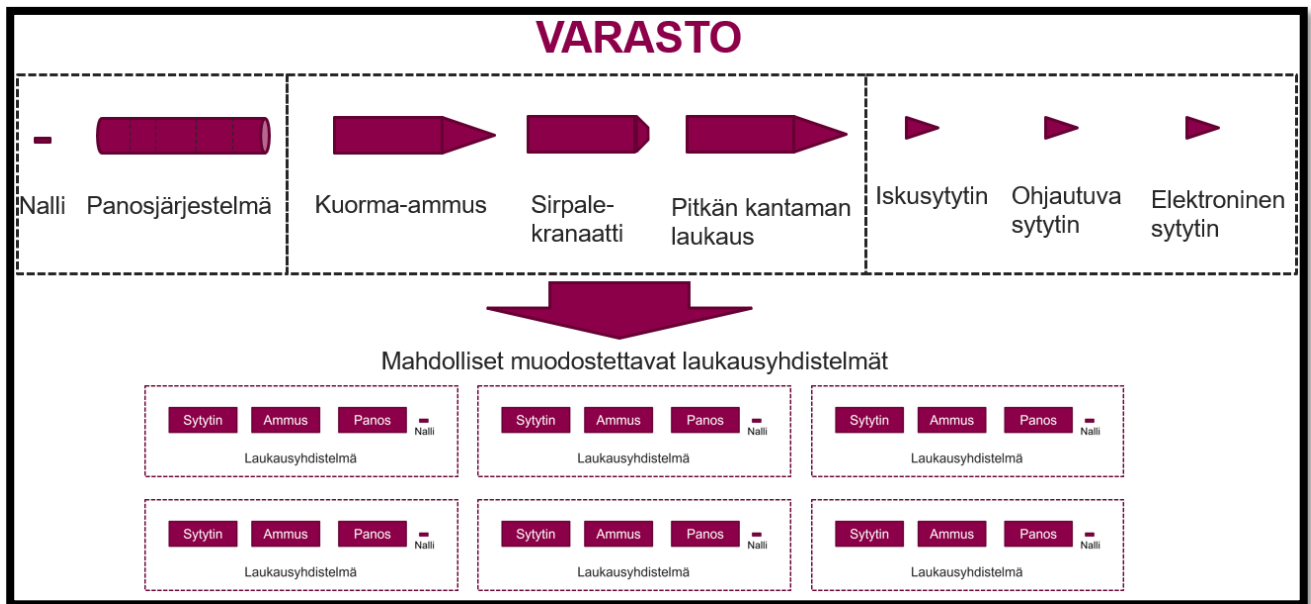


Kuva 13: Esimerkki iskulukkonallista. MSM Groupin markkinoima M82Z (MSM GROUP, 2023b).

2.3 Laukausyhdistelmät osana ampumatarvikeperhettä

Yleisesti ottaen tarvitaan useampia erilaisia ammustyyppejä, jotta tykistöjärjestelmä saavuttaa enemmän suorituskykyä. Suhteet ovat erilaisia, mutta ”oikea työkalu oikeaan kohteeseen”-ajattelu pätee myös ampumatarvikkeiden osalta. Erilaisille ammuksilla on erilaiset käyttötarkoitukset, jolloin optimaalisiin vaikutuksiin saavuttamaan oikealla ampumatarvikevalinnalla (*Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV], 2014*).

Ampumatarvikeperheen voidaan katsoa koostuvan useammasta kuin yhdestä laukausyhdistelmästä. Laukausyhdistelmän ollessa ampumatarvike-elementtien kombinaatio, ampumatarvikeperhe sisältää siis useampia erilaisia ampumatarvike-elementtejä. Nämä elementit ovat toistensa kanssa vähintään osittain yhteensopivia, ja esimerkiksi samaa panosta voidaan käyttää eri ampumatarvikkeiden kanssa samassa laukausyhdistelmässä. Samoin saman ammuksen kanssa voidaan käyttää eri panoksia, esimerkiksi täyspanosta tai täyssarjapanosta. On kuitenkin laukausyhdistelmiä, jotka vaativat tietyn tyyppisen elementtien kokoonpanon, kuten Bonus-kuorma-ammuksia, joka ammutaan aina varustettuna aikasytyttimellä toimintaperiaatteensa takia.



Kuva 14: Havainnollistettu laukausyhdistelmien muodostaminen yhdestä varastosta.

Kuvassa 14 on esitetty laukausyhdistelmien muodostamisen periaate. Varastossa on erilaisia ampumatarvike-elementtejä, jotka yhteensopivuuksien puitteissa luovat mahdollisten laukausyhdistelmien sarjan. Ampumatarvikeperheen omistaja määrittää minkälaisia laukausyhdistelmiä halutaan sisällyttää ampumatarvikeperheeseen, jolloin hankintaan sen muodostamiseen tarvittavia elementtejä. Muodostettava laukausyhdistelmät perustuvat haluttuun suorituskykyyn, eli mitä ampumatarvikkeilla pitää saada aikaiseksi. Esimerkiksi jos halutaan tykistöllinen kyky panssarintorjuntaan, hankitaan panssarintorjunnan mahdollistava kuorma-ammus. Toisaalta mikäli todetaan, ettei pitkän kantaman ohjautuville ammuksille ole tarvetta, ei sellaisia silloin sisällytetä ampumatarvikeperheeseen.

Ampumatarvikeperhettä voidaan siis tarkastella laukausyhdistelmien kautta, jolloin se sisältää halutun määrän laukausyhdistelmiä, jotka voidaan mieltää tuotteiksi, kuten esimerkiksi valmistettava laite. Tuotteet tai laitteet rakentuvat komponenteista, joita ovat ampumatarvike-elementit. Näiden perusteella voidaan muodostaa itse ampumatarvikeperhe, jota voidaan verrata esimerkiksi yrityksen valmistaviin laiteversioihin, jolloin valmistettavat laitteet muodostavat tuotevalikoiman.

Omistaja tai yritys huolehtii, että laitteiden kokoamiseen tarvittavia komponentteja, ampumatarvike-elementtejä, on saatavilla kysynnän mukaisesti. Kysyntä tässä tapauksessa tarkoittaa maanpuolustuksen tarpeiden asettamaa kysyntää ampumatarvikeperheelle. Omistaja tekee myös päätökset siitä, mitä tuotteita halutaan ylläpitää valikoimassa, joka ohjaa elementtien ylläpitoa ja hankintaa. Samoin omistaja määrittelee tarpeellisen varmuustason

varastolle, joka määrittää kuinka paljon kutakin tuotetta, laukausyhdistelmää, pitää pystyä muodostamaan joka hetki. Omistajan ohjaus on siis merkittävässä roolissa, sillä vaatimukset ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnalle järjestelmävastuulliselle määrittää suoraan omistaja, joka taas vastaa suorituskyvystä.

2.4 Ampumatarvikkeiden tuotetiedot

Ampumatarvikkeet ja räjähteet ovat oman lainsäädäntönsä alaisia tuotteita, ja myös niitä koskevat tietyt vaatimukset valmistuksesta sekä tuotteiden jäljitettävyydestä. Esimerkiksi Suomessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) toimii lupa- ja valvontaviranomaisena tällä alalla ja valvoo esimerkiksi tuotteiden turvallisuutta ja luotettavuutta. TUKES määrittelee, että tuotteesta tulee löytyä esimerkiksi tuotteen ja valmistajan nimi, sekä tietyssä tapauksessa tuotantoerän tiedot, valmistuserätunnus tai muu tuotteen yksilöintiin ja jäljittämiseen tarvittava tieto. (Tukes, 2023)

Tuotteen tai tuote-erän jäljitettävyydestä tai -tunniste on tärkeä osa tuotteen turvallisuutta ja tuotteiden varastoinnin hallintaa. Tiedon avulla voidaan tunnistaa esimerkiksi virheellisesti käyttäytyvä valmiste-erä ja vetää vain kyseinen erä pois markkinoilta. Lisäksi edellä mainittu mahdollistaa myös syytekijöiden selvittämisen. (Tukes, 2023)

Ampumatarvikkeiden osalta valmiste-erien tiedot ovat tärkeässä roolissa niiden hallinnan osalta. Tietyn valmiste-erän valmistusvuosi antaa perusteet kyseisen erän elinkaarisuunnittelulle, niin hallinnan kuin myös kunnonvalvonnan ja tarkastusten osalta. Toinen merkittävä tekijä on turvallisuus, koska kyse on ampumatarvikkeista, joiden turvallinen ja luotettava toiminta on ensisijaista niin kriisitilanteessa kuin normaalioloissa. Samoin valmiste-erien tunnisteilla kyetään testaamaan tarkastelussa olevan erän toiminta yksittäisotannalla ennen niiden käyttöönottoa, ja edelleen toimintahäiriön tai poikkeavan käyttäytymisen havainnon jälkeen voidaan vain kyseinen erä tutkia. Erätunnuksien käytöllä voidaan siis nähdä olevan useita merkittäviä ja välttämättömiä hyötyjä ampumatarvikkeiden elinkaaren hallinnan kannalta.

Ampumatarvikkeiden tuotetiedoista tunnistetaan kriittisiksi tämän tutkimuksen kannalta seuraavat:

1. Ampumatarvike-elementin tyyppi
2. Lukumäärä
3. Valmiste-erän numero
4. Valmistusvuosi
5. Oletettu elinkaaren pituus
6. Tarkastusvälien tiedot
7. Ampumatarvike-elementin säilyvyyden luotettavuustieto
8. Ampumatarvike-elementin varastoinnin historiatieto
9. Kustannustiedot

Nämä tiedot ovat ampumatarviketta itseään koskevia, joita hyödynnetään luvussa 4 ampumatarvikeperheen mallin ja työkalun lähtötietoina. Ampumatarvikkeisiin liittyy myös muita olennaisia tietoja, kuten valmistuksesta johtuvia eroavaisuuksia valmiste-erien painoluokissa (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 50), mutta muiden tietojen käyttö ei ole tarpeellista tämän tutkimuksen toteutuksessa, sillä tietoja hyödynnetään esimerkiksi käytännön ampumatoiminnassa.

Ampumatarvikkeiden tuotetiedot ovat edellytys ampumatarvikkeiden hallintaan, ja tuotetiedon hallintaa (eng. Product Data Management, PDM) sen osana käsitellään luvussa 3.2.4.

2.5 Ampumatarvikkeiden varastointi ja kunnonvalvonta

Varastointiolosuhteet ja varastointi

Varastointiolosuhteita on erilaisia ja eri tasoisia, ja vaikka ampumatarvikkeiden valmistuksen laatu määrittää osaltaan myös tuotteen laadun sekä säilyvyyden ja sen ennustettavuuden, varastointi määrittää kuitenkin käytännön laadun ja säilymisen. Ampumatarvike-elementti on valtaosan elinjaksostaan varastoituna, ja tuon ajan vaikutus määrittää ampumatarvike-elementin säilyvyyden ja laadun. Tekijät ja vaikuttimet varastoinnissa ja varastointiolosuhteissa, esimerkiksi kosteus tai lämpötila, vaikuttavat ampumatarvikkeiden laatuun ja edelleen säilyvyyteen. Luvussa 2.2 esiteltiin tykistön ampumatarvike-elementit ja niiden yleispiirteet sekä rakenteet.

Jokainen elementtityyppi on omanlaisensa, ja jokaiseen varastointi vaikuttaa eri tavalla. Vaikka elementtejä voidaan sinänsä varastoida missä luokassa tahansa, elementeille yleensä määritellään minimi- ja tavoiteluokka varastointiolosuhteille, jotka liittyvät elementin valmistajan ilmoittamiin tietoihin. Lisäksi varastointiolosuhteisiin vaikuttaa elementin pakkaustapa. Yleisesti ottaen varastointi heikommissa kuin valmistajan ilmoittamissa olosuhteissa todennäköisesti lyhentää elementin luvattua elinkaarta. Ampumatarvikeperheen omistaja kuitenkin itse vastaa varastoimistaan ampumatarvikkeista, ja lopulta omistaja määrittää elementeille sellaisen varastointiluokan, jossa elementti säilyy käyttökuntoisena ja turvallisena sille suunnitellun elinjakson ajan. (Maavoimien Materiaalilaitoksen esikunta, 2011) Yleensä ottaen voidaan todeta, että elementtien varastoinnissa täytyy jollain keinolla priorisoida, jolloin arvokkaammat elementit saavat parhaimmat varastointiolosuhteet. Valmistere-eriä on myös järkevää varastoida samanlaisissa olosuhteissa, jolloin erän elementit ovat kunnoltaan samankaltaisia.

Ampumatarvikkeiden varastointia voidaan määritellä varastoinnin tarkoituksensa mukaisesti pitkäaikaiseen-, lyhytaikaiseen- tai tilapäiseen varastointiin. Pitkäaikaisen varastoinnin kesto on jopa kymmeniä vuosia, jolloin fyysiset varastorakennukset ovat useimmiten kategorioiden 1–3 mukaisia. Lyhytaikaisen varastoinnin tarkoituksena on varastoida kohde yleensä käyttöä varten, jolloin varastointiluokka määräytyy yleensä kohteen minimivaatimuksen mukaisesti sen mukaan, mitä kohteen kunto mahdollistaa. Tilapäinen varastointi on esimerkiksi kenttäolosuhteissa tapahtuvaa varastointia, jota toteutetaan vain välttämättömän kauan juuri ennen kohteen käyttöä. Tällöin toki tuotteen säilyvyydellä ei ole enää kauaskantoisia vaikutuksia, joten tilapäiseksi varastointiluokaksi kelpaa 5. (Maavoimien Materiaalilaitoksen esikunta, 2011; NSO NSDD, 2023, pp. 114–115)

Tässä tutkimuksessa hyödynnetään AECTP-230:n mukaisia varastokategorioita. Varastointi tarvitsee luonnollisesti varastotilat, joiden toteutustapavaihtoehtoja on useita. Yleisesti voidaan todeta laadukkaampien varastotilojen kustannusten olevan korkeammat kuin huonomman laatuisten, niin rakennus kuin ylläpitokustannuksiltaan. On kuitenkin merkittävä tunnistaa varastoinnin ja varaston aiheuttamat vaikutukset elementin säilyvyydelle, jolloin voidaan analysoida varastoinnin kokonaisvaikutusta ampumatarvikeperheen elinkaarelle.

AECTP-230 määrittelee NATO:n käyttämät varastoinnin luokat ympäristöllisten tekijöiden mukaan seuraavasti (ilman kannanottoa toteutustapaan):

Taulukko 1: AECTP-230 mukaiset varastointiluokat ja kuvaukset, käännetty (NSO NSDD, 2023, pp. 115–116).

VARASTOINTILUOKKA	LUOKAN KUVAUS
Luokka 1: Erikoisvarastointi tai suojaus	Varaston olosuhteet ovat hallittavissa esimerkiksi ilmastoinnin avulla. Lämpötila ja kosteus ovat säädettävissä rajoihin, joissa varastoitavan materiaalin kemiallinen hajoaminen tiedetään olevan vakaa. Ilmankosteutta kyetään säätämään niin, että kosteuden siirtoa varastoitavan materiaalin ei tapahdu.
Luokka 2: Normaali varastointi (pitkän aikavälin varastointi)	Varaston lämpötila on kontrolloitavissa ja ilmankosteus ei saavuta ääriarvoja. Varaston ei tarvitse olla ilmastoitu, mutta varaston lämpötila ei vaihtele ulkoilman ääriämpötilojen mukaan. Joko varaston kosteus on siedettävä tai varaston materiaaleilla on riittävä suojaus kosteuden pitämiseksi hyväksytyjen arvojen sisällä.
Luokka 3: Tuulettuva varastointi	Materiaali on suojattu siten, että varaston sisäilman lämpötila ja kosteus eivät ole huonommat kuin vallitsevat sääolosuhteet. Varaston ulkorakenteet estävät suoran auringon paisteen, sateen ja tuleen vaikutukset varastoituun materiaaliin, sekä mahdollistavat varaston tuuletuksen kuumina aikoina.
Luokka 4: Tilapäinen suojaus	Varastoitu materiaali on jossain määrin suojattu sääolosuhteilta, mutta ei ole suojattu ilman lämmönvaihteluilta ja niistä johtuvasta lämmön kulkeutumisesta. Materiaali on suojattu sateelta, mutta varastoinnin kosteusarvot ovat riippuvaisia sääolosuhteesta, rakenneratkaisusta sekä materiaalin pakkaustavoista.
Luokka 5: Ei suojaa, tai suoja on puutteellinen	Varaston lämpötilaolosuhteet saattavat saavuttaa ääriarvoja ympäröivän säätilan mukaan lämmön kulkeutumisesta ja johtumisen seurauksena. Materiaali on alttiina suoralle sateen ja maaperän kosteuden vaikutuksille, joten kosteusarvot riippuvat sääolosuhteista. Materiaalin ainoa suojaus on sen pakkaus.

Taulukossa 1 ilmoitetaan kategorioiden suojausarvot erilaisia ympäristön vaikutuksia vastaan. Varastointiolosuhteet vaikuttavat huomattavasti varastoitavan materiaalin elinikään, ja myös taulukon 1 kuvauksista voidaan havaita tiettyjen vaikuttimien, kuten kosteuden ja lämmönvaihtelun korostaminen. Varastoinnin yksi tavoite on suojata varastoitavaa kohdetta ympäristön vaikutuksilta, ja erilaiset vaikutukset yksinään tai yhteisvaikutuksesta voivat johtaa varastoitavan materiaalin laatuun ja luotettavuuteen. (NSO NSDD, 2023, p. 4)

AECTP-230 (2023) käsittelee varastoinnin osalta ulkoisten tekijöiden vaikutuksia aiheuttajan mukaan, mistä mainitaan tutkimuksen kannalta seuraavat ja niiden mahdolliset vahingolliset vaikutukset yleisesti:

- Lämpötilan vaihtelut voivat johtua suorasta altistumisesta auringonvalolle, tai lämmön johtumisesta muista materiaaleista. Lämpötila vaikuttaa kohteen fyysisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi rakenteen lämpölaajentumisena tai kemiallisten hajoamisen kiihtymisenä.
- Kosteus on riippuvainen ilmankosteudesta, tuuletuksesta sekä lämpötilan vaihteluista. Lämpimät ja kosteat olosuhteet ovat ihanteelliset homehtumiselle ja materiaalin kulumiselle kemiallisen hajoamisen muodoissa. Liian matala kosteus voi taasen vaikuttaa etenkin elektroniikkaosien luotettavuuteen ja toimivuuteen muuttamalla tuotteen elektronisia ominaisuuksia.
- Jäätyminen aiheutuu lämpötilan laskemisesta 0 celsiusen alapuolelle ja kosteuden jäätymistä kohteen pintaan. Jäätyminen yleisesti heikentää materiaaleja.
- Pölyä on ilmekehässä jatkuvasti, ja sen leviäminen riippuu ilmavirroista. Pöly aiheuttaa materiaalien kulumista, ja pienen kokonsa vuoksi se päätyy helposti kohteiden rakenteiden sisälle.
- Roiskeet tai altistuminen vedelle voivat johtua kosteuden tiivistymisestä tai esimerkiksi sateesta. Pidempiaikainen vettymisen vaikutus huonontaa materiaalin säilyvyyttä ja laatua.

AECTP-230 esittelee vaatimuksia onnistuneeseen eliniän ennustamiseen varastoinnin aikana, ja korostaa informaation jatkuvaa keräämistä ylläpitoa. Puolustusvoimien tekniset ohjeet (PVTOK) ohjeistavat tiedon keräämisen periaatteet organisaatiossa, ja toimintatapojen määrittely onkin edellytys tiedon hallinnalle.

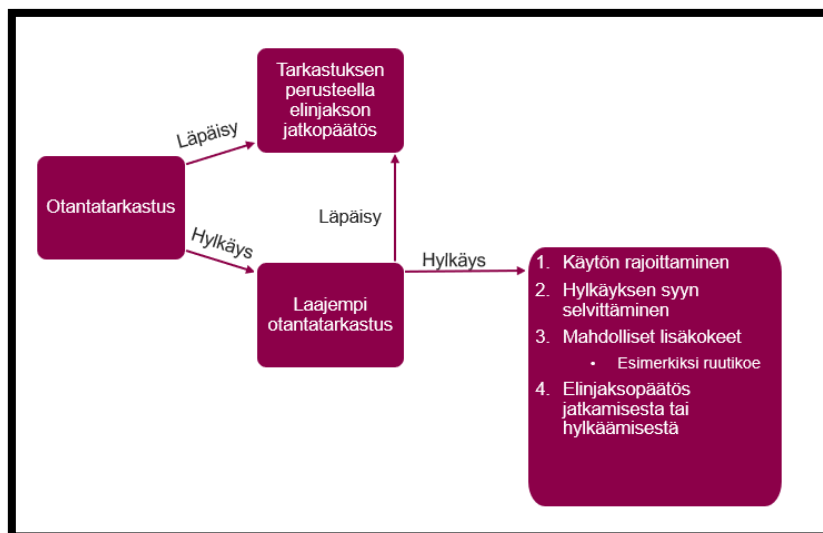
Ampumatarvikkeiden kunnonvalvonta

Ampumatarvikkeiden kunnonvalvonta perustuu valmiste-erien kunnonvalvontaan, ja on osa niiden kunnossapitoa. Kunnonvalvontaa toteutetaan elinjakson hallinnan osana, ja sen

tarkoituksena on kerätä ja ylläpitää tietoa varastoiduista ampumatarvike-elementeistä. Tävoitteena on varmistaa elementtien toimintavarmuus ja turvallisuus. Tarkastuksia tehdään eräkohtaisesti, ja tuloksia voidaan soveltaa koko erään otantatarkastusten perusteella. Tarkastuksia voidaan toteuttaa sinänsä koska tahansa, mutta suunnitelmalliset tarkastukset ovat yleisin toteutusvaihtoehto, ja tarkastusten suunnittelu on riippuvainen organisaation toimintatavoista. (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016a)

Puolustusvoimat toteuttaa otantatarkastuksia standardin ISO 2895 mukaisesti, joka määrittää toimintatavat itse tarkastuksille. Tarkastukset sisältävät muun muassa silmämääräisiä tarkastuksia tai kunnan toteamista materiaalin varastointiolosuhteissa. Otantatarkastukset ovat elementtien kunnanvalvonnan perustyökalu, joihin koko kunnanvalvontaprosessi perustuu. Otantatarkastuksella tarkoitetaan, että koko valmiste-erää ei tarvitse tarkastaa, vaan standardin mukaisten toimenpiteiden mukaisesti vain erän otannalle tehtäviä tarkastusten tuloksia voidaan soveltaa koko erään. Otantatarkastusten tulosten perusteella voidaan määrittää tapauskohtaisesti jatkotoimenpiteet tai lisäselvitykset tarpeen mukaisesti. Otantatarkastuksien toimenpiteet ja laajuus määräytyvät aina kyseessä olevan elementin määrittelyn mukaisesti. (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016a)

Ruutien kunnanvalvonta poikkeaa muista elementeistä tarkastuksen toteuttamisen osalta. Kuten todettua luvussa 2.2.3, ruutien osalta säilyvyyttä määrittää stabilisaattorien määrä ruudissa, jolloin ruutien testaaminen keskittyy stabilisaattoritasojen tarkasteluun, joille on määrätty omat raja-arvonsa. Testien tulosten perusteella voidaan erälle määrittää seuraava valvontaväli, karkeasti mitä paremmin stabilisaattorit ovat säilyneet sitä pidempi valvontaväli erälle voidaan määrittää. Luonnollisesti erät, joiden varastointikestävyys on heikentynyt ja voidaan havaita olevan elinjaksonsa loppupuolella, tulee ohjata käyttöön ensimmäisenä. (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016a)



Kuva 15: Kunnonvalvontaprosessi tarkastusten osalta. Mukailtu (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016b, 2016a, 2017, 2020).

Kuvassa 15 havainnollistetaan kunnonvalvontaprosessia. Mikäli erä ei läpäise otantatarkastusta, kyseinen erä tarkastetaan perusteellisemmin laajemmalla otantatarkastuksella. Mikäli tarkastuksen tulos on edelleen hylkäävä, rajoitetaan erän tai elementtityypin käyttöä, kunnes hylkäyksen syy on selvitetty, ja elementtityyppi todettu turvalliseksi vain erän ollessa hylättävä. Erille voidaan esimerkiksi toteuttaa koeammunta tai muunlainen lisätesti erän kunnon selvittämiseksi. Jokainen eräkohtaisen otantatarkastuksen tulos johtaa elinjakso päätökseen joko jatkamisesta tai hylkäämisestä, jonka perusteena itse tarkastuksen tulos on. Tuloksia käytetään myös elinjakson suunnitteluun.

Taulukossa 2 alla on esitetty esimerkkejä eri elementtityyppien tarkastusväleistä, mutta käytännössä tarkastusvälejä ohjaa aina viimeisin tarkastuksen tulos.

Taulukko 2: Elementtien tarkastusvälit. Koottu (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016b, 2016a, 2017, 2020).

ELEMENTTI	TARKASTUSVÄLIT	
Panokset	1. tarkastus määritetään hankinnan yhteydessä	Jatkotarkastukset määritetään edellisen mukaan, tarkastus viimeistään valvontavälin viimeisenä vuonna
Ammus	1. tarkastus 10 vuoden kuluttua valmistusvuodesta	Jatkotarkastuksen maksimissaan 7 vuoden välein
Erikoisammus	1. tarkastus 10 vuoden kuluttua valmistusvuodesta	Jatkotarkastuksen maksimissaan 7 vuoden välein. Ammus määrittää tarkemmat raja-arvot
Sytyttimet	1. tarkastus 10 vuoden kuluttua valmistusvuodesta	Jatkotarkastuksen maksimissaan 7 vuoden välein

Yleisesti kunnossapidon tehtävä on siis pitää varastoidut ampumatarvike-erät käyttökuntoisena ja turvallisena, kunnonvalvonnan taas tuottaa tietoa erien varastointikestävydestä varastoinnin aikana, sekä tiedon perusteella tukea päätöksentekoa. Kunnossapidon merkittävyys kasvaa mitä pidempi tuotteen käyttöaika on, jolloin sen vaikutus kohdistuu tuotteen käytettävyyden parantamiseen. (Kortelainen *et al.*, 2021) Säännöllisten tarkastusten tuottama tieto antaa ennakkovaroituksia esimerkiksi erän varastointikestävyuden heikkenemisestä, jolloin erä voidaan ohjata kulutukseen ennen, kuin se täytyy hylätä heikon kuntosaa takia. Tarkastukset ja niiden tulokset ovat siis oleellinen osa elementtien elinjakson suunnittelua ja hallintaa. Elementtien oletetut säilymisiät ovat vuosia tai vuosikymmeniä, jolloin todellinen tieto elementtien varastointikestävydestä voidaan saavuttaa vain tarkastuksilla. Tarkastukset itsessään ovat eräänlaista kokeilutoimintaa, jolloin elementin säilyvyyden määrittää aina sen edellisen eräkohtaisen tarkastuksen tulos, vaikkakin oletuksia voidaan tehdä historiatiedon perusteella.

Luonnollisesti mitä monimutkaisempi tai teknisempi ampumatarvike-elementin rakenne on, yleensä sitä korkeammat ovat myös elementin kustannukset. Samoin rakenteen teknisyys vaikuttaa elementtien säilyvyyteen, eli kuinka pitkä on elementin elinkaari valmistuksesta viimeiseen mahdolliseen käyttöpäivään. Viimeinen käyttöpäivä kuitenkin määräytyy valmistajan määritelmän mukaan sekä käyttäjän omien tarkastusten tai todentamisten mukaisesti. Kyse on siitä, onko elementti ensinnäkin turvallista käyttää ja toiseksi toimiiko

se halutulla tavalla. Elementti voi olla edelleen turvallinen käsitellä ja käyttää, mutta esimerkiksi sytyttimien osalta sen heräteominaisuudet eivät välttämättä toimi enää oikein, jolloin tehokkuus kärsii merkittävästi.

Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty elementtityyppien yleisiä säilymisaikoja, joita käytetään tässä tutkimuksessa.

Taulukko 3: Elementtityyppien yleisiä säilymisaikoja (Asiantuntija, Järjestelmäkeskus, Puolustusvoimat 2022).

Elementtityyppi	Yleinen säilymisaika
Ammus, trotyylitäytteinen	50 vuotta
Panokset	50 vuotta
Sytyttimet, mekaaniset	40 vuotta
Sytyttimet, elektroniset	30 vuotta
Iskulukkonallit	40 vuotta
Erikoisammukset (HUOM! johdettu elektronisista sytyttimistä)	30 vuotta

2.6 Trendit tykistön ampumatarvikkeissa 2000-luvulla

2000-luku on ollut puolustusteollisuudelle ja ampumatarvikkeille vaiheikas. Toisaalta 2000-luvun alkupuolella sotilaallisen toiminnan painopiste kääntyi Euroopassa kansallisesta varautumisesta ja oman maan puolustamisesta potentiaalista uhkaajaa vastaan kriisinhallinnan suuntaan. Yksi esimerkki tästä on NATO:n toiminnan muutokset ja vaihtoehdot 2000-luvulla, jolloin liittoumakin siirsi omaa painopistettään aluepuolustuksesta kriisinhallintaan (Kadettikunta, 2023). Tämä johti osaltaan esimerkiksi Ruotsissa asevelvollisuuden lakkauttamiseen (Ruotuväki, 2022), ja edelleen kenttäarmeijan koon pienentämiseen, joka edelleen väistämättä vaikutti myös varautumiseen ampumatarvikkeiden määrässä.

Toisaalta teknologinen kehitys otti merkittäviä askeleita tänä aikana, joskin kehitys palveli kysyntää. Kriisinhallintatoiminnan kysyntä tykistöampumatarvikkeille eroaa merkittävästi perinteisemmän kansallisen puolustautumisen tarpeista. Tämä on havaittavissa esimerkiksi 2000-luvulla Excaliburin mainonnassa (United States Army Acquisition Corps, 2008, pp. 23–24), jossa korostetaan ammuksen tarkkuuden myötä sivullisen vahingon mi-

nimointia. Tarkkuus on toki kiistatta vahvuus millä tahansa epäsuorantulen ampumatarvikkeella, mutta markkinaehtoinen kehitys palvelee kysyntää, jonka voidaan todeta muuttuneen viime vuotena 2000-luvun alusta.

Mikään valtio ei ainakaan julkisesti ole myöntänyt kokonaan luopuneensa varautumisesta tai ampumatarvikkeiden varastoinnista kriisin varalta, mutta on selvää, että jos sotilaallinen painopiste vaihtuu, vaihtuu myös muun toiminnan painopiste. Kuluneen vuoden aikana on uutisoitu useista suurista tilauksista ampumatarvikkeiden valmistajille, joissa summat ovat kymmeniä tai satoja miljoonia, eikä kaikkia sopimuksia uutisoida. Vaikka osittain sopimukset liittyvät Ukrainalle annettuihin avustuksiin, kertovat ne myös osaltaan yhteisestä havahtumisesta varautumiseen, ja varastojen merkityksellisyyteen myös ampumatarvikkeiden osalta.

Ampumatarvikkeiden teknologinen kehitystyö ja valmistus on erikoisteollisuutta (*Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*, 2001, p. 231). Tämä itsessään lisää niiden hintaa, mutta kuten millä tahansa tuotteella, tuotannon kasvaessa yksikköhinnat laskevat. Teknistyvät ampumatarvikkeet ovat aluksi kalliita ja niiden käytön laajentumisessa suurempien tilausten myötä saadaan yksikköhintoja myös laskettua. Ampumatarvikkeita valmistetaan vain rajatulle asiakaskunnalle, eikä tykistön ampumatarvikkeita voida markkinoida siviilitoimijoille. Potentiaalinen asiakaskunta vaikuttaa näin ollen myös kehitystyöhön, ja etenkin sen rahoittamiseen.

Ampumatarvikkeiden tuotekehitys on yleensä pitkäkestoista ja resursseja vaativaa. Ampumatarvikkeiden käytön ja vaikutuksen tehostaminen on ollut yksi merkittävä motivaattori 2000-luvun kehitystyölle. Arvioiden mukaan PGK:n (Precision Guidance Kit) käyttöönotto voisi säästää merkittävästi ampumatarvikkeita ja näin ollen myös kustannuksia. Esimerkiksi vertailu sirpalekranaattien käytöllä ilman PGK:a ja sen kanssa tuottaisi jopa 75 % säästön tarvittavien ampumatarvikkeiden määrässä vastaavan vaikutuksen saavuttamiseksi. (Narimane *et al.*, 2018, p. 416) Tykistön tehon mittaamiseen ja arviointiin on useita erilaisia mittareita, eikä edellä mainittu laskennallinen esimerkki ole yleispätevä, mutta osoittaa suuntaa ja potentiaalia, jota PGK:n kaltaisilla ratkaisuilla voidaan saavuttaa.

Kantaman kasvattaminen on myös yksi merkittävä kehitysalue, jota esimerkiksi Nammo pyrkii ratkaisemaan uudella muotoilulla sekä tuotevalikoimalla, joka sisältää perävirtausyksikön lisäksi rakettiavusteisia ammuksia ja Ramjet-nimisiä tykistöohjustyyppisiä ratkaisuja. Näiden kantama halutaan ulottaa nykyisestä 40 kilometristä 85, ja aina 150 kilometriin, jolloin puhutaan tykistöammuksen ja ohjuksen yhdistelmästä. Nammo aloitti testauksen

vuonna 2019. (Korsvold, 2019) Tällaisella ratkaisulla ei välttämättä päästä kustannustehokkuuteen, vaan kyse on enemmän suorituskyvyn parantamisesta.

Useat tuotevalmistajat, kuten Nammo, tarjoavat ammuksia termillä ”Intense munition” (IM), jolla viitataan tehokkaampaan räjähdemateriaaliin ammuksessa. Tällaisia tehokkaampia räjähdemateriaaleja testataan ja niitä käytetään kansainvälisesti useissa eri käytännön sovelluksissa. Hyötynä nähdään tehokkaamman toiminnan lisäksi varastointiin vaikuttavat edut. Uusi räjähdemateriaali vaikuttaa kuitenkin myös koko laukausyhdistelmän toimintaan, ja IM-räjähdemateriaali tarvitsee yleensä toimiakseen nallin lisäksi räjäyttimen sytyttimeen. Näin ollen todellisen kilpailukyvyn tällaisille uusille räjähdemateriaaleille ratkaisee kustannustehokkuus ja kokonaiskustannukset mukaan lukien vaikutukset koko laukausyhdistelmälle. (Harkoma, 2017)

Sota Ukrainassa ja annettu aseapu aiheutti merkittäviä vajauksia valtioiden ampumatarvikevarastoihin. Esimerkiksi Pentagon ilmoitti tykistön ampumatarvikkeiden tuotannon jopa kuusinkertaistamisesta (Ismay and Lipton, 2023). New York Timesin artikkelissa kerrotaan, että Yhdysvallat siirtää omista varastoistaan Israelissa ja Etelä-Koreassa ampumatarvikkeita Ukrainan käyttöön, ja tuotannon nosto tehdään näiden ampumatarvikkeiden korvaamiseksi (Schmitt *et al.*, 2023).

Vaikka Yhdysvaltojen puolustusbudjetti on kasvanut tasaisesti viime vuosina, se ei ole kuitenkaan realisoitunut kasvaneina tykistön ampumatarvikemäärinä, päinvastoin ne ovat vähentyneet. Ukrainan sota muutti suhtautumista tykistön käyttöön ja sen tehoon, mikä johti laajalla rintamalla lisätilauksiin ja tuotantokykyjen nostamiseen läntisissä valtioissa. (Keating, 2022) Useat tuotevalmistajat ovat uutisoineet suurista tilauksista, esimerkiksi Rheinmetall uutisoi elokuussa 2022 merkittävästä kymmenien miljoonien tilauksesta nimeämättömältä NATO:n jäseneltä, joka sisältää erilaisia ammustyyppejä, sytyttimiä sekä panoksia (Valpolini, 2022). Pentagon taas ilmoitti jopa kuusinkertaistavansa tykistön ampumatarvikkeiden tuotannon vuosittaisesta noin 14 400 kappaleesta jopa 90 000 kappaleeseen seuraavan kahden vuoden aikana paikatakseen omien ammusvarastojensa puutteita (Ismay and Lipton, 2023; Pulliainen, 2023). Pentagon ilmoittaa Ukrainalle lahjoitettujen tykistön ammusten lukumääräksi yli miljoona (Pulliainen, 2023). Yhdysvallat tilasi myös Raytheonilta erikoisammuksia 84 miljoonalla dollarilla, joka kattaa yli 1000 Excalibur-ammusta (Defense Brief, 2022).

Luvut ovat suuria, kun kyseessä on Yhdysvallat, mutta ilmiö on myös muilla mailla vastaavan kaltainen. Suuret tilausmäärät aiheuttavat tilauskyvyn heikkenemistä, sillä vastaavan suuruista tuotannon kysyntää oli vaikea ennustaa. Yleisesti voidaan todeta, että nyt kun

kysyntä kasvaa voimakkaasti, ei välttämättä ampumatarvikkeita ole saatavilla suhteessa liian matalan tuotantokapasiteetin takia, joka nostaa varaston ja varautumisen arvoa. Lisääntynyt kysyntä vaikuttaa myös hintoihin, kuten Puolustusvoimain komentaja totesi haastattelussaan jo huhtikuussa 2022 (Maaseudun Tulevaisuus, 2022).

Tuotantokykä on haastava nostaa määräänsä enempää erikoisteollisuuden alalla ilman merkittäviä lisäinvestointeja, ja joka tapauksessa se vaatii aikaa. Ampumatarvikkeiden hankinnassa tulee siis huomioida aikaperspektiivi, johon voidaan toki vastata erilaisilla sopimuksilla. Maanpuolustaminen määrittelee vaatimukset tarvittavalle varastomäärälle, mutta joka tapauksessa ilman varastoja varautuminen on haastavaa.

Vershinin (2023) toteaa yhdeksi viime aikojen vääräksi oletukseksi tuotantokyvyn tason säätelyn nopeasti. Kuten todettua, ilmiö tuotantokyvyn säätelyssä on toimiva siviilimarkkinoilla, jossa asiakaskunta on laaja. Sotateollisuudessa asiakkaita on vähän, jolloin hiipuva tilauskanta pakottaa tuotevalmistajat tuotantolinjojen sulkemiseen pitääkseen yritystoiminnan kannattavana. Sulkujen jälkeen tuotannon nosto on erittäin haastavaa niin resursien kuin myös osaavan henkilöstön osalta. Ampumatarviketeollisuuden erikoispiirteet tuovat lisäksi omat haasteensa tuotantokyvyn kasvattamiseen, sillä tuotantoa ei ainakaan toistaiseksi ole kyetty automatisoimaan. Myös tuotevalmistajien toimitusketjut saattavat olla haastavia, mikäli alihankintana aikaisemmin hankittuja osia ei saakaan enää. (Vershinin, 2023)

Ukrainan sota toisaalta osoitti, ettei jo vanhentuneeksi oletettu konventionaalinen sodankäynti suurilla joukko- ja ampumatarvikemäärillä ollutkaan vanhentunutta. Toisaalta Suomi eroaa läntisen maailman trendistä, ja on ylläpitänyt merkittävää tykistöllistä suorituskykyä aina 1940-luvulta lähtien määrällisesti aseiden ja ampumatarvikkeiden osalta, sekä suorituskykyä kokonaisuudessaan (Simola, 2021). Tykistön ampumatoimintaa tarkasteltaessa päivittäisten ammuttujen kranaattien määrä venäläisillä joukoilla on arvioitu nousevan jopa yli 7000 kappaleeseen päivässä. Verrattuna arvioihin Yhdysvaltojen tuotantokapasiteetista vuodelle 2022, tuotantomäärällä voisi ylläpitää Ukrainassa havaittua tulitustah- tia noin kaksi viikkoa. (Vershinin, 2023)

Vaikka eri valtioiden tapa toteuttaa sotilaallisia operaatioita vaikuttaa ampumatarvikkeiden kulutukseen, on selvää, että tuotantokäky ja varastot ovat eri luvuilla. Toki varautuminen perustuu uhkakuviin, jolloin lyhyen konfliktiin varautuminen ei vaadi massiivisia varastoja. Lyhyen konfliktin muuttuessa pidempiaikaiseksi tuotantokyvyn nostamisen arvo nousee, ja tällaiseen ei kenties ole varauduttu.

Ukrainan arvioitu päivittäinen tykistön ampumatarvikkeiden kulutus, noin 5000–6000 kappaletta, vastaa arvioiden mukaan pienempien Euroopan maiden vuosittaista tilausmäärää ennen sodan alkamista (Nilsson and Pfeifer, 2023). Nammon toimitusjohtaja Morten Mrandtzaeg (2023) kuvailee nykyistä tilannetta sodaksi tuotantokapasiteetista. Koronaviruspandemian vaikutukset toimitusketjuihin globaalisti näkyvät vielä, eikä kaikkia ongelmia ole saatu ratkaistua, jolloin pandemian vaikutus ulottuu myös ampumatarvikkeiden tuotantoon. (Nilsson and Pfeifer, 2023)

Keinona tuotantokapasiteetin nostoon on muun muassa lisätty työskentelyvuoroja tuotantolaitoksissa, mutta se ei silti ratkaise perimmäistä ongelmaa. Räjähdetuotannossa tärkeistä raaka-aineista on myös pulaa, mikä vaikuttaa todelliseen tuotantokapasiteettiin. Rheinmetall suurena tuotevalmistajana uutisoitiin perustavan uuden tuotantolaitoksen Unkariin kattamaan suurta kysyntää. (Nilsson and Pfeifer, 2023) Financial Timesin (2023) artikkelissa mainitaan myös vuonna 2004 perustettu European Defence Agency ja sen rooli varsinkin edellä kuvattuun ongelmaan ratkaisussa. Yhteiseurooppalainen hankintatoiminta on yksi mahdollinen vaihtoehto, sillä ongelma on Euroopan laajuinen ja tuotantokapasiteetti on merkittävä tekijä ampumatarviketuotannossa. (Nilsson and Pfeifer, 2023)

3 Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinta

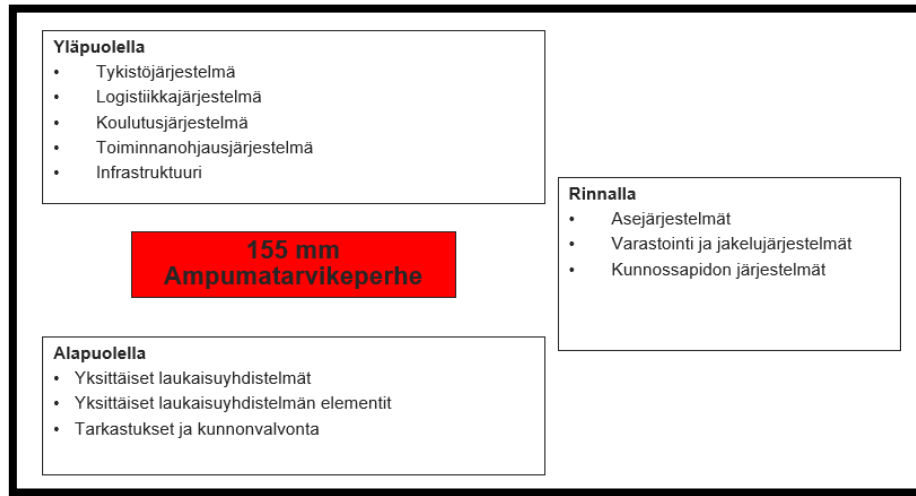
Tämän luvun tarkoituksena on muodostaa ymmärrys siitä mitä ampumatarvikeperheen hallinta tarkoittaa, ja mitä liitospintoja ampumatarvikeperheellä on. Luvussa kartoitetaan ampumatarvikeperheen hallintaan vaikuttavat tekijät sekä liitospinnat, joiden avulla voidaan selvittää vaatimukset ampumatarvikeperheen käyttäytymisen mallintamiselle ja työkalun luomiselle. Nämä osatekijät ovat kriittisessä osassa työkalun määrittelyssä, sillä mallia ei voi luoda ilman ymmärrystä mallinnettavasta ilmiöstä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Ampumatarvikeperheeseen vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen on oleellista kokonaisymmärryksen saavuttamiseksi elinkaaren hallintaan vaikuttavista tekijöistä.

3.1 Ampumatarvikeperheen elinkaaren osatekijät ja liitospinnat

Apumatarvikeperhettä voidaan tarkastella järjestelmäanalyysin muodossa, jolloin voidaan tunnistaa siihen vaikuttavia muita tekijöitä. Järjestelmäajattelun (eng. systems thinking) mukaan järjestelmä mielletään kokonaisuudeksi, jonka osat ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, jolloin järjestelmän tuotto on suurempi kuin osiensa summa. Järjestelmää voidaan tarkastella eri tasoilla ja eri näkökulmista, jolloin sen rakenne voi näyttäytyä erilaisena. Oleellista on tunnistaa kohde ja siihen vaikuttavat tekijät, jolloin kyetään laadukkaammin tarkastelemaan kokonaisuutta ja sen toiminnallisuuksia tai ongelmia. (Hitchins, 2007, pp. 16–18) Järjestelmäajattelu mahdollistaa myös kokonaisuuden ja siihen vaikuttavien tekijöiden paremman tunnistamisen, jolloin se soveltuu mallinnettavan ilmiön ymmärryksen keräämiseen. Järjestelmiin liittyy fyysisten osien lisäksi myös esimerkiksi prosesseja, toimintoja ja ihmisten välistä vuorovaikutusta. Tutkimuksessa tarkastellaan fyysisen käyttöomaisuuden hallintaa, jolloin painopiste ei ole prosesseissa tai toimintatapojen tarkastelussa, vaikka niiden merkitys ja sidonnaisuus tunnistetaan osana järjestelmää.

Tarkasteltava järjestelmä on ampumatarvikeperhe, joka sisältää fyysisten ampumatarvikkeiden lisäksi myös muita osia. Järjestelmän tarkoitus on mahdollistaa ampumatarvikkeilla vaikuttaminen, jolloin järjestelmä käsittää myös ampumatarvikeperheen hallinnan ja siihen liittyvät kokonaisuudet. Alla olevassa kuvassa 16 esitetään ampumatarvikeperheen järjestelmäluokittelu, jossa tarkastellaan siihen liittyviä järjestelmiä. Liittyviä järjestelmiä

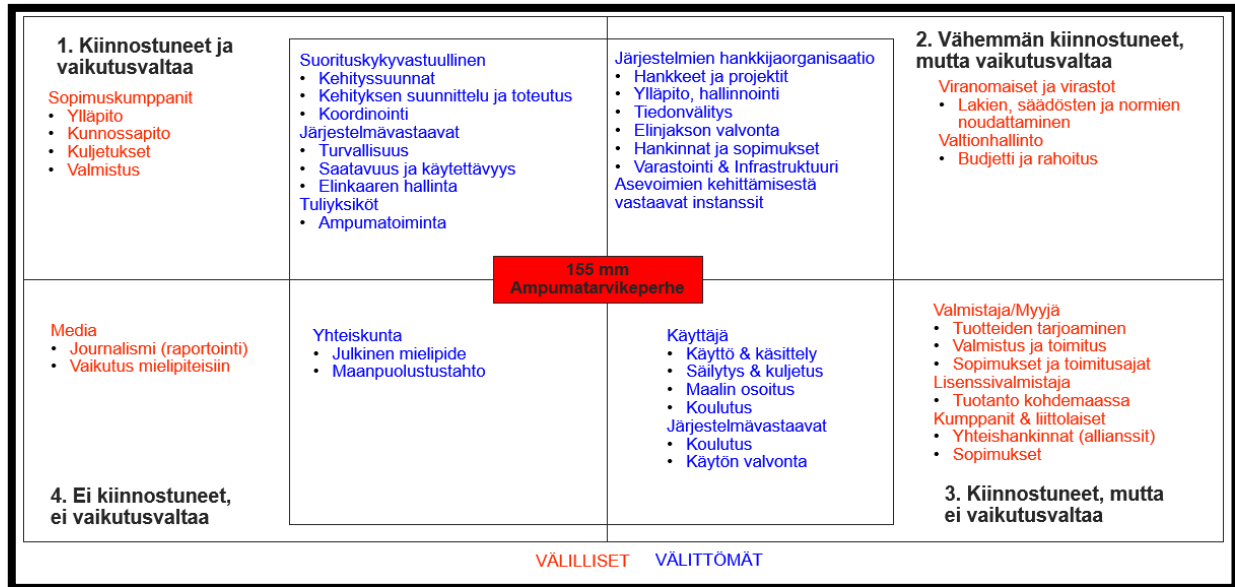
voidaan jakaa sen mukaan, nähdäänkö ne järjestelmähierarkiassa ylä- tai alapuolella vai rinnalla. Toinen vaihtoehto olisi tarkastella järjestelmiä toiminnallisuuden mukaan, jolloin esimerkiksi logistiikkajärjestelmä on ampumatarvikeperheelle mahdollistava järjestelmä.



Kuva 16: Ampumatarvikeperheen järjestelmäluokittelu.

Ampumatarvikeperheeseen vaikuttavia tekijöitä on luontaista kartoittaa sidosryhmäanalyysin avulla, jonka tarkoituksena on tunnistaa sidosryhmät tai toimijat, sekä näiden roolit ja vaikutusvalta kohteeseen. Sidosryhmien tunnistaminen on myös tärkeää vaatimustenhallinnan osalta, jolloin tunnistetaan vaatimuksia aiheuttavia tahoja, sekä näiden tahojen vaikutusvalta tarkasteltavaan kohteeseen. (Kosola, 2013, pp. 21–22)

Sidosryhmiä voidaan luokitella Kosolan (2013) mukaan neljään eri luokkaan, joissa luokat jaotellaan kiinnostuksen ja vaikutusvallan mukaan. Alla olevassa kuvassa 17 on luokiteltu näiden neljän luokan mukaisia sidosryhmiä ampumatarvikeperheen tarkastelussa.



Kuva 17: Ampumatarvikeperheen sidosryhmäluokittelu. Rakenne mukailen (Kosola, 2013, p. 21).

Sidosryhmät itsessään tai niiden suhde tarkasteltavaan kohteeseen voivat muuttua, joten sidosryhmien tarkastelu täytyy olla osittain jatkuvaa toimintaa. Ampumatarvikeperheen tapauksessa suurimpia sidosryhmiä ovat fyysistä käyttöomaisuutta hallitseva järjestelmävastuullinen, suorituskyvyn määrittelevä suorituskykyvastaullinen sekä valtionhallinto, joka määrittää puolustuksen tavoitteet ja siihen käytettävät resurssit. Taulukkoon 4 on määriteltä Kosolan (Kosola, 2013) osoittamia tyypillisiä sidosryhmätyyppejä ampumatarvikeperheen näkökulmasta tarkasteltuna.

Taulukko 4: Sidosryhmien luokittelu. Mukailten (Kosola, 2013, pp. 21–29).

Sidosryhmätyyppi	Tutkimuksessa tunnistettu taho
Asiakas	Asiakkaana voidaan nähdä suorituskyky, tässä tapauksessa asevoimien tykistö, toisaalta asiakkaana on järjestelmävastuullisen näkökulmasta myös suorituskykyvastuullinen, tai asiakkaana puolustusvoimat ja edelleen valtio
Rahoittaja	Rahoittajana toimii ylätasolla valtio – ministeriö – asevoimat
Suorituskyvyn omistaja	Suorituskyvyn omistaa asevoimat – tyypillisesti maavoimat
Järjestelmän omistaja	Järjestelmävastuullinen organisaatio
Käyttäjä	Asevoimien tykistö käyttää ampumatarvikkeita
Tukiorganisaatiot	Yleensä jokin toinen asevoimien alainen virasto, toisaalta suorituskykyvastuullinen tarjoaa tukea, toisaalta taas jokin yksityinen logistiikkaorganisaatio voi tukea kuljetusten ja varastoinnin osalta.
Valvontaviranomaiset	Paikalliset valvontaviranomiset valvovat varastointia ja sen käytännön toteutumista
Tuote- ja palvelutoimittajat	Puolustusteollisuuden toimijat ja tuotevalmistajat. Palveluntoimittajat riippuvat toteutusta tavasta, periaatteessa palveluna voidaan ostaa esimerkiksi varastointi tai kuljetuspalveluita.
Negatiiviset sidosryhmät	Voidaan nähdä puolustuskyvyn ylläpidon vastustajat, jotka voivat vaikuttaa käytössä oleviin määrärahoihin. Luonnollisesti myös vihollistoiminta ampumatarvikeperhettä kohtaan on negatiivisen sidosryhmän toimintaa
Muut sidosryhmät	Voidaan lukea esimerkiksi laadunvalvontaorganisaatio asevoimien sisällä, joka valvoo toimintaa.

Ampumatarvikeperheen hallintaan vaikuttavat useat eri tekijät ja niiden tunnistaminen on oleellista, jotta hallinnan kokonaisuus kyetään hahmottamaan sekä edelleen vaikuttavat tekijät kyetään ottamaan huomioon. Sidosryhmäluokittelu auttaa tunnistamaan näitä tekijöitä sekä analysoimaan niiden vaikuttavuutta ampumatarvikeperheeseen.

3.1.1 Valtion rooli ampumatarvikeperheen omistajana

Itsenäisten valtioiden yksi perustehtävistä on turvallisuus, joka sisältää yhteiskunnan puolustamisen ulkoista vihollista vastaan (Virta, 2007, p. 11). Ampumatarvikkeet ovat yksi käytännön toteutuksen osa, jolla puolustusta voidaan toteuttaa, tai siihen voidaan varautua.

Erilaisten organisaatioiden toiminnassa on luonnollista jakaa ja selkeyttää vastuunjako organisaatioiden välillä tai niiden sisällä. Tämä koskee myös asevoimia. Esimerkiksi Suomen Puolustusvoimissa jaotellaan erikseen suorituskyvyn- ja järjestelmän omistaja. Karke-

asti suorituskyvyn omistaja on suorituskykyvastuullinen, joka tarkoittaa vastuuta sotilaallisesta suorituskyvystä ja sen määrittelystä. Järjestelmän omistaja on taasen järjestelmävastuullinen, jonka vastuulla on suorituskykyyn liittyvän järjestelmän elinjakson hallinta ja käytön tukeminen. (Kosola, 2013, pp. 24–25) Ampumatarvikeperhettä tarkasteltaessa tämä tarkoittaa, että suorituskykyvastuullinen määrittää millainen suorituskyky ampumatarvikkeilla pitää olla saavutettavissa, ja järjestelmävastuullinen huolehtii, että tämä suorituskyky on olemassa annettujen määreiden rajoissa fyysisen järjestelmän, eli ampumatarvikkeiden muodossa.

Koko puolustusorganisaation rakennetta voidaan yksinkertaistaa kuvaamalla sitä jakaantuneeksi neljään eri ryhmään toiminnallisuksiensa mukaisesti. Puolustusorganisaatio kokonaisuutena sisältää itse asevoimien lisäksi myös valtion hallinnollisia toimijoita, jolloin rakenteellisesti tarkastelemalla voidaan paremmin hahmottaa eri ryhmien vastuita ja toimintoja. Ensimmäinen ryhmä sisältää poliittiset ja hallinnon toimijat sekä virastot. Ryhmän toiminnallisuutena on, että ryhmä määrittää puolustuspoliittiset tavoitteet ja sotilaalliset strategiat, jolloin ryhmään kuuluu esimerkiksi puolustus- ja valtiovarainministeriöt, puolustusvoimien komentajisto sekä toimeenpanoelimet. Toisen ryhmän toiminnallisuus on puolustuskyvyn ylläpito käytännössä, mikä sisältää suorituskykyjen muodostamista koulutuksen ja varustamisen muodossa. Tähän ryhmään kuuluvat itse asevoimat ja mahdolliset puolustushaarat, ja ryhmää voisi kuvailla myös suorituskykyvastuullisena. Kolmantena ryhmänä tunnistetaan käytännön puolustustoiminnan toteuttajat, eli operatiiviset joukot. Ryhmään kuuluu henkilöstö, joka on palkattuna esimerkiksi kouluttamaan tai muutoin ylläpitää puolustuskykyä. Neljäntenä ryhmänä tunnistetaan toimintaa valvovat virastot tai valvontaelimet, joiden tehtävänä on seurata sekä raportoida asevoimien toiminnan toteutumista. (Maximilian, 2017, p. 146)

Ampumatarvikeperheen hallintaa toteutetaan siis yllä kuvatun mukaisesti kolmannessa ryhmässä, jonka tehtävänä on ylläpitää suorituskykyä. Järjestelmävastuullinen on kuitenkin tiiviissä vuorovaikutuksessa myös ryhmään kaksi, ja välillisesti myös ryhmään yksi, sillä resurssit ja vaatimukset tulevat näiltä ryhmiltä. Resurssien jako ja vaatimukset perustuvat johonkin tietoon, jonka perusteella tehdään käytännön päätös. Järjestelmävastuullisen pitää pystyä antamaan päätöksien perustaksi tietoa, ja kyetä selvittämään erilaisten vaihtoehtojen

3.1.2 Puolustusbudjetointi ja sen ominaispiirteet

Valtionhallinto budjetoi menonsa, ja pelkistettynä budjetointi voidaan mieltää taloussuunnitteluna, joka on ilmaistu rahasummien ja käyttökohteiden muodossa. Budjetointia toteutetaan hallinnon ministeriöiden välillä, jolloin päätetään kuinka paljon millekin toimialalle rahoitusta myönnetään. Budjetointi itsessään sisältää muutakin kuin suunnitelman täyttämisen, kuten tavoitteenasettelua, koordinointia, suunnittelua sekä kenties tärkeimpänä kommunikointia. Budjetoinnissa tietty määräraha on tarkoitettu suunniteltuun käyttökohteeseen, ja budjetti on suunnitelma, ei ennuste. (Smith, 2018, pp. 280–281) Budjetti julkishallinnossa on toisaalta myös viestinnän väline, sillä kyse on julkisista varoista, jolloin valtio viestii myös budjetoinnillaan, paljonko puolustukseen rahallisesti panostetaan. Tällöin valtiolla sekä sen asevoimilla on julkinen vastuu määrärahojen käytöstä (Transparency International UK and Defence and Security Programme, 2011).

Suunnitelmallisuus on budjetoinnin kulmakivi. Suunnitelmien pitää perustua annettuihin tavoitteisiin, ja suunnittelulla voidaan perustella tarvittavat määrärahat suunnitelman toteutumiseksi. (Smith, 2018, pp. 280–281) Budjettiperusteisen rahoituksen ominaispiirre on perusteluvelvoite, jolloin määrärahan tarve täytyy perustella, ja valtion budjetoinnissa ministeriöt kilpailevat yhteisestä rahoituksesta. Edelleen ministeriöiden sisällä kilpaillaan ministeriön rahoituksesta. Kommunikointi budjetoinnissa ja sen suunnittelussa on kriittinen toiminto, jossa perustelut kyetään huomioimaan (Smith, 2018, pp. 281–282).

Budjetointi sisältää vaiheita, tyypillisesti nämä voidaan jakaa budjetin luonnosteluun, -hyväksyntään, -toteuttamiseen sekä seurantaan ja kontrollointiin (Transparency International UK and Defence and Security Programme, 2011, p. 11). Vaiheiden ajallinen pituus ja käytännön toteutus riippuu toteuttavasta valtiosta, ja yleensä ottaen budjetointia toteutetaan valtion hallinnoissa vuositasolla. Mainittu neljäs vaihe on yleensä ottaen toteutumisen seuraamista. Kuten todettua budjetointi on suunnitelma, jonka toteutumista on järkevä säädellä. Tällöin kokonaisuudessa saavutetaan joustoa, jolla kyetään reagoimaan muutoksiin myös budjettikauden aikana.

Ministeriölle myönnetyt määrärahat jaetaan ministeriön alaisten toimijoiden kesken, esimerkiksi Suomessa Puolustusministeriö jakaa määrärahoja Puolustusvoimille, joka edelleen vastaa omasta budjetoinnistaan Puolustusvoimien sisällä. Asevoimille annetulla määrärahalla tulisi kattaa sekä juoksevat menot että mahdolliset investoinnit, joskin suuremmat investoinnit voidaan toteuttaa varsinaisen budjetin ulkopuolelta erillisrahoitteisena, kuten esimerkiksi Suomi toteuttaa HX-hankinnan (Puolustusministeriö, 2023).

Nättinen (2020) tunnistaa tutkimuksessaan puolustusbudjetoinnin ulkoisiksi haasteiksi muun muassa poliittisen tahtotilan ja julkisen talouden muutokset, joista molemmat vaikuttavat suoraan käytössä oleviin määrärahoihin. Turvallisuusympäristö ja sen muutokset ovat myös suoraan vaikuttamassa edellä mainittujen toimintojen lisäksi maanpuolustuksen tavoitteisiin ja sitä kautta suoraan puolustusbudjettiin. (Nättinen, 2020, p. 30)

Haasteet ovat omalla tavallaan myös ominaispiirteitä. Poliittinen tahtotila ja julkinen talous ovat yleensä riippuvaisia valtion päättäjäistä, jotka demokraattisissa valtioissa valitaan vaaleilla tietyn kauden ajaksi. Mikäli vallassa olevan tahon poliittinen suuntaus vaihtuu, saattaa myös suhtautuminen puolustusbudjettiin muuttua. Turvallisuusympäristön muutokset taasen eivät ole poliittisten vaalien tapaan säännöllisiä, mutta niiden ennakoitavuus on mahdollista, kun taas vaalien tuloksia useamman vuoden päähän tulevaisuuteen on huomattavasti hankalampi ennustaa.

Puolustusbudjettiin vaikuttaa useampi erilainen tekijä, joiden vaikutuksesta puolustusbudjetoinnin suunnittelun on järkevä olla kausittaista. Esimerkiksi poliittisten mielipiteiden voidaan olettaa pysyvän samankaltaisina vaalikausien ajan, joten yksi suunnitteluväli kannattaa olla vaalikauden mittainen. Turvallisuusympäristöä taasen voidaan arvioida eri aikahorisonteilla, joten suunnittelu budjetoinnin osalta kannattaa myös sovittaa osiltaan näiden aikahorisonttien kanssa yhteen. Puolustusbudjettia ja sen suunnittelua tehdään useilla eri mittaisilla aikahorisonteilla, jotka kannattaa yhdistää, jotta kokonaisuutta on hallinnan lisäksi mahdollista kehittää jatkumona.

Isojärvi (2015) on todennut tutkimuksensa perusteella selkeän liitospinnat puolustusteollisuuden rakenteellisten muutosten ja puolustuspolitiikkaan. Valinnat koko puolustusstrategiassa vaikuttavat eri tavoin toteutustavan osa-alueisiin.

3.1.3 Huoltovarmuus ja varautuminen uhkamalleihin

Ampumatarvikeperhe on osa valtiollisen toimijan asevoimia ja sen suorituskykyä. Valtiollisilla toimijoilla on yleisesti ottaen tarve ja tahto turvata oma suvereniteettinsa. Valtioilla on siis yleensä ottaen velvollisuus varautua erilaisiin kriisitilanteisiin, joista sotatilanne voidaan nähdä kaikista äärimmäisimpänä. Huoltovarmuus ja varautuminen ovat osa tällaiseen äärimmäiseen tilanteeseen valmistautumista. Käytännön toimenpiteinä ne tarkoittavat erilaisten suunnitelmien tekoa tai tarvikkeiden varaamista kriisitilanteen varalle. Ampumatarvikkeet ovat yksi sodankäynnin väline, jolloin myös niitä täytyy varata kriisitilanteisiin vastaamista varten, samoin kuin muutakin sotavälineistöä. (Huoltovarmuuskeskus, 2023)

Varautuminen perustuu uhkamalleihin, joihin varaudutaan normaaliolojen toimenpiteillä. Varautumisen toimenpiteitä tehdään poikkeusolojen varalta, jollaiseksi Euroopan yhteisön perustamissopimuksen 347 artikla määrittelee muun muassa sodan tai sen uhkaa merkitsevä kansainvälinen jännitystilä. ('Official Journal of the European Union C 202', 2016)

Uhkamallit sisältävät erilaisia uhkakuvia, joiden tavoite on tarkentaa uhkamallia tietynlaisessa turvallisuusympäristön kehityksessä ja osoittaa ilmenemismuotoja sekä seurannaisvaikutuksia. Uhka-arvio perustuu edelleen uhkakuviin. Uhka-arvioita laaditaan toimialoittain, missä tarkennetaan tietojen perusteella uhkakuvan mahdollista toteutumista ja sen vaikutuksia toimialaan. (Frösén and Parmes, 2007, pp. 47–49)

Tämän tutkimuksen aihepiiriin uhkakuva on mahdollinen sota, jolloin riippumatta uhkakuvan toteutumisen todennäköisyydestä, sen seuraukset ovat aina vakavat. Määritellyn uhkakuvan ja sen todennäköisyyden perusteella täytyy päättää siedettävä riskitaso, joka vaikuttaa varautumisen toimenpiteisiin. Ampumatarvikkeiden tapauksessa suuri riskinotto-kyky voisi tarkoittaa, että fyysiset varastot ovat määrältään pienet, jolloin luotetaan toimintusketjujen tai tuotannon toimivuuteen sekä nopeuteen myös kriisitilanteessa. Pieni riskinotto tarkoittaa määrällisesti suuria varastoja, jotka aiheuttavat kustannuksia. Uhkakuva kuitenkin määrittää tarpeelliset varautumisen toimenpiteet, mikäli uhka on nopeasti kehittyvä kriisi, arvostetaan suuria varastoja enemmän, kun taas hitaasti kehittyvässä kriisissä arvostetaan enemmän tuotantokapasiteettia, koska on aikaa hankkia ampumatarvikkeita.

Esimerkiksi Suomessa huoltovarmuuden turvaamisesta on säädetty lailla, jota täydennetään Valtioneuvoston päätöksillä toteutustavasta. Valtioneuvoston päätös vuodelta 2018 korostaa huoltovarmuutta osana koko yhteiskuntaa koskettavaa turvallisuusstrategiaa, joka sisältää myös maininnan puolustuskyvystä. Sotilaallisen kriisin kehittymisen nopeuden muutos oli tunnistettu jo vuonna 2018, jolloin viitattiin jo selkeästi ennakkovarautumisajan lyhenemiseen. (*Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista*, 2018)

Päätöksen mukaan ministeriöt vastaavat ja valvovat oman hallinnon alansa huoltovarmuuden toteutumista, jolloin Puolustusministeriön tehtävänä on valvoa, miten oman hallinnon alan varautuminen toteutuu. Puolustusministeriö on merkittävässä asemassa, sillä varautumistilanteessa ja Suomen esimerkissä todetaan selkeä Puolustusvoimien suorituskyvyn riippuvuus siviiliyhteiskunnasta. Huoltovarmuuden kansainväliset ulottuvuudet huomioidaan merkittävältä osin päätöksessä, jossa otetaan kantaa niin kahdenvälisiin sopimuksiin ja pohjoismaiseen yhteistyöhön, sekä tunnistetaan kansainvälisten riippuvuuksien ja

toimitusketjujen muodostamat riskit. (*Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista*, 2018)

Valtion roolia osana sotilaallista huoltovarmuutta päätös kuvailee seuraavasti: ”*Puolustushallinto ylläpitää yhteistyössä Huoltovarmuuskeskuksen kanssa tärkeimpien sodan ajan kulutusmateriaalien, kuten ruutien ja ampumatarvikkeiden tuotantokapasiteettia sekä välttämättömiä maanpuolustusta tukevia varmuusvarastoja. Puolustushallinto kehittää kriittisen puolustusmateriaalin ja järjestelmien elinjakson hallintaa hyödyntäen kumppanuusjärjestelyjä.*” (*Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista*, 2018). Perusteluna vahvan roolin määrittämiselle on selkeä tavoite, jossa vakavimmista poikkeusoloista pitää kyetä selviämään kansallisilla toimenpiteillä (*Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista*, 2018). Tavoitteenasettelu aiheuttaa selkeän veloitteen riittävien varastojen ylläpidosta, unohtamatta tuotantokykyä. Kuitenkin varautuminen nopeaan kriisiin kehitykseen, ja siitä selviämiseen kansallisin toimin, painottaa väistämättä oman varastokapasiteetin korkeammalle kuin oman tuotantokyvyn, sillä aikaa tuotantokyvyn nostamiselle ei välttämättä ole.

Sotilaallisesta toiminnasta korostetaan puolustusteollisuuden merkitystä sekä todetaan valtion ylläpitävän keskeisten kansallisen turvallisuuden etujen mukaisia puolustusteollisuuden osa-alueita. Puolustusteollisuuden osalta korostetaan myös yhteistyön merkitystä niin kahdenvälisessä yhteistyössä kuin myös EU:n ja NATO:n kanssa toteutettava yhteistyö. (*Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista*, 2018)

Nammo Vihtavuoren toimitusjohtaja nostaa yhdeksi huoltovarmuuden konkreettiseksi tekijäksi uuden nallitehtaan, joka sinänsä parantaa koko pohjoismaiden huoltovarmuutta (Yle Uutiset, 2023b). Huoltovarmuus ei siis ole suoranaisesti liitoksissa pelkästään tarkasteltavaan valtioon, vaan esimerkiksi pohjoismaat tekevät yhteistyötä huoltovarmuuden suhteen. Varautumisen käytännön toteutus ampumatarvikkeiden osalta ovat varmuusvarastot. Huoltovarmuudella varmistetaan niiden ylläpito, niin normaalioloissa kuin myös kriisiaikana.

Huoltovarmuuden tulevaisuutta Uusipaavalniemi (2016) arvioi yhdistelmäksi kansallisia ja kansainvälisiä resursseja, jolloin ei lukkiuduta täyteen omavaraisuuteen, eikä täysin ulkopuolisiin resursseihin. Sotilaallisessa huoltovarmuudessa kansainvälinen yhteistyö ja toimitusketjut nähdään keskeisenä osana kokonaisuutta. Sotilaallisessa huoltovarmuudessa puolustusteollisuuden ja -markkinan toiminta sekä kehittyminen vaikuttavat huoltovarmuuden tarpeiden muutosten lisäksi, joka lisää tasapainoilun ja ennakkoinnin tarvetta huoltovarmuuden suunnittelussa. (Uusipaavalniemi, 2016)

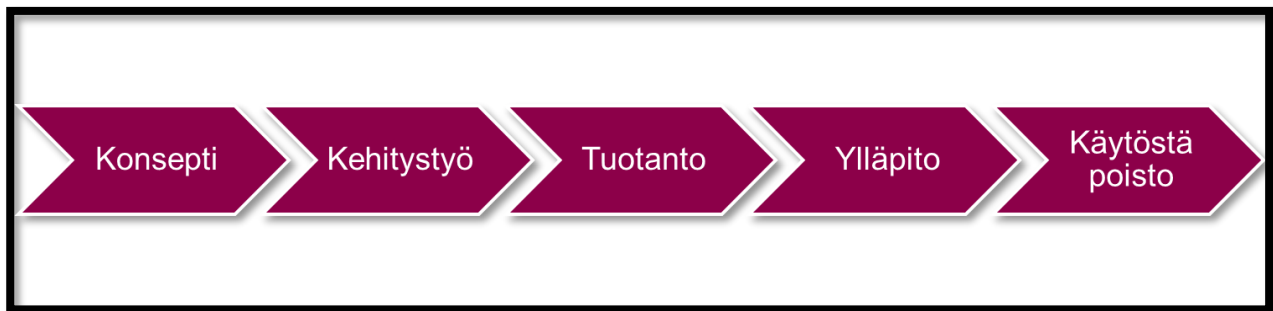
Ampumatarvikkeiden osalta varautuminen ja huoltovarmuus liittyvät varastojen varmuustasojen sekä toimitusketjujen hallintaan, joiden avulla kyetään ylläpitämään siedettävä riski varautumistoiminnassa. Toimitusketjut sisältävät niin omassa hallinnassa olevan kotimaan tuotannon, mahdolliset yhteistyösopuolten kontribuutio tai apu kriisitilanteessa sekä ulkomaisten tuotevalmistajien kanssa tehtävät hankintasopimukset. Hankinnoissa täytyy huomioida vaikutukset kokonaisuuteen huoltovarmuuden osalta, esimerkiksi uuden ammustyyppin hankinnan yhteydessä täytyy arvioida myös kyseisen elementin saatavuutta ja toimitusketjuja tulevaisuudessa.

Sotataloudella voidaan tarkoittaa toimenpiteiden joukkoa, joilla pyritään hankkimaan ja ylläpitämään puolustusvoimien materiaalista valmiutta kaikissa tilanteissa. Sotatalous rakentuu koko yhteiskunnan resursseista, ei pelkästään asevoimien toteuttamista toimenpiteistä. Sotataloudella toteutetaan huoltovarmuutta käytännössä, ja se on oleellinen osa sen toteuttamista. (Sotataloudellinen Seura, 2011)

3.2 Elinkaariajattelu

3.2.1 Elinkaari ja elinjakso

Elinkaari voidaan määritellä usealla eri tavalla ja terminä sen käyttö on kirjavaa. Elinkaari ja elinjakso nähdään usein tarkoittavan samaa asiaa, mikä saattaa sekoittaa termien käyttöä entisestään, jolloin määrittely on tarpeen. Kortelainen et al. (2021) määrittää elinkaaren koskemaan tuotetta tai tuotesukupolvea sen kaupallisen eliniän kautta, jolloin elinkaari alkaa tuotteen kaupallisen eliniän alussa, ja päättyy tuotteen poistuessa markkinoilta, eli valmistaja ei tue enää tuotetta. Elinjaksoksi määritellään tuotteelle tunnistettavat elinjakson vaiheet, jotka on myös esitetty kuvassa 18 alla elinkaaren vaiheina. Elinkaari voi siis päättyä, vaikka tuotteen elinjakso vielä jatkuisi käyttäjän hallussa. (Kortelainen *et al.*, 2021, pp. 18–19) On siis tunnistettavissa näkemys, joka riippuu, tarkastellaanko tuotetta valmistajan vai käyttäjän tai haltijan näkökulmasta.



Kuva 18: Tuotteen elinkaaren vaiheet yleisesti. Mukailtu (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2018, p. 15).

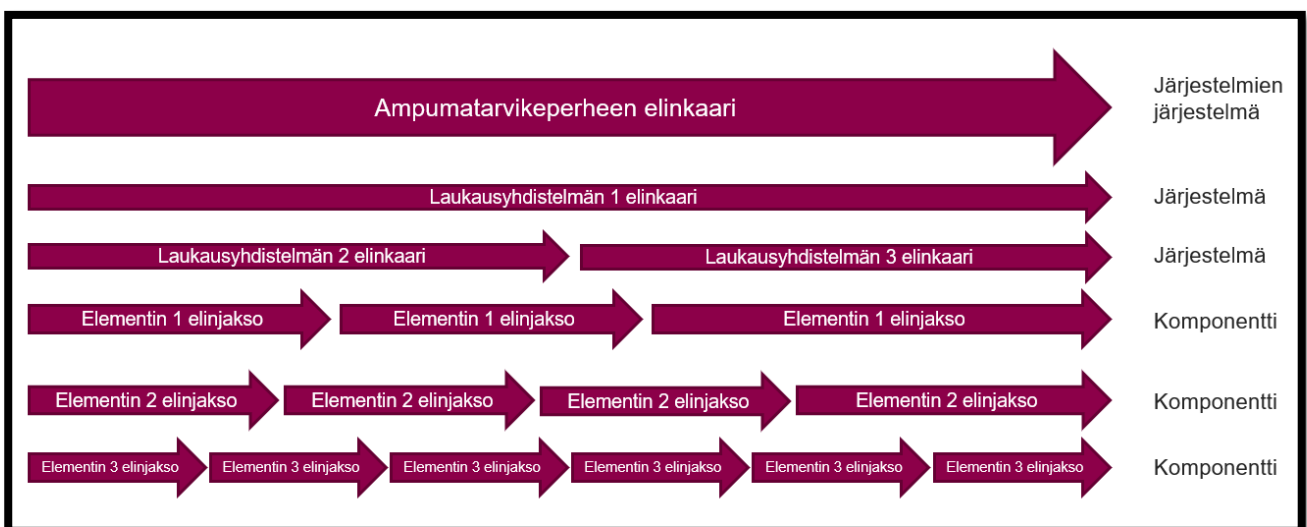
Grieves (2011) mieltää elinkaaren tuotteen käyttäjän näkökulmasta kestävän hankinnasta aina sen käytöstä poistamiseen, ja edelleen laajentaa elinkaariajattelun termiä teknistä taloudelliseen ideologiaan, jossa pyritään huomioimaan koko tuotteen elinkaari tapahtumiin. Elinkaariajattelu on siis laajempi käsite, jonka läsnäolo koko yrityksen toiminnassa ja prosesseissa edistää kokonaisvaltaista ymmärrystä koko elinkaaresta ja sen vaiheista. (Grieves, 2011). Yleinen ajattelu elinkaaresta on kuitenkin ”kehdosta-hautaan” (eng. from cradle to grave), joka kuvaa termin kokonaisvaltaisuutta.

Woodward (1997) taasen erottelee elinkaaren tai elinjakson pituutta näkökulman mukaan eri tavoilla. Pituus voidaan määritellä tuotteen fyysisen käyttöiän mukaan, eli kuinka kauan tuote on käytössä, joskin fyysistä käyttöikää voidaan jatkaa korjauksilla tai osavaihtoilla. Toiminnallinen elinkaari on yhtä pitkä, kuin tuotteelle on olemassa tarve. Teknologinen elinkaari taasen viittaa tuotteen toteutustavan teknologiaan ja sen kypsytyteen. Taloudellinen elinkaari on myös yksi vaihtoehto, jolla mitataan kaupallisen saavutettavuuden sijaan loppukäyttäjän näkökulmasta taloudellisuutta. Tällä viitataan siihen elinkaareen, jolloin tuotteen käyttö on kokonaisuudessaan taloudellista, eikä sitä kannata korvata uudella tuotteella. Vaikka uusia kehittyneempiä tuotteita olisikin saatavilla, ei niihin siirtyminen ole välttämättä taloudellisesti kannattavaa, jolloin voidaan todeta olemassa olevalla tuotteella olevan jäljellä taloudellista elinkaarta. (Woodward, 1997; Suomala, 2004, pp. 130–134)

Erilaiset elinkaaren pituuden määritelmät soveltuvat myös ampumatarvikeperheelle tai yksittäiselle elementille, kyse on enemmänkin siitä, miltä kannalta ja kuka asiaa tarkastelee. Toisaalta vaikutusta on myös sillä, tarkastellaanko ampumatarvikeperheen, laukausyhdistelmän vai elementin elinkaarta, vaikkakin kaikkia yhdistää tarve kohteen olemassaoloon. Ampumatarvikeperheen tasolla (järjestelmien järjestelmä) tarve ja taloudellisuus ohjaavat

toimintaa, jolloin niiden käyttäminen elinkaaren pituuden näkökulmana olisi kannatettavaa. Laukausyhdistelmän tasolla (järjestelmä) voisi taas käyttää teknologista elinkaarta, mutta vaadittu suorituskyky ja sen mahdollistamat resurssit ajavat teknologisen kehityksen yli laukausyhdistelmän toteutustapaa valittaessa. Elementin (komponentti) kohdalla, joilla varsinainen laukausyhdistelmän tuottama suorituskyky toteutetaan käytännössä, korostuu fyysinen elinkaari.

Kuvan 19 elinkaaren yleisiin vaiheisiin sitoen tämä tutkimus keskittyy ylläpitovaiheeseen, jonka tarkoituksena on ylläpitää halutun suorituskyvyn kyvykkyyttä elementtien muodossa niiden hyödyllisen käyttöajan ajan. Ylläpitovaihe alkaa käyttöönotosta ja se sisältää kaikki ylläpitoa varten toteutettavat toimenpiteet henkilöstön koulutuksesta aina kunnonvalvontaan. (Kortelainen *et al.*, 2021, p. 24) Ylläpitovaihe on ampumatarvikeperheellä pitkä, ja se voi sisältää parantamisen vaiheita, jolloin esimerkiksi laukausyhdistelmien toteutusta kehitetään paremman suorituskyvyn saavuttamiseksi korvaamalla elementtejä uudemmilla tai erityyppisillä elementeillä. Parantamisella tavoitellaan suorituskyvyn parantamista käyttövaiheen aikana (Kortelainen *et al.*, 2021, p. 24).



Kuva 19: Ampumatarvikeperheen elinjaksoajattelun havainnekuva.

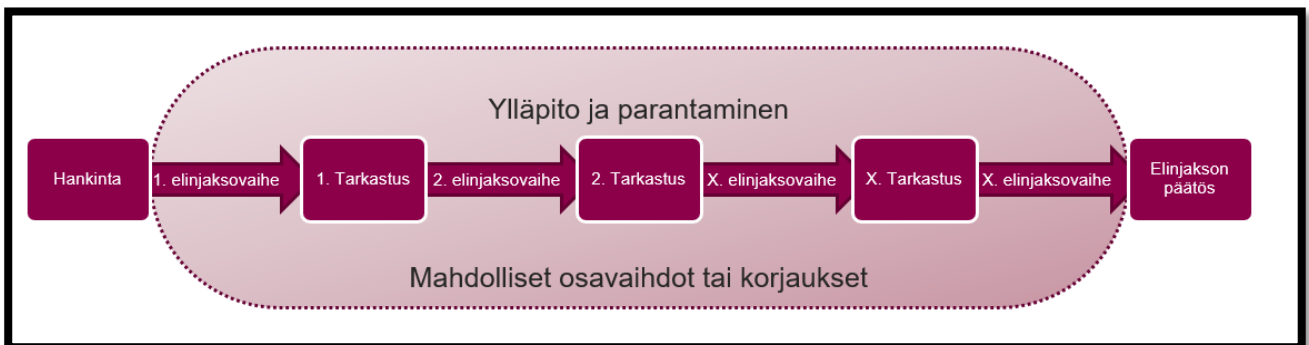
Tässä tutkimuksessa käytettävä määrittely elinkaaresta, elinjaksoista sekä järjestelmäsuunnittelun mukainen jaottelu on havainnollistettu kuvassa 19 yllä. Ampumatarvikeperheellä voidaan nähdä olevan elinkaari, jolloin elinkaari alkaa sen tarpeen toteamisesta ja konseptoinnista. Ampumatarvikeperhe voidaan konseptoinnin perusteella kehittää ja tuot-

taa, jolloin sen voidaan todeta olevan tutkimuksen viitekehyyksessä tuotantovaiheessa. Ampumatarvikeperheen elinkaari päättyisi siihen, kun sen olemassaololle ei ole enää perusteita, jolloin tarve sen käyttöön on poistunut.

Ampumatarvikeperhe voidaan määritellä myös järjestelmien järjestelmäksi, sillä se sisältää laukausyhdistelmiä, jotka voidaan määritellä omiksi järjestelmikseen, joilla myös on elinkaari. Sekä ampumatarvikeperhettä että laukausyhdistelmiä sen sisällä yhdistää niiden omisteisuus suorituskykyvastuullisen taholta, jolloin kummatkin ovat suorituskykyvastuullisen valmistamia järjestelmiä, vaikkei niiden komponentteja itse valmistettaisikaan.

Laukasyhdistelmän olemassaolon tarve on jonkin suorituskyvyn saavuttaminen, esimerkiksi sirpalevaikutuksen tai panssarintorjunnan aikaansaaminen. Tämä ei vielä määritä millä ratkaisulla suorituskyky tuotetaan, ja suorituskyvyn käytännön toteutusta ilmentää hankittu laukausyhdistelmä. Laukasyhdistelmä noudattelee siis kuvan 19 jaksoja, jolloin suorituskykyvastuullinen määrittelee tarpeen, jonka mukaisesti laukausyhdistelmän tuottama suorituskykyä ylläpidetään. Sama suorituskyky voidaan tuottaa erilaisilla laukausyhdistelmillä, jolloin ampumatarvikeperheen sisällä eri laukausyhdistelmien elinkaaren voivat päättyä, mikäli laukausyhdistelmä korvataan toisella. Tätä kuvataan laukausyhdistelmän 2 ja 3 kohdalla, jolloin esimerkiksi panssarintorjuntakyvyn tuottaman laukausyhdistelmän elementit vaihtuvat uudempiin, jolloin laukausyhdistelmän 2 elinkaari päättyy, ja laukausyhdistelmän 3 elinkaari alkaa. Huomion arvoista on, että elinkaaret voivat myös limittyä, eikä niiden päättyminen ja loppuminen ole täysin riippuvaista toisen elinkaaresta.

Käytettävän elinjaksomallin valinta on aina riippuvainen kohteesta, ja -mallin tarkkuus määräytyy kohteen ominaisuuksien mukaan (Kortelainen *et al.*, 2021, p. 31). Ampumatarvikeperheen käytännössä muodostavat elementit mielletään järjestelmien komponenteiksi, joilla taasen on vaiheista koostuva elinjakso. Suorituskykyvastuullinen ei ole itse keksinyt elementtiä, vaan käyttää niitä osaksi omaa järjestelmäänsä.



Kuva 20: Ampumatarvike-elementin elinjaksomalli.

Elementin elinjaksomalli on esitetty kuvassa 20. Elinjakso mielletään alkavaksi siitä, kun elementti saapuu käyttäjän haltuun. Elinjakson hallinnan toimenpitein elementille suoritetaan kunnonvalvontatarkastuksia, jotka päättävät käytännössä yhden elinjakson vaiheen. Tarkastuksen perusteella elinjaksoa joko jatketaan tai se päätetään, jolloin kunnonvalvonta määrittää elementit todellisen elinjakson pituuden. Ylläpitovaiheen aikana elementtien suorituskykyä voidaan myös parantaa, esimerkiksi kuorma-ammuksiin tai elektronisiinsoittimiin voidaan toteuttaa osavaihtoja, jotka joko pidentävät koko elementin elinikää tai parantavat sen suorituskykyä. Elinjakso päättyy, kun elementti hylätään, eli tuhotaan, tai se käytetään ampumatoimintaan.

3.2.2 Elinkaaren hallinta

Elinkaaren hallinnalle on useita eri määritelmiä, mutta sen voidaan katsoa tarkoittavan tuotteen tai tuoteperheen järjestelmällistä ja kokonaisvaltaista ylläpitoa koko sen elinkaaren ajan. Elinkaaren hallintaan liittyy olennaisena osana tuotteen informaatio, joka ilmenee esimerkiksi dokumentoituna käyttäytymistietona, ja informaation ylläpito. Samoin kuin järjestelmäajattelu, elinkaaren hallinta on kokonaisvaltaista, jossa pyritään huomioimaan kokonaisvaltaisesti kohteeseen vaikuttavat tekijät, niin materiaaliset kuin immateriaaliset. (Saaksvuori, 2008; Stark, 2015) Grieves (2011) mieltää elinkaaren hallinnan tuotteen näkökulmasta integroituneeksi tietämystavaksi lähestymistavaksi, joka käsittää ihmiset, prosessit ja teknologian koko tuotteen elinkaaren ajan eri ympäristöissä (Grieves, 2011, p. 229).

Elinkaaren hallinnalla tavoitellaan parasta mahdollista suorituskykyä koko elinkaaren ajan optimoimalla elinjaksoja sen sisällä, samalla minimoimalla vaikutukset ympäristölle (Stark, 2015, p. 12).

Elinkaaren hallinta sisältää erilaisia prosesseja, joita standardi ISO/IEC 15288 määrittelee neljään pääprosessiin 1. sopimusprosessit 2. organisaation tukiprosessit 3. projektiprosessit ja 4. tekniset prosessit. Prosessit tukevat elinkaaren hallintaa ja ne edesauttavat sidosryhmien välistä toimintaa. (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2015) Prosessien todetaan olevan olennainen osa elinkaaren hallintaa, mutta eivät ole tämän tutkimuksen keskiössä, joten niiden tarkempi käsittely rajataan ulkopuolelle.

Grieves (2011) mieltää elinkaaren hallinnan sekä järjestelmäsuunnittelun liitospinnat tunnistetuiksi, muttei riittävästi hyödynnetyiksi, ja korostaa näiden hyötymistä toisistaan. Järjestelmäsuunnittelu (eng. Systems engineering) mieltää järjestelmät useamman kuin yhden osan kokonaisuuksiksi, jossa osien välillä on vuorovaikutusta. Tätä voidaan kutsua myös

systemiksi. Järjestelmä voi koostua alajärjestelmistä, jotka edelleen koostuvat komponenteista. Järjestelmän osien ja vuorovaikutuksien tunnistaminen auttaa hahmottamaan koko järjestelmää ja sen toimintaa paremmin, ja tähän järjestelmäsuunnittelu pyrkii vastaamaan. (Grieves, 2011)

Elinkaaren hallinta ja järjestelmäsuunnittelu ovat itsessään erilaisia, mutta kummankin tavoitteena voidaan nähdä kokonaisvaltainen lähestymistapa sekä edellytys kokonaisuuden hahmottamisesta sen hallitsemiseksi. Kortelainen et al. (2021) tunnistaa tietämyksen laajemmaksi kokonaisuudeksi kuin pelkän tiedon, jolloin pelkkää tietoa kyetään tulkitsemaan, jalostamaan tai ymmärtämään tietämykseksi. Tieto ja tietämys ovat perusedellytys elinkaaren hallintaan sen kaikissa vaiheissa, oli kyse elinkaaren hallinnasta tai järjestelmäsuunnittelusta. (Grieves, 2011; Kortelainen *et al.*, 2021)

Epävarmuus on väistämättä läsnä koko elinkaaren ajan, jolloin epävarmuuksia täytyy kyetä ennakoimaan ja niihin varautumaan, mihin elinkaaren hallinta on yksi vastaus (Suomala, 2004, p. 131). Epävarmuus esimerkiksi syntyvistä kustannuksista kuitenkin pienenee ajan myötä, kun tietämys kasvaa, ja tätä voidaan tukea tehokkaalla tiedonhallinnalla ja sen hyödyntämisellä.

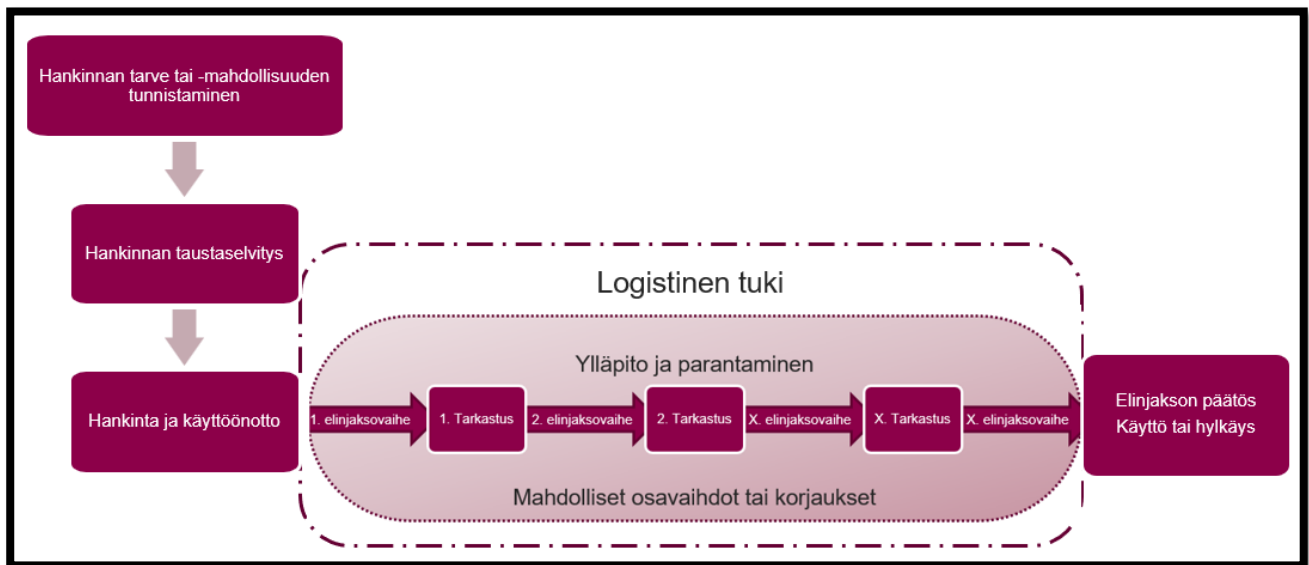
Elinkaaren hallinta on riippuvaista tiedosta, jonka avulla kohteen elinkaarta kyetään hallitsemaan konkreettisin toimenpitein. Tämä johtaa suunnitelmallisuuteen, jolloin kerätyn tietämyksen perusteella kyetään suunnittelemaan elinkaarta tulevaisuuteen. Suunnitelmallisuuden apuna voidaan käyttää erilaisia ohjelmistoja, joihin tuotetta tai tuoteperhettä voidaan mallintaa. Erilaisten mallien avulla voidaan kuvata tiedon sidonnaisuuksia ja riippuvuussuhteita eri vaiheissa (Saaksvuori, 2008). Ohjelmat tai ohjelmistot ovat yksi työkalu elinkaaren hallinnassa suunnittelun sekä seurannan muodossa.

Nykypäivän ohjelmistot keskittyvät enemmän tuotetiedon hallintaan kuin koko tuotteen elinkaaren hallintaan. Ohjelmat yksin eivät kuitenkaan hallitse elinkaarta, vaan ovat tukivälineenä kehittyvälle elinkaaren hallinnalle, jolloin ohjelmienkin tulee kehittyä eikä niiden pelkkä käyttöönotto riitä tosiasialliseen elinkaaren hallinnan tukemiseen. (Grieves, 2011)

Elinkaaren hallinta edellyttää suunnitelmallisuutta, vaikkei se olekaan yksin tulevaisuuden ennustamista. Suunnittelu mahdollistaa hallinnan toimenpiteet, ja valmius reagoida tiedon perusteella muuttuviin tilanteisiin mahdollistaa joustavuuden käytännön toimenpiteissä.

3.2.3 Käyttöomaisuuden hallinta osana elinkaaren hallintaa

Käyttöomaisuus sisältää terminä useita eri kokonaisuuksia, sillä sen alle voidaan lukea niin fyysinen omaisuus kuin myös immateriaalinen omaisuus kuten henkilöstö tai tieto. Käyttöomaisuuden hallinta yhdistelee teknistä- sekä taloudellista osa-aluetta, ja sen tavoitteena on niiden menestyksekkäs yhdisteleminen halutun tavoitteen tehokkaaseen saavuttamiseen. (Hastings, 2021, pp. 34–36)



Kuva 21: Elinjakso käyttöomaisuuden hallinnan näkökulmasta. (Hastings, 2021, p. 39)

Kuvassa 21 on esitetty elementin elinjakso käyttöomaisuuden hallinnan näkökulmasta, jossa havaitaan käyttöomaisuuden hallinnan taloudellisen näkökulman vaikutus elinjaksoon hankinnan ja sen suunnittelun muodossa. Tekninen osa-alue on edelleen merkittävässä osassa, mutta taloudellinen toiminta ja reunaehdot mahdollistavat teknisen toteutuksen.

Käyttöomaisuuden kaksi tärkeätä taloudellisen puolen mittaria ovat CAPEX (eng. Capital Expenses), joka ilmaisee käyttöomaisuuden parantamiseen tai kehittämiseen liittyviä investointeja, ja OPEX (eng. Operational Expenses), joka taasen ilmaisee jatkuvia käyttökuluja omaisuuden hallinnassa. Kummatkin liittyvät elinkaarikustannuksiin, mutta käyttöomaisuuden hallinnassa näillä voidaan hahmottaa paremmin painotuksia ja määrärahojen käyttöä, jolloin niillä on suora linkitys budjetointiin. (Hastings, 2021, p. 36) CAPEX:n kasvatuksella pitää siis olla pyrkimys jonkin suorituskyvyn osa-alueen parantamiseen, jolloin niiden esittäminen pitää pystyä perustelemaan. CAPEX:n yksi käyttötavoite voi olla myös OPEX:n

pienentäminen, esimerkiksi investoimalla parempiin varastotiloihin voidaan käyttökustannuksia pienentää pidemmän varastointikestävyyden muodossa. Toisaalta ampumatarvikkeiden osalta CAPEX:n kasvaminen voi liittyä myös paremman suorituskyvyn hankkimiseen uusien elementtien muodossa, jolloin vaikutukset OPEX:n voivat olla kasvavia, mutta toisaalta saavutetaan parempi suorituskyky.

Tutkimuksessa keskitytään fyysisen ja reaalisen käyttöomaisuuden hallintaan ampumatarvikeperheen ja sen varastoinnin muodossa, mikä kuuluu järjestelmävastuullisen tehtäviin. Järjestelmävastuullinen vastaa fyysisen omaisuuden elinjaksojen hallinnasta ja -optimoinnista, jotka tehtävinä kuuluvat suoraan käyttöomaisuuden hallinnan piiriin. Elinjaksojen hallinnan voidaan nähdä kuuluvan osaksi suurempaa kokonaisuutta, käyttöomaisuuden hallintaa. Elinkaaren hallintaa toteutetaan osaltaan käyttöomaisuuden hallinnan keinoin, ja käyttöomaisuuden hallinnan rooli onkin koko yritystoiminnan tukielementti (Hastings, 2021, p. 38).

Samoin järjestelmävastuullisen rooli on tukeva, järjestelmävastuullinen tukee suorituskykyvastuullista omalla työpanoksellaan. Vaikka resurssien allokointi ei ole järjestelmävastuullisen päätäntävällän alainen, on taloudellisen näkökulman reunaehtojen tunnistaminen merkittävä osa järjestelmävastuullisen toimenkuvaa. Koska järjestelmävastuullinen vastaa tutkimuksen tapauksessa ampumatarvikeperheen elinjaksojen hallinnasta, on täten järjestelmävastuullisen tehtävänä myös huolehtia riittävien täydennys Hankintojen esittämisestä, jotta haluttu suorituskyky voidaan ylläpitää.

3.2.4 Ampumatarvikeperheen tuotetiedon hallinta

Logistiikassa jäljitettävyys viittaa kykyyn seurata ja tunnistaa tuotteet sekä niihin liittyvät tiedot koko toimitusketjun ajan (Morana and Morana, 2018, pp. 131–132). Kyse on siis historiatiedosta missä ja miten tuote on liikkunut toimitusketjun läpi. Vuonna 1994 toteutettu tutkimus osoitti suuren osan insinöörien työpanoksesta kohdistuvan muualle kuin itse insinööriyöhön. Tutkimuksen mukaan noin 30 prosenttia työajasta kulutettiin erilaisiin työtehtäviin informaation käsittelyyn liittyen, sisältäen tiedon etsintää, jakamista tai ylläpitoa. (Saaksvuori, 2008, p. 94) Tietoa hallinnan apuvälineenä käytetään tyypillisesti jotain ERP (Enterprise Resource Planning) -järjestelmää, josta SAP- ohjelmisto (Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung) on yksi esimerkki. Järjestelmä mahdollistaa tiedon kirjaamisen ja säilytyksen, sekä tiedon eheyden säilymisen. Ohjelmisto asettaa omia vaatimuksiaan tiedon muodolle tai sen jäsentelylle.

Tuotetiedon hallinta on yksi elinkaaren hallinnan oleellinen osa, ja se on mahdollistava tekijä hallinnan käytännön toteutuksessa. Terminä tuotetiedon hallinta sisältää sekä toimintatavat esimerkiksi tiedon keräämiseksi että kerätyn tiedon hallinnan. Vaikka tuotetiedon hallinta on yleensä ottaen liittynyt vahvimmin tuotteiden kehityksen ja -rakenteiden tietoon, on tapahtunut siirtymistä kohti koko elinkaaren kattavaan käsittelyyn. (Kortelainen *et al.*, 2021, pp. 26–27)

Kerätty tieto on luonteensa mukaisesti joko staattista tai dynaamista, staattisen ollessa ampumatarvikkeiden tapauksessa elementtityyppiä koskevaa yleistä tietoa ja dynaaminen taas on käytön myötä kerättyä tietoa esimerkiksi varastointikestävyydestä tai luotettavuudesta. Kerätyn tiedon avulla voidaan esimerkiksi kunnonvalvontaa tehostaa, jolloin edesautetaan myös elinkaaren hallintaa. (Kortelainen *et al.*, 2021, pp. 131–134)

Ampumatarvikkeiden osalta tiedon hallinta on oleellista. Luvussa 2.4 esiteltiin ampumatarvikkeisiin liittyviä tuotetietoja, jotka koskevat nimenomaan tuotetta. Näiden lisäksi tuotekohtaista tietoa on esimerkiksi elementtityypin luotettavuustieto tai varastointiluokkien vaikutukset eri elementtityypeille. Näitä hyödyntämällä ja jalostamalla on mahdollista kehittää tuotetiedon hallinnalla myös elinkaaren hallintaa käytännössä.

3.2.5 Ampumatarvikkeiden kustannukset ja elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannukset, eli LCC (eng. Life Cycle Cost) käsittävät kaikki tuotteen elinkaaren aikana aiheuttamat kustannukset. Elinkaarikustannuslaskennan tarkoituksena on tukea kustannuslaskennalla elinkaaren hallintaa, jolloin eri tekijöistä syntyviä kustannuksia kyetään ennakoimaan ja arvioimaan. Tämä käsittää sekä välilliset että välittömät kustannukset. (Kortelainen *et al.*, 2021, pp. 42–43) LCC on siis työkalu, jolla kustannuksia pyritään laskemaan jo ennen niiden syntymistä, ja näin edesauttaa elinkaaren hallinnan suunnittelua. LCC:lla voidaan esimerkiksi vertailla eri toimintavaihtoehtojen kustannusvaikutuksia, tai selvittää korvaavien investointien vaikuttavuutta ja kustannuksia. (Kortelainen *et al.*, 2021, pp. 42–43)

Elinkaarikustannuksista suurin osa syntyy vasta hankinnan tai oston jälkeen, etenkin puhuttaessa pitkäikäisistä tuotteista. Oleellinen osa elinkaarikustannuslaskentaa on tulevien kustannusten ennakointi ja laskeminen, mikä tuottaa perusteita tulevaisuuden päätöksentekoon. Ydintavoite on optimoida kustannukset tunnistamalla ja analysoimalla niiden syntyperusteita omistamisen aikana. (Woodward, 1997) Yksi keino kustannusten analysointiin on jakaminen kustannuksia eri toimintojen kautta, jolloin tässä tutkimuksessa voidaan tunnistaa esimerkiksi elementtityyppi- tai eräkustannuksia. (Vierros, 2009)

Vertasen (2019) mukaan elinkaarikustannuslaskennassa voi esiintyä konflikteja pitkän- ja lyhyen aikavälin intresseissä (Vertanen, 2019, pp. 86–87). Ampumatarvikeperheessä erilaisia kustannuksia syntyy eri elementeillä ja erillä niiden eri elinjakovaiheissa, jolloin kokonaisuuden kustannukset saattavat ajallisesti olla hyvinkin eri suuruisia eri vuosina. Tämä aiheuttaa kustannuksiin vuosittaista vaihtelua, joka täytyy huomioida LCC:n keinoin sekä suunnittelussa ja budjetoinnissa.

Vaikka ampumatarvikkeiden osalta yksittäinen elementti onkin kertakäyttöinen, niiden välttämätön varastointi asettaa elinkaarikustannukset suorituskyvyn ylläpitovaiheessa merkittävään asiaan. Vaikka hankintakustannukset ovat merkittäviä myös ampumatarvikkeilla, niiden jopa vuosikymmeniä kestävä varastointi ja ylläpito aiheuttaa suurimman osan kustannuksista. Ampumatarvikeperheen on osa puolustusbudjetointia, jolloin niiden kustannukset ovat erittäin merkittävässä asemassa elinkaaren hallinnassa. Valtiollisen omistajan budjetointi antaa resurssit koko valtion asevoimien ylläpitoon, ja ampumatarvikkeet ovat vain yksi osa siitä. Resurssit kuitenkin määrittelevät hyvin paljon ampumatarvikkeiden ylläpitoa ja etenkin lukumäärää. Lisäksi tähän liittyy kiinteästi päätökset omistajan ohjauksessa. On tietoinen valinta esimerkiksi varmuustasoista ja niiden säätelystä suhteessa käytettäviin resursseihin, kuten todettua, ampumatarvikkeiden varastoinnista on haastavaa päästä eroon realistisesti.

Elinkaarikustannukset ovat merkittävä osa elinkaaren hallintaa puolustustarvikkeissa, sillä niiden omistaminen on usein kestoaltaan pitkäaikaista. Tutkimuksen kohteena oleva ampumatarvikeperhe omistetaan kokonaisuutena vuosikymmeniä. Pelkästään hankinnan kustannuksen arviointi ei riitä, sillä merkittävä osa kustannuksista syntyy ampumatarvikkeiden omistamisesta. Omistaminen sisältää varastointia, tarkastuksia, elementtien kuljetuksia ja viimeisimpänä joko käytön tai luopumisen. Ampumatarvikkeiden erityispiirteistä johtuen varastointi itsessään aiheuttaa kustannuksia niin määrän kuin laadun osalta, ja erilaiset varastointijärjestelyt vaativat perinteisiä varastokatoksia parempia varastointiolosuhteita. Ampumatarvikkeiden käyttö aiheuttaa kustannuksia esimerkiksi henkilöstön palkkakuluina tai aseiden kulumisena, mutta tällöin käytöstä seuraa myös saavutettavaa hyötyarvoa harjoittelun muodossa. Ampumatarvikkeista luopuminen taas aiheuttaa kustannuksia vailla muuta hyötyarvoa, kuin kalliista elementistä eroon pääsyn. Luopumisen kustannuksia aiheuttavat ampumatarvikkeiden kuljetukset ja hävittämisen toimenpiteet, ja tässäkin osaluueessa ampumatarvikkeiden erityispiirteet estävät kustannustehokkaat toimintatavat, sillä kyse on räjähteistä. Elementtierillä kustannusvaikutusta voidaan arvioida esimerkiksi erän hylkäämisen tai kunnossapidon ja elinjakson jatkon välillä.

Ampumatarvikeperheen arvon määrittäminen

Ampumatarvikkeet ovat osa puolustusbudjetointia, jonka yleispiirteenä on haastava arvon määrittely tai mittaaminen. Budjetointi sisältää aina jonkin tavoitteen ja yleensä sen toteutumista mitataan jollain mittarilla, sillä määrärahan käytöllä odotetaan saavutettavan jotain vastinetta. Puolustusbudjetoinnin mittaaminen on haasteellista, sillä siitä saavutettava arvo ja vastine on käytännössä valtion turvallisuus. (Smith, 2018, pp. 280–281) Ongelmalliseksi tilanteen tekee se, että asevoimat ovat olemassa kriisitilanteiden tai sodan varalle ja puolustusbudjetoinnin ydintehtävä on mahdollistaa puolustuksen toteutus päätettyjen tavoitteiden mukaan. Mikäli tavoite on mahdollisimman hyvä puolustuskyky, ei valtiota vastaan ikinä hyökätä sen vahvojen asevoimien vuoksi. Näin ollen parhaita asevoimia ei ikinä jouduttaisi käyttämään, jolloin asevoimiin käytettävästä määrärahasta konkreettinen vastine tai hyöty on erittäin haastava määrittellä tai mitata toteutuneena arvona.

Yksi tapa mitata ampumatarvikeperheen arvoa on sen mahdollistama suorituskky. Tätä voidaan mitata esimerkiksi kykynä vaikuttaa panssaroiuihin kohteisiin kuorma-ammuk-silla, ja edelleen kyvyn määrää voidaan mitata varastossa olevien ammusten määrään suhteuttaen. Arvon määrittely on kuitenkin aina riippuvainen arvottavasta tahosta, eli valtiosta, puolustusorganisaatiosta ja niiden puolustuksen tavoitteista sekä toteutustavoista.

Vertanen (2019) toteaa diplomityössään puolustusjärjestelmien osalta perinteisen investointilaskennan käytön haasteelliseksi, koska puolustusjärjestelmien osalta keskeistä on saavutettava suorituskky. Kustannuksia voidaan arvioida myös puolustusjärjestelmien osalta, mutta suorituskvyn erilaiset näkemykset voivat hämärtää sen arvon määrittämistä. (Vertanen, 2019, p. 85)

Karkeasti ampumatarvikeperheen arvon mittareina voitaisiin käyttää seuraavia:

1. ampumatarvikkeiden määrää, mitä enemmän ampumatarvikkeita, sitä enemmän myös suorituskkyä ja arvoa.
2. ampumatarvikkeiden tyyppiä, jolloin tehokkaammat ampumatarvikkeet ovat suhteessa arvokkaampia kuin tehottomammat.
3. Varaston tarkoituksen kautta voidaan arvottaa esimerkiksi varmuusvarastoja korkeammalle kuin käyttöön tarkoitettuja varastoja.
4. Nykymarkkinan avulla voidaan verrata nykyistä varastoa siihen, miten markkina arvostaa nykyistä ampumatarvikeperhettä. Toisaalta tällä ei ole merkitystä saavutettavan suorituskvyn kannalta.

Lopulta puolustusbudjetoinnin tavoite on saavuttaa mahdollisimman paljon tavoitteen saavuttamiseksi tarvittavaa suorituskykyä mahdollisimman edullisesti, eli kustannustehokkaasti. Täten suorituskyky on tärkeämpi arviointitekijä kuin kustannukset, eli haluttu suorituskyky ylläpidetään kustannuksista säästämättä. Täten ampumatarvikeperheen arvo muodostuu sen mahdollistaman suorituskyvyn muodossa, mutta suorituskyvyn ylläpitoon käytettäviä kustannuksia on mahdollista käyttää optimaalisemmin, jolloin lopulta saavutetaan enemmän suorituskykyä.

Ampumatarvikkeiden hintoja on haastava määrittää, sillä jokainen tilaussopimus on aina erilainen, ja sopimusten hinnat vaihtelevat. Tilaushintoihin tai sopimusten arvoihin vaikuttaa myös tilausajankohta, jolloin esimerkiksi 2000-luvun alussa tehdyt tilaukset eivät ole vertailukelpoisia enää vuoden 2022 tilauksiin, sillä ampumatarvikkeet tai niiden valmistustekniikat ovat kehityksessään eri vaiheissa. Tuotevalmistajat todennäköisesti määrittelevät hinnat aina tilaushetkellä sen hetkisen markkinatilanteen ja valmistuskapasiteetin puitteissa, ja lopullisiin hintoihin vaikuttaa yleisesti esimerkiksi tilatut lukumäärät. Kuten luvussa 2.6 todettiin, vuoden 2022 ja 2023 aikana tilauksia on yleisesti tehty huomattavasti enemmän kuin muutoin 2000-luvulla, jolloin kysynnän kasvun myötä myös tilaushinnat voidaan määrittää korkeammalle. Myös yleinen inflaatio vaikuttaa tilausten arvoihin. Ampumatarvikeperheen arvoa ei siis ole mielekästä mitata rahallisesti, vaan sen mahdollistaman suorituskyvyn muodossa. Rahallista arvoa taasen voidaan mitata paremmin sen ylläpidon kustannusten muodossa, joka sisältää myös elementtien hankinnat niin kokonaan uusien ampumatarvikkeiden kuin myös täydentävien hankintojen osalta.

3.3 Ampumatarvikkeiden logistiikka, hankinnat ja toimitusketjut

Logistiikka

Logistiikka on terminä monitahoinen ja sen määrittely on riippuvainen määrittelijästä. Sakki (1999) määrittelee logistiikan prosessiksi, joka koostuu useista tuotteen toimittamisen vaiheista, jolloin logistiikka voidaan nähdä toimitusketjuna. Toimitusketju ulottuu laajalle ja kokonaisuudessa prosessi sisältää niin tiedon kuin materiaalin käsittelyä. Toimitusketjun hallinta on myös osaltaan prosessin hallintaa, jossa erilaiset tunnusluvut ovat merkittävässä roolissa. Näiden avulla prosessin hallinta on huomattavasti tehokkaampaa. (Sakki, 1999, pp. 11–12). Logistiikka on siis muutakin kuin pelkästään materiaalin varastointia.

Sotilas- ja siviiliympäristöissä logistiikan peruselementit ovat yhtenäisiä, mutta eroavaisuuksia syntyy toiminnan tavoitteissa, jotka vaikuttavat esimerkiksi tunnuslukuihin ja niiden hyödyntämiseen. Valtiollinen toiminta ja maanpuolustus ovat erilaisia palvelun tuotannon näkökulmasta verrattuna voittoa tekevään yritykseen. Näin ollen suoria yhtäläisyyksiä tai yleistyksiä ei voida tehdä, sillä valtio ei suoranaisesti tavoittele voittoa valuutan muodossa, vaikka sen toiminta voikin tähdätä tehokkuuteen siinä missä yrityksenkin. Kuitenkin valtion maanpuolustuksen saralla voidaan tarkastella, miten yritysmaailmassa menestyviä toimintatapoja tai käyttöperiaatteita voidaan soveltaa, jolloin on mahdollista tehostaa omaa toimintaa. Toiminnan tehostaminen johtaa yleensä ottaen resurssien säästöön, joka maanpuolustuksessa tarkoittaisi määrärahojen riittämistä suuremman arvon saavuttamiseksi.

Ampumatarvikkeiden osalta logistiikan voidaan nähdä käsittävän toimenpiteet kunnossapitoon, varastointiin, hankintaan sekä kuljetuksiin.

Hankinnat

Ampumatarvikkeita voidaan hankkia eri tavoin, mutta yleensä hankinnat tapahtuvat suurimmissa erissä, jolloin yksikkökustannukset laskevat. Hankintoja tehdään yleisesti ottaen vain tarpeeseen perustuen, ja tarve määrittää hankinnan luonteen. Kyseessä voi olla uushankinta, jolloin hankintaan täysin uuden tyyppistä ampumatarvike-elementtiä, tai olemassa olevan ampumatarvikeperheen ylläpitoa täydentävillä hankinnoilla. On lopulta täysin tilaajasta riippuvaista, miten hankinnat käytännössä toteutetaan. Hankintojen sopimusten ehtoja voidaan soveltaa käytännössä lähes miten tahansa, mutta karkeasti täydentäviä hankintoja on esimerkiksi luontevaa toteuttaa sopimuskausittain, jolloin esimerkiksi tilataan joka toinen vuosi tietty määrä elementtejä. Tällaiset sopivat elementtityyppeihin, joita omistetaan paljon, ja joita myös kuluu jonkin verran. Erikoisampumatarvikkeita ei liene järkevää tilata jatkuvasti lisää, sillä niiden hankintahinnat ovat korkeita, jonka vuoksi niitä myös käytetään vähemmän. Näin ollen erikoisampumatarviketilausten voitaisiin katsoa olevan kertaluonteisia ja niiden tilausvälit ovat pidempiä.

Markkina vaikuttaa hankintoihin merkittävästi, mikä ohjaa hintoja tai elementtien saatavuutta. Saatavuuteen vaikuttaa myös valmistajien tuotantokapasiteetti, joka taasen ampumatarvikkeiden erikoisluonteen takia on hyvin riippuvainen vain muutamista asiakkaista. Täten myös luvussa 3.1.2 mainitut puolustuspolitiikan toteutuksen ratkaisut vaikuttavat siihen, onko esimerkiksi kotimaiselta toimittajalta välttämätöntä tilata joka vuosi jotain, jotta tämän valmistajan yritystoiminta mahdollistuu. Hankinnat linkittyvät olennaisesti toimitusketjuihin ja niiden hallintaan.

Hankintoja voidaan toteuttaa valtiokohtaisesti, mutta myös yhteishankinnat ovat vaihtoehto toteutukselle. Tällaisista esimerkkinä voidaan mainita NSPA, jonka tehtävä on mahdollistaa jäsenvaltioille yhteishankintoja aina lentokoneista polttoaineeseen. Liittoumattason hankinnoilla kyetään hankintojen volyymilla laskemaan yksikköhintoja merkittävästi, ja NSPA itsessään tarjoaa myös hankintojen lisäksi elinkaaren hallinnan välineitä tai palveluja. (NSPA, 2023)

Ampumatarvikkeiden tuotannolla on suuri merkitys niiden saatavuuteen ja edelleen hankintoihin, kuten todettiin luvussa 2.6. Puolustusvoimat uutisoi tuotannon nostosta ja ilmoittaa tuotannon uudelleenkäynnistämisestä, jonka vaikutus ulottuu pitkälle tulevaisuuteen (Yle Uutiset, 2023a). Hankintoja täytyy siis suunnitella, ja toimitusajat täytyy huomioida hankintaa tehdessä. Oikean toimitusajan määrittämiseen tulee huomioida sekä tarve että aikautus. Tätä voidaan tarkastella erikseen tilaus-toimitusprosessina. (Sakki, 1999, pp. 170–172) Ampumatarvikkeissa korostuu siis markkinan seuraaminen, ei pelkästään varaston tietyn tason seuranta. Otollisia tilausajankohtia täytyy kyetä hyödyntämään, ja näiden tunnistamisessa tietämyksen hyödyntäminen on oleellista.

Tarpeen hankinnoille muodostaa haluttu suorituskyky, ja sen käytännön toteutuksena ilmentyvät laukausyhdistelmät. Laukausyhdistelmiin tarvittavat elementit ovat hankinnoilla ylläpidettäviä osia.

Toimitusketjut

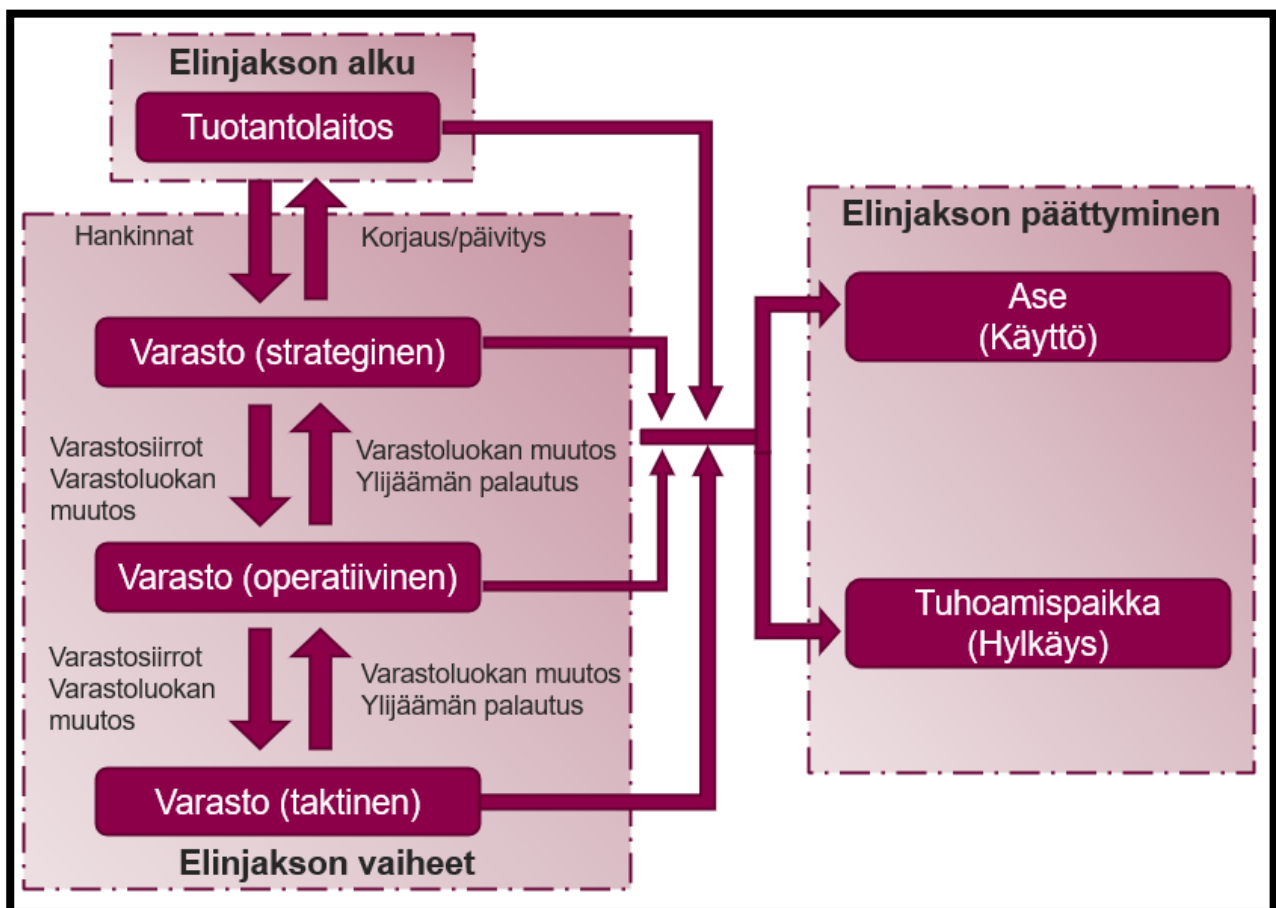
Toimitusketjut miellettiin alkuun vain toiminnan tehostamisena pienempien kustannusten muodossa, mutta viimeistään 2000-luvun alussa havahduttiin toimitusketjujen kokonaisuuden merkitykseen. Tässä toimitusketjulla voidaan luoda arvoa muutenkin kuin alhaisempien kustannusten muodossa. Toimitusketjut ovat nykyään monimutkaisia ja niillä on globaaleja mittasuhteita, ja niiden muodon määrittää aina tarve ja sen mahdollistavat päätökset. Toimitusketjujen hallinnassa voidaan nähdä kolmen tasoisia päätöksiä, joilla vaikutetaan käytännön toimintoihin kolmella eri aikahorisontilla. (Snyder and Shen, 2019, pp. 1–4)

Päätökset jaetaan niiden vaikuttavuuden mukaan, jolloin ampumatarvikkeiden suhteen lyhyen aikavälin päätöksiä ei juurikaan tehdä toimitusketjujen osalta. Kaikki ampumatarvikkeiden toimitusketjuihin liittyy osaltaan varautuminen tai huoltovarmuus, jolloin päätöksien vaikuttavuutta täytyy aina arvioida myös suuremmassa mittakaavassa.

Ampumatarvikkeiden osalta toimitusketjujen hallinta on ehdottoman tärkeää, jonka tavoitteena on estää tilanne, missä ampumatarvikkeita ei olisi saatavilla. Ukrainan presidentti

Zelensky totesi: *“I need ammunition, not a ride.”* (Keating, 2022), joka kuvastaa pahinta tilannetta toimitusketjujen epäonnistumisessa. Toki on huomioitava, että ampumatarvikkeiden pulaan Ukrainassa vaikuttaa useampi eri tekijä, mutta mikäli toimitusketju olisi toiminut, ei tähän tilanteeseen olisi jouduttu yhtä todennäköisesti.

Ampumatarvikkeiden toimitusketjut voivat olla moninaisia, ja niiden osalta huoltovarmuuden kanssa yleensä niiden saatavuus pyritään varmistamaan useamman kuin yhden toimittajan avulla. Toimitusketjut mahdollistavat varautumiseen tarvittavaan varastoinnin sisäänvirtauksen, jolle on useita eri toteutustapoja. Tilaajan riskinsietokyky vaikuttaa toimitusketjujen käytännön toteutukseen, jolloin esimerkiksi voidaan olla pelkästään ulkomaisen tuotannon varassa, joka vaatii itsessään riskinsietokykyä. Varautumisen uhkamallit vaikuttavat myös toimitusketjujen toteutukseen.



Kuva 22: Ampumatarvikkeiden toimitusketjun havainnekuva. Mukailtu (Carapic *et al.*, 2018, p. 35).

Kuva 22 havainnollistaa ampumatarvikkeiden toimitusketjua. Kuvassa olevat varastojen kuvaukset (strateginen, operatiivinen ja taktinen) liittyvät myös luvussa 2.5 kuvattuihin varastojen jaotteluun käyttötarkoituksen mukaan. Karkeasti strateginen varastointi on tarkoitukseltaan pitkäaikaista varastoa, operatiivinen pitkä- tai lyhytaikaista ja taktinen lyhytaikaista tai tilapäivästä varastointia.

Toimitusketjun kuvaus on laadittu tämän tutkimuksen näkökulmasta, mutta on huomionarvoista tunnistaa myös sen kaksijakoisuus sisäisiin ja ulkoisiin toimitusketjuihin. Kuvassa ei eritellä tuotantolaitosta, joka karkeasti voidaan nähdä olevan mikä tahansa taho, josta ampumatarvikkeet saapuvat asevoimien hallintaan. Tämä taho voi olla suoraan valmistaja, mutta yhtä lailla se voisi olla jonkin toisen valtion varasto. Ampumatarvikkeen alkuperä toki on aina tuotevalmistajalla, mutta sen toimitusketju asevoimien haltuun voidaan toteuttaa eri tavoin, jolloin toteutustapa vaikuttaa myös asevoimien varautumiseen ja huoltovarmuuteen. Se miten ampumatarvikkeita liikutetaan asevoimien sisäisen logistiikan toimenpitein, on oma kokonaisuutensa, jota on kuvassa 22 havainnollistettu erityyppisillä varastoilla ja niiden sisäisillä mahdollisilla liikutteluilla.

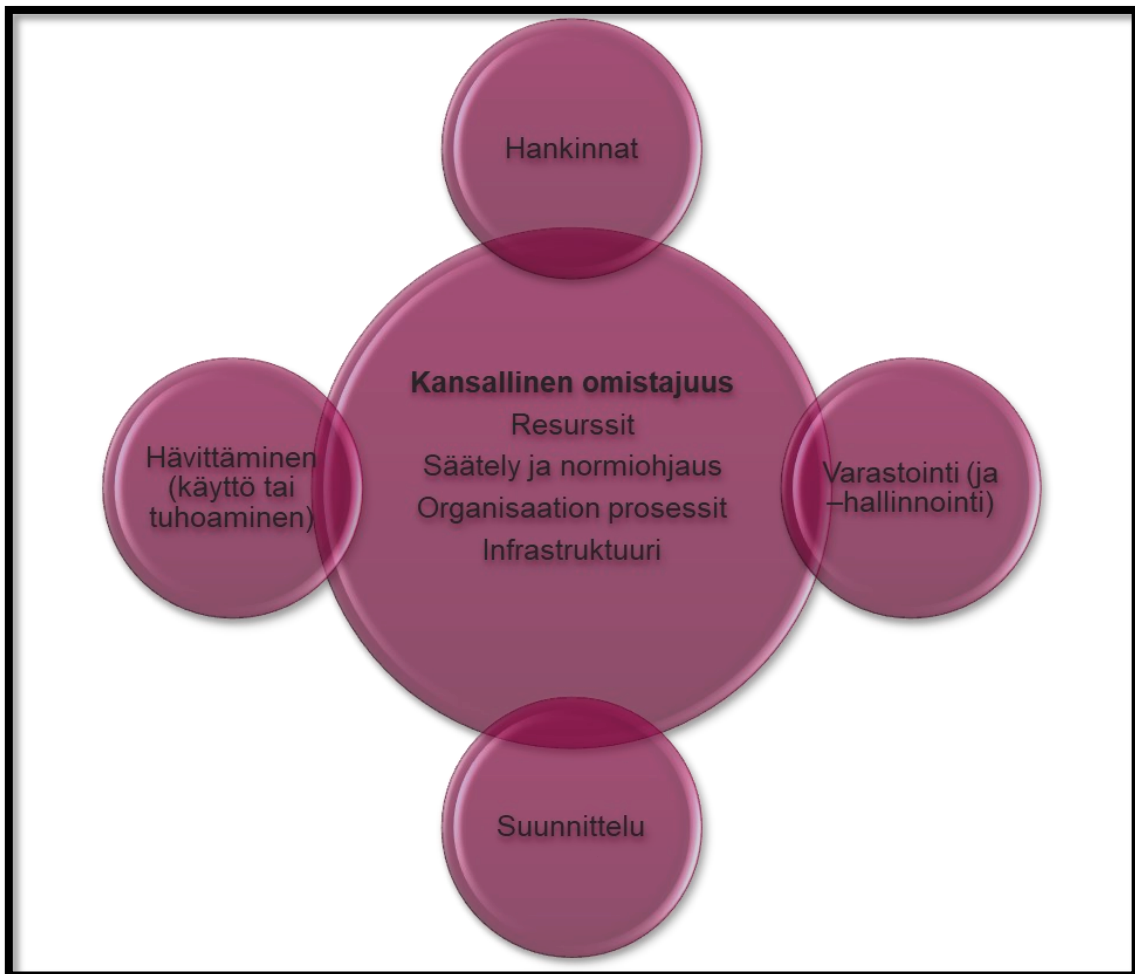
Idealisesti ampumatarvikkeet siirtyisivät suoraan tuotantolaitoksesta ulkoisen ja sisäisen toimitusketjun toimenpitein käytettäväksi ampuvalle aseelle. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä tuotantolaitos ei kykene tuottamaan ampumatarvikkeita riittävää määrää riittävän nopeasti, eikä niitä kyetä toimittamaan ampuville aseille toimitusketjujen läpi riittävän nopeasti. Täten ampumatarvikkeita on pakko varastoida eri tasoilla, eri käyttötarkoituksiin soveltuvissa varastoissa, jotta niitä on saatavilla käyttöä varten tarpeeksi nopeasti.

3.4 Ampumatarvikeperheen hallinta

Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnalle ominaista on pitkä suunnitteluhorisontti, ja toiminnan pitkäjänteisyys. Toiminta kulminoituu järjestelmävastuullisen näkökulmasta seuraaviin kysymyksiin suorituskykyvastuullisen vaatimuksien mukaisesti:

1. Mitä laukausyhdistelmiä halutaan ylläpitää?
2. Mitä elementtejä on varastossa valmiste-erittäin, ja missä varastointiluokassa ne ovat?
3. Koska elementtien valmiste-erät vanhenevat ja paljonko niillä on varastointikestävyyttä jäljellä?
4. Milloin lisähankinnat täytyy aloittaa elementtityypin tarkkuudella, jotta varasto säilytetään varmuustason yläpuolella?

Ampumatarvikkeiden elinkaaren hallinnassa kokonaisvaltaisuus on merkittävässä roolissa ja suuri varastovolyymi korostaa suunnitelmallisuuden ja tiedonhallinnan roolia. The Small Arms Survey esittelee oman yleisen ampumatarvikkeiden elinkaaren hallinnan toimintatavan LCMA (eng. Life-Cycle Management of Ammunition), joka erittelee osa-alueittain toiminnan jakaisuuden. Toimintatapa on esitetty alla olevassa kuvassa 23. Vaikka toimintatapa on luotu turvallista kansallista ampumatarvikkeiden hallintaa varten, ovat elementit samat myös tämän tutkimuksen viitekehyksessä, jolloin niiden kautta voidaan kiteyttää ampumatarvikeperheen hallinta.



Kuva 23: Ampumatarvikeperheen omistajakeskeisen hallinnoinnin prosessi. Mukailten (Carapic *et al.*, 2018, p. 41).

Kansallinen omistajuus on ampumatarvikkeen hallinnan keskiössä. Se antaa vaatimukset ja resurssit käytännön toteuttamiseen, ja on toiminnan mahdollistaja. Vaatimukset sisältävät niin suorituskyvyn muodostamiseen liittyviä asioita, kuin myös esimerkiksi ampumatarvikeperheen ylläpitoon liittyviä huoltovarmuuden tai varautumisen vaatimuksia.

Hankinnoilla varmistetaan, että suorituskyvyn määrittämät laukausyhdistelmät kyetään muodostamaan hankkimalla niihin soveltuvia elementtejä. Tarkoituksena on siis varmistaa, että varastossa on oikea määrä oikeanlaisia elementtejä. (Carapic *et al.*, 2018, pp. 42–43) Hankintoihin liittyy myös toimitusketjujen

Varastoinnin ja -hallinnoinnin tehtävä on varmistaa, että hankitut ampumatarvikkeet ovat käyttökuntoisia ja niiden saatavuus vastaa tarvetta kaikkina aikoina. Varastoinnilla varmistetaan elementtien turvallinen ja tarkoituksenmukainen säilytys. (Carapic *et al.*, 2018, pp. 42–43)

Käyttö ja luopuminen ovat oma osa-alueensa, sillä vaikka tällöin elementti poistuu varastosta, se täytyy edelleen saattaa käyttäjälle tai tuhottavaksi asianmukaisin toimenpitein. Tämä kokonaisuus täytyy myös huomioida.

Suunnitelmallisuus on kaiken toiminnan lähtökohta, jolla luodaan edellytykset onnistuneeseen ampumatarvikeperheen hallintaan. Suunnittelua täytyy toteuttaa eri aikahorisonteilla, jolla varaudutaan ja ennakoidaan tulevaisuuden haasteita. Suunnittelua toteutetaan tiedon perusteella, jolloin korostuu myös tiedon hankinta ja sen hallinta.

Ampumatarvikkeiden varaston hallinta

Varastoinnin tehtävänä on tuottaa logistiseen ketjuun lisäarvoa, jonka fyysinen ilmentymä on varastoitavan materiaalin säilytyspaikka. Varastointia voidaan toteuttaa eri pituisena, jolloin pituuden määrittää materiaalin tarve, eli logistisen ketjun vaateet. (Hokkanen and Karhunen, 2014, pp. 125–127) Varaston ominaispiirteenä on yleistys, jossa varastointi aiheuttaa kuluja, eikä itsessään nosta materiaalin arvoa. Turhat varastot ovat näin ollen turhia. (Hokkanen and Karhunen, 2014, pp. 200–202) Varastoinnin täytyy tuottaa jotain lisäarvoa kokonaisuuteen, ampumatarvikkeiden osalta tuotetaan varautumisen muodossa kykyä reagoida johonkin uhkakuvaan.

Varastointia voidaan tarkastella erilaisten tunnuslukujen avulla, joilla voidaan mitata varaston tehokkuutta eri mittareilla, tai optimoida varaston toimintaa ohjauksen muodossa. (Hokkanen and Karhunen, 2014) Tällaisia mittareita ovat esimerkiksi varmuusvaraston tilauseräkokojen laskenta, taloudellisen tilaiskoon laskenta tai varaston kiertonopeus. Näiden laskenta perustuu varaston historiatietoon. (Hokkanen and Karhunen, 2014, pp. 132–137)

Edellä mainittuja mittareita ei ole luotu ampumatarvikkeiden kaltaiselle varastoinnille, joka ei käyttäydy markkinoiden mukaan ja varastointi on pitkäaikaista sekä virtauksien ollessa maltillisia kokonaislukumäärään suhteutettuna. Tunnuslukujen soveltuvuutta myös ampumatarvikkeiden varastointiin pitäisi siis tarkastella ja testata erikseen, ennen kuin niitä voitaisiin hyödyntää.

Varaston tunnusluvuissa täytyy kuitenkin huomioida niiden riippuvuus tiedoista sekä tunnuslukujen esittämiä tietoja tulee tarkastella kriittisesti. On esimerkiksi hyvin haastavaa määrittää optimiostoerää epävakaalle markkinalle, tai määritetty optimiostoerä ei välttämättä ole reaalisesti toteuttamiskelpoinen. Esimerkiksi ampumatarvikkeita olisi kaikkein tehokkain hankkia vain sen suuruisia eriä, joita käytetään harjoitteluun vuosittain, jolloin varastokierto pysyisi kaikkein selkeimpänä ja erät olisivat ehyitä. Reaalisesti tällaisten erien tilaaminen ei todennäköisesti ole mitenkään järkevää, sillä kustannukset nousevat pienillä eräkoilla hyvin suuriksi verrattuna suurempiin tilattuihin eräkokoihin.

Ampumatarvikkeiden omistaminen ilman intressiä niiden välittömään käyttöön hankinnan jälkeen vaatii varastointia ja fyysisiä varastoja Ampumatarvikkeita voidaan varastoida erilaisissa olosuhteissa, jotka vaikuttavat ampumatarvikkeen säilyvyyteen, ja edelleen elinjakson pituuteen. Käytännön eroina ovat siis varastointiolosuhteet, ovatko ne säädeltävissä tai vakioita, vai onko niissä suuria vaihtelevuuksia. Esimerkkinä varastohalli, jossa olosuhteet ovat hallinnoitavissa, tai varastointikatos, jossa ampumatarvikkeet ovat osittain ulkoisten olosuhteiden vaikutuspiirissä. Erilaiset varastointiolosuhteet aiheuttavat erilaisen kustannuserän niissä säilytettäville ampumatarvikemäärille, paremmat varastointiolosuhteet maksavat enemmän kuin huonommat. Esimerkiksi varastohallin kustannukset muodostuvat sekä infrastruktuurin rakentamisesta että sen ylläpidosta. Mikäli varastohalli on lämmitetty ja ilmastoitu, kustannukset nousevat entisestään.

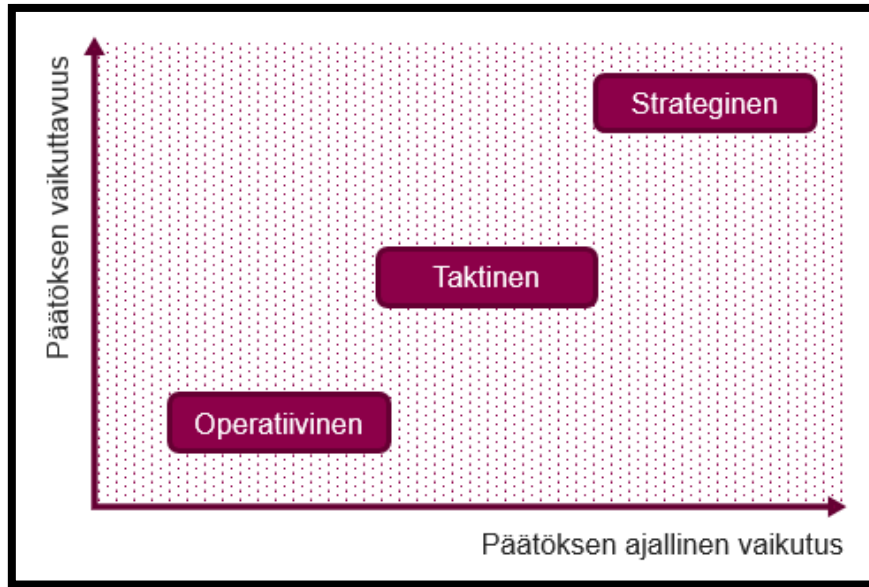
Varaston läpivirtauksessa pitäisi pyrkiä noudattamaan FIFO-periaatetta (First In – First Out), jolloin raja varmuus- ja käyttövaraston välillä hämärtyy, kun tuotteet pitäisi toimittaa varastosta ulos ikäjärjestyksessä vanhimmasta tuoreimpaan. (Hokkanen and Karhunen, 2014, p. 133) Ampumatarvikkeiden varastointiajat ovat jopa vuosikymmeniä, ja niiden ominaispiirteistä johtuen määrittäväksi tekijäksi nousee kulloinenkin varastointikestävyys taso. Toisaalta FIFO-periaatetta sovelletaan usein pilaantuville tai vanheneville tuotteille (Morana and Morana, 2018, pp. 66–67), johon ampumatarvike-elementit kuuluvat, mutta poikkeava tekijä on huomattavasti pidempi varastointiaika, joka pakottaa FIFO-menetelmän soveltamiseen.

Varastointi sitoo pääomaa varastoidun materiaalin muodossa, jolloin likviditeetti heikenee. Suuret varastot sitovat näin enemmän likviditeettiä, samoin kuin ne hämärtävät materiaalivirtoja varaston sisällä ja haastavat kokonaisuuden hallintaa. (Logistiikan Maailma, 2023)

Yhtenä varastoinnin ja toimitusketjun esimerkkinä voidaan nähdä yhteisvarastointi. Yle (2023c) julkaisi uutisen, jonka mukaan EU-komissio on päättänyt rahoittaa hanketta, joka käsittää erilaisten varautumismateriaalien yhteisvarastoinnin Suomeen. Varaston tarkoituksena on varastoida tarvikkeita koko EU:n käyttöön katastrofien varalle, ja Suomeen perustettava varasto on tyypiltään CBRN (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear) -materiaaliin keskittyvä. EU rahoittaa varaston kaikki kustannukset täysimääräisesti. (Yle Uutiset, 2023c) Tämän kaltainen toiminta yhteishankinnoissa on myös mahdollista sotilastarvikkeissa tai ampumatarvikkeissa varautumisen näkökulmasta. Yhtenä vaihtoehtona olisi siis esimerkiksi EU-valtioiden yhteinen varmuusvarasto, josta ampumatarvikkeita voitaisiin tarpeen mukaan kohdentaa tarvitsevalle valtiolle. Suomeen perustettava varasto ei ole ainoa laatuaan, vaan liittyy osaltaan isompaan varautumisen kokonaisuuteen, joten ei liene järkevää olettaa EU-valtioiden yhteistä ampumatarvikevarastointia täysimääräisenä. Osiltaan tällainen voisi kuitenkin olla ainakin mahdollista, vähintäänkin jossain määrissä. Edellä kuvattu toimintatapa suoraviivaistaisi ampumatarvikkeiden toimitusketjua, ja toisi yhden varmentavan tekijän saatavuuden takaamiselle.

Päätöksenteko ampumatarvikeperheen hallinnassa

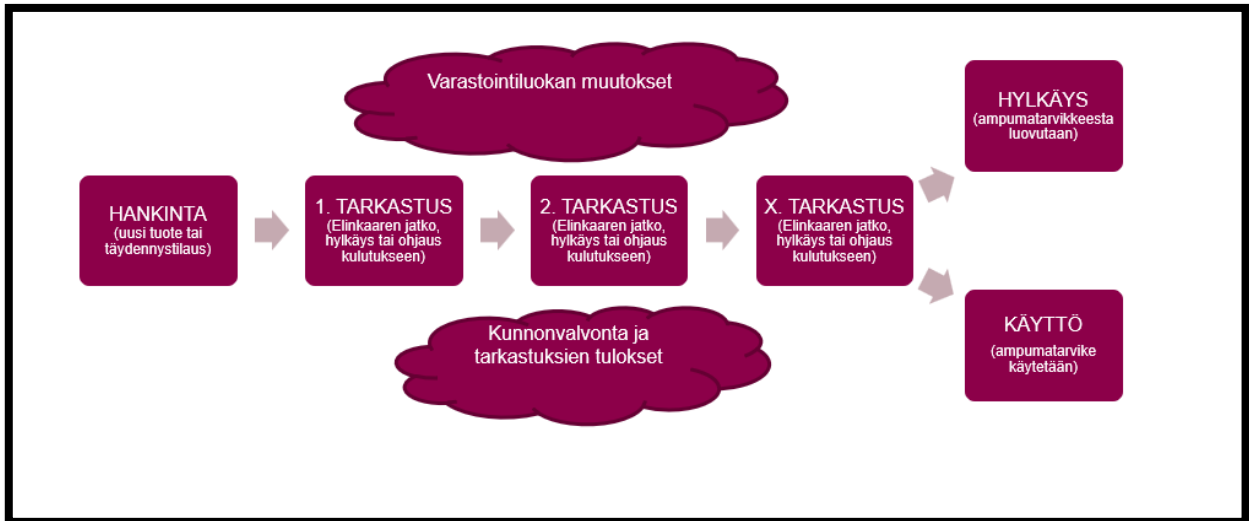
Päätöksenteko on olennainen osa elinkaaren hallintaa eri tasoilla. Päätöksiä voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan, jokapäiväiseen operatiiviseen päätöksentekoon, taktisen tason toimintojen tai toimintatapojen kehittämiseen tähtääviin päätöksiin sekä strategiaan koko liiketoimintaa muuttaviin päätöksiin. Päätöstilanteita voidaan tukea tiedolla ja tietämyksellä, jota voidaan jalostaa kerätystä informaatiosta. (Martinsuo *et al.*, 2017, pp. 16–17)



Kuva 24: Eri tasoisten päätösten vaikuttavuus ja ajallinen vaikutus. Mukailtu (Martinsuo *et al.*, 2017, p. 18).

Eri tasoisten päätösten vaikutukset ulottuvat eri pituuksille ja näitä suhteita on havainnollistettu kuvassa 24 yllä. Päivittäiset operatiiviset päätökset voivat olla esimerkiksi kuluksen ohjausta ja tarkastuksien käsittelyä eri elementtierillä. Taktiset päätökset voivat liittyä esimerkiksi varastointiolosuhteiden kehittämiseen tai niiden tutkimukseen. Strateginen päätös esimerkiksi alkaa rahoittaa tai kehittää jotain ampumatarvike-elementtiä saattaa sitouttaa käyttäjän ja valtion tähän jopa vuosikymmeniksi. Tällöin sitoudutaan tiettyyn suorituskykyyn, ja myös sen kustannuksiin. Erilaiset päätökset sisältävät siis osiltaan riskejä ja riskinsietoa, johon voi liittyä myös puolustuspoliittisia tai huoltovarmuudellisia intressejä, esimerkiksi tuotantokyvyn säilyttämiseen kotimaassa. Esimerkiksi Isojärvi (2015) totesi tutkimuksessaan yhteyden puolustusteollisuuden rakenteen muutoksilla ja Suomen ruuti- ja ammusteollisuudella puolustuspoliittisten selontekojen kautta.

Järjestelmävastuullisen tasolla fyysisen käyttöomaisuuden hallinnassa tehtävät päätökset ovat suhteellisen pieniä, mutta rooli onkin tuottaa tietoa suurempiin päätöksiin, esimerkiksi varastoinnin rajoituksen muutoksiin. Suuremman vaikutusarvon omaavat päätökset taas vaikuttavat merkittävästi fyysisen käyttöomaisuuden hallintaan ja sen käytännön toteuttamiseen. Päätösten hierarkkisuus näkyy käytännössä strategisten päätösten vaikutuksine ulottumisena tulevaisuuden operatiivisiin ja taktisiin päätöksiin.



Kuva 25: Päätöksenteko ampumatarvike-elementtien elinjaksolla.

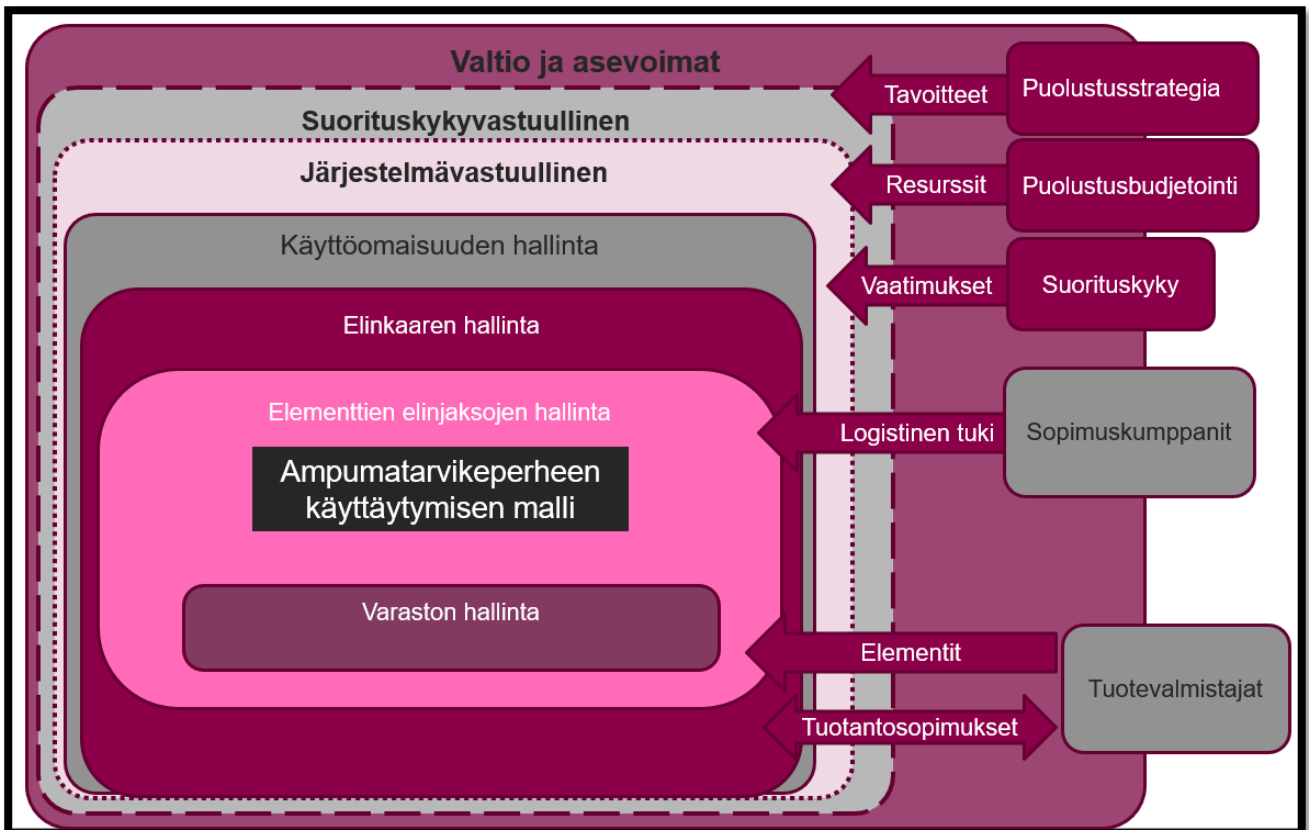
Kuvassa 25 esitetään elementin valmiste-erien elinjaksoihin liittyvä päätöksenteko. Ensimmäinen päätös on hankkia jotain elementtityyppiä, on kyse sitten uudesta tyypistä tai jo olemassa olevan tyyppin täydentävästä hankinnasta. Elementin valmiste-erälle määritetään kunnonvalvonnan perusteiden mukaan valvontaväli, jonka lopuksi kyseinen valmiste-erä tarkastetaan sen tyyppivaatimusten mukaisesti. Tarkastuksen tuloksen perusteella tehdään elinjaksopäätös jatkamisesta tai hylkäämisestä, sillä tarkastustulos voi johtaa suoraan koko valmiste-erän hylkäämiseen. Hyväksytty tarkastus johtaa päätökseen elinjakson jatkamisesta, joka käytännössä johtaa uuden elinjakson alkuun päätöksessä määritetylle valvontavälille.

Tarkastuksen tulos tuottaa tietoa valmiste-erän varastokestävyyden tasosta, jonka perusteella voidaan säädellä esimerkiksi seuraavan valvontavälin pituutta, tai mikäli erän varastointikestävyys on matalalla tasolla, voidaan erä ohjata kulutukseen. Kulutukseen ohjauksen tavoitteena on käyttää erä harjoitustoiminnassa ennen, kuin erän varastointikestävyys on heikennyt liikaa, jolloin sen sisältämiä elementtejä ei voitaisi enää turvallisesti käsitellä ja erä pitäisi hylätä.

Jokainen elinjakso päätös aiheuttaa jonkinlaisen reaktion ja kustannuksia tai kustannussäästöjä. Elementtieron tuhoaminen aiheuttaa kustannuksia tuhoamisen toimenpiteistä, mutta toisaalta aiheuttaa kustannussäästöjä vapautuvan varastointikapasiteetin muodossa. Luopuminen tai käyttäminen vaikuttaa väistämättä elementtien kokonaisinventaarioon, jolloin varastomäärien laskiessa on hankinnat aloitettava riittävän aikaisin, jotta kokonaisuudessaan varasto ei laske varmuustason alapuolelle.

Lopputuloksena päätöksentekopisteet ovat järjestelmävastuullisen näkökulmasta elementtityyppiä tarkasteltaessa:

1. Hankinta, uuden elementin tai täydennystilaus.
2. Elinjakson jatkamien tai -päättäminen.
3. Varastointiluokan muutos.



Kuva 26: Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.

Kuvassa 26 yllä on esitetty lukujen 2 ja 3 yhteenveto tutkimuksen viitekehysten muodossa. Ampumatarvikeperheen käyttäytymisen malli on keskiössä, joka mahdollistaa ampu-
matarvikeperheen ylläpidon asevoimien suorituskyvyn osana. Ampumatarvikeperheen si-
sällä yksittäisten elementtien elinjaksojen hallinnalla kyetään toteuttamaan koko ampuma-
tarvikeperheen elinkaaren hallintaa.

4 Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan malli

Tässä luvussa käsitellään muodostettavan työkalun vaatimuksia, työkalussa mallinnettavia ilmiöitä ja käytettyä aineistoa, sekä muodostetun työkalun toiminta. Luvussa määritetään toiseen ja kolmanteen päälukuun perustuen vaatimukset ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan tukemiseen tarkoitettulle työkalulle. Työkalun testaamista varten luodaan aineisto, joka esitellään yhdessä työkalun parametrien ja toimintojen kanssa. Lopuksi raportoidaan muodostetun työkalun toiminta.

Työkalu luodaan järjestelmävastuullisen käyttöön, ja sen tarkoituksena on tukea ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaa ja sen suunnittelua. Työkalu perustuu osiltaan tiedon jalostamiseen ja laskentaan deterministisenä simulointina, mutta siinä on myös stokastisia elementtejä. Työkalun tulosten perusteella kyetään tukemaan ampumatarvikeperheen hallintaan liittyvää päätöksentekoa.

4.1 Laskentamallin kehittäminen

Alkuun on tärkeää erottaa simuloinnin ja mallintamisen käsitteelliset eroavaisuudet. Malli kuvaa jotain kohteena olevaa prosessia, ilmiötä, laitetta tai toimintoa, ja sen avulla ymmärretään tarkasteltavan kohteen käyttäytymistä. Simuloinnilla tai simulaattorilla voidaan käytännössä toteuttaa ja ilmentää malli. (Lappalainen and Jormakka, 2004, pp. 64–65) Tässä tutkimuksessa mallinnettava ilmiö on ampumatarvikeperheen käyttäytyminen, jota ilmenetään ilmiön asettamien vaatimusten puitteissa MS Excel-sovellukseen tehtävällä työkalulla. Ilmiön mallintaminen toteutetaan kohteeseen soveltuvalla tarkkuudella. Simulointiin voidaan yksinkertaistaa monimutkaisia tapahtumia tai ilmiötä, jolloin niiden hahmottaminen ja ymmärtäminen on helpompaa.

Jormakka (2004) erotelee matemaattisen mallinnuksen simuloinnista tavoitteen kautta, jolloin siinä missä simulointi yrittää jäljitellä kohteen käyttäytymistä, ei matemaattisen mallintamisen tuottama numeerinen ratkaisu tätä suoranaisesti yritä (Lappalainen and Jormakka, 2004, p. 64). Toisaalta simulointi voidaan nähdä myös osana matemaattista mallintamista (Giordano *et al.*, 2014, p. 60). Oleellista on kuitenkin tunnistaa kummallekin yhtäläinen tavoite, ymmärtää ja jäljitellä reaali maailman ilmiötä mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla.

Simulointi on yksinkertaisimmillaan todellisuuden jäljittelyä, jota voidaan toteuttaa esimerkiksi mallintamisen avulla. Simuloinnin määritelmä on hyvin laaja ja sitä voidaan toteuttaa erilaisilla menetelmillä. Lempiäinen (2005) jakaa simuloinnin seitsemään ryhmään. (Lempiäinen, 2005, p. 4) Toisaalta Jormakka (2004) esittää simulointimenetelmät kaksijakoisesti dynaamiseen ja staattiseen sen mukaan, sisältääkö simulointi ajan käsitteenä.

Dynaamisessa simuloinnissa aika mielletään askelina todellisen ajan jatkuvuuden sijaan, Aika-askleet voivat olla mitaltaan erilaisia, ja askeleen mitta tulee suhteuttaa simuloitavan kohteen mukaisesti, jotta simulaatio kuvaisi riittävällä tarkkuudella mallia. Liian pienet aika-askleet voivat olla tarpeettomia, jos mitään ei tällä välillä tapahdu. Määräävänä tekijänä voidaan pitää tapahtumien määrää aika-askleen aikana, ja tapahtumat taasen määrittää malli, ja edelleen mallinnettava ilmiö. (Lappalainen and Jormakka, 2004, pp. 64–65)

Simuloinnin avulla voidaan myös tarkastella kohteena olevan systeemin tai prosessin toimintaa imitoimalla sen käyttäytymistä. Systeemit voidaan käsittää palasten summina, jotka on organisoitu jotakin tarkoitusta varten. Systeemit voidaan jaotella neljään pääluokkaan 1. luonnollisiin-, 2. suunniteltuihin fyysisiin-, 3. suunniteltuihin abstrakteihin- ja 4. ihmisten toiminnallisiin systeemeihin. (Robinson, 2004, p. 2) Systeemin tai prosessin keskiössä on sen sisältämät ilmiöt, joita kyetään mallintamaan tai simuloimaan.

Tapahtumapohjaisessa simuloinnissa toiminta on riippuvaista tapahtumista, ja tapahtumat muuttavat mallin tilaa (Lempiäinen, 2005, p. 5). Järjestelmäanalyysi simuloinnin avulla taasen pyrkii kuvaamaan halutun järjestelmän tai systeemin toimintaa, ja edelleen selvittämään ja analysoimaan kohdetta. Tässä tapauksessa kohteen ympäristö ja sen vaikutukset ovat yleensä simuloituja. Simulointi soveltuu yleensä jonkin jatkuvassa muutoksessa olevan kohteen tarkasteluun. (Lempiäinen, 2005, p. 5)

Simulointi voidaan jakaa toisaalta jaotella joko deterministiseksi tai stokastiseksi sen mukaan, sisältääkö simulointi satunnaistekijöitä. Deterministinen simulointi ei sisällä satunnaistekijöitä, jolloin alkuarvojen perusteella voidaan päätellä simuloinnin lopputulokset. Stokastisissa simulaatioissa satunnaistekijät vaikuttavat simuloinnin tapahtumiin ja lopputulokseen, jolloin tulokset ovat jokaisella simulointikerralla erilaiset. (Lempiäinen, 2005, p. 8)

Ampumatarvikeperheen systeeminä tai järjestelmänä voidaan nähdä olevan jatkuvasti muutoksessa. Muuttuvia tekijöitä ovat muun muassa elementtien varastointikestävyys sekä sisään- ja ulosvirtaus varastosta. Ampumatarvikkeiden hallinnan ja käytön suunnittelu on järkevää toteuttaa vuositasolla, jolloin aikavälin pituus on sopiva suhteessa tapahtumiin sen aikana, sekä valtiolliseen budjetointiin ja suunnittelutoimintaan. Muodostettava malli ei voi olla täysin deterministinen, sillä vuosittainen ampumatarvikkeiden kulutus tai tarkastusten

tulokset eivät ole vakioita. Näin ollen tarvitaan satunnaistekijöitä, joiden avulla voidaan kuvata todellisuutta paremmin, joten muodostettavassa mallissa on oltava stokastisia elementtejä. Tuotettavaksi laskentamalliksi soveltuu parhaiten deterministinen malli, joka sisältää stokastisia elementtejä. Deterministisyys on tarpeellista varaston lukumäärien mallintamiseen, kun taas stokastisuudella kyetään tuottamaan tarvittavaa epävarmuutta esimerkiksi elementtien kunnonvalvontatarkastuksien tuloksille. Tapahtumapohjaista simulointia ei ole järkevä toteuttaa tässä mallinnuksessa, sillä yksittäiset tapahtumat eivät muuta mallin toimintaa. Mikäli tarkasteltaisiin ampumatarvikeperheen hallintaa prosessina, tapahtumapohjainen simulointi voisi olla järkevää. Käytetty simulointi on staattista, sillä aika mielletään jatkumona, ja erilliset aika-askleet ovat kirjanpidollisen mallin kaltaisia.

Mallin rakentaminen voidaan hahmottaa kuusivaiheiseksi prosessiksi. Prosessi alkaa ongelman tunnistamisella, jonka jälkeen toisessa vaiheessa tehdään oletuksia ongelmaan liittyen. Tämä sisältää muuttujien ja niiden välisten suhteiden tunnistamisen. Kolmannessa vaiheessa yritetään ratkaista malli siten, että toteutus onnistuu muuttujien avulla, eli toimivatko muuttujat ja niiden suhteet loogisesti. Neljännessä vaiheessa verifioidaan tuotettu ratkaisu, jossa arvioidaan, toimiiko malli halutulla tavalla, ja vastaako se alussa tunnistettuun ongelmaan. Viidennessä vaiheessa viedään malli käytäntöön, eli käytetään mallia sen tarkoituksen mukaiseen kohteeseen. Kuudennessa vaiheessa ylläpidetään mallia ja sen toiminnallisuuksia kehityksellä. Mallintaminen itsessään on iteratiivinen ja kehittyvä, jota on tarkoituksenmukaista kehittää sen kohteen mukaan. (Giordano *et al.*, 2014, pp. 62–65)

Mallin yksi oleellinen tehtävä on tarjota sotilasympäristössä vastauksia mitä-jos-kysymyksiin. Mallia itsessään ei tule pitää lopputuloksena, sen rooli on tukeva ja tehtävänä on tuottaa tietoa päätöksenteon tueksi. (Åkesson and Kuikka, 2022)

4.2 Suunnittelutyökalun vaatimusmäärittely

Mallin ja työkalun kehittämisessä on oleellista tunnistaa mallinnettavan kohteen ja ilmiön asettamat vaatimukset muodostettavalle mallille. Vaatimustenhallinta on tehokas menetelmä missä tahansa kehitystyössä, ja sen avulla kyetään selkeästi ja loogisesti viestimään mitä ollaan tekemässä, sekä etenkin mikä on tekemisen päämäärä ja tarkoitus. Yhtenä etuna on myös yhtenäinen viestintä eri toimijoiden välillä, ja vaatimukset itsessään ovat johtamisen välineenä tahdon ilmaisua. (Kosola, 2013, pp. 2–4) Kosola (2013) määrittelee vaatimuksen seuraavasti ”*Vaatimus on ilmaisu, joka kuvaa asiakkaan tahtoa liittyen liiketoiminnan, suorituskyvyn, organisaation, tuotteen tai palvelun ominaisuuksiin.*” Vaatimuksen tulee

olla selkeä ja yksiselitteinen. Sen tulee kuvata selkeää tarvetta, eikä tarpeen toteutustapaa. (Kosola, 2013, p. 6) Tässä tutkimuksessa voidaan tunnistaa useita erilaisia vaatimuksen antajia ampumatarvikeperhettä kohtaan, joista käsitellään nimenomaisesti ampumatarvikeperheen suunnittelutyökaluun kohdistuvat vaatimukset.

Vaatimusmäärittely on selkeä ja säännelty työvaiheiden prosessi, jonka tavoitteena on määrittellä ja kuvata tarkasteltavan järjestelmän toimintaa ja sen haluttuja ominaisuuksia. Vaatimusmäärittely liittyy aina johonkin tarkasteltavaan kohteeseen. (Lappalainen and Jormakka, 2004, p. 77) Tässä tutkimuksessa tätä menetelmää sovelletaan tutkimusongelman ratkaisun osana. Vaatimusmäärittelyä tehdään yleensä liittyen johonkin hankintaan tai kehitystyöhön, jolloin vaatimusmäärittelyllä on selkeä konkreettinen kohde tai käyttötarkoitus (Lappalainen and Jormakka, 2004, pp. 76–77).

Tutkimustyöllä ei ole varsinaista tilaajaa, eikä vaatimusmäärittelyä toteuteta tarjouspyynnön liitetyönä tai toimittajaa varten osana hankintaa. Nämä piirteet huomioiden ei kaikkia vaatimusmäärittelyprosessin vaiheita ole järkevää noudattaa, vaan vaatimusmäärittelyä sovelletaan tarvittavilta osin mallin vaatimusten tunnistamiseksi ja määrittämiseksi. Kuitenkin vaatimukset raportoidaan siten, että tutkimuksessa tunnistettuja ja määriteltyjä yleisen tason vaatimuksia voitaisiin käyttää hyväksi mahdollisessa hanke- tai kehitystoiminnassa tutkimuksen aihepiirin alalla.

4.3 Tunnistetut työkalun vaatimukset

Mallin on tarkoitus kuvata tässä tapauksessa ampumatarvikeperheen elinkaaren käyttäytymistä tarkasteluhetkestä tulevaisuuteen, ja mallia implementointi on toteutettu laskenta-työkalu. Työkalun tunnistetut vaatimukset on koottu taulukkoon 5. Vaatimukset perustuvat lukujen 2 ja 3 perusteella tunnistettuihin osa-alueisiin ja toimintoihin, jotka liittyvät tarkasteltavan ilmiön mallintamiseen yleisellä tasolla. Vaatimukset eivät ole tärkeysjärjestyksessä.

Taulukko 5: Tutkimuksessa tunnistetut vaatimukset työkalulle.

Nro	Vaatus	Tarkenne
1.	Työkalun täytyy ilmaista milloin varaston varmuusrajat alitetaan elementtityypeittäin.	Lisähankinnat kyetään toteuttamaan ajoissa
2.	Työkalun täytyy ilmaista elementtiterien elinkaaren päättymisvuosi ja varastointikestävyys tällä hetkellä, sekä sen kehitys tulevaisuudessa eri varastointikategorioissa.	Tämän perusteella voidaan laskea elinjakson päättymisvuosi, jossa myös varastointiolosuhteet huomioidaan
3.	Työkalun tulee ilmaista kunnonvalvonnan vaikutus elementtiterille tarkastuksien osalta.	Tarkastusvuosina läpäisy tai hylkäys
4.	Työkalun täytyy ilmaista elementtityypeittäin varastolukumäärät vuosittain vähintään 10 seuraavan vuoden ajalta	Huomioiden vanhenemiset, kulutus ja hankinnat
5.	Työkalun pitää pystyä esittämään varastointiluokan muutoksen vaikutuksen erän elinjakson päätökseen ja kustannuksiin	
6.	Työkalun pitää pystyä esittämään kustannusvaikutus erän hylkäämiselle tai sen elinjakson jatkamiselle	
7.	Työkalun tulee ilmaista ehdotukset uudelleenhankintojen käynnistämiseksi elementtityypeittäin	
8.	Työkalun tulee ilmaista ampumatarvikeperheen ylläpidon kustannusten muodostuminen	Nykyisen ylläpito
9.	Työkalun tulee ilmaista annettujen sopivuustietojen perusteella käytettävissä olevat laukausyhdistelmät	Sekä niihin sidotut elementit
10.	Työkalun tulee kuvata eri varastointiolosuhteiden vaikutus elementin varastokestävyyden menetykselle	

4.4 Työkalun ominaisuudet ja mallinnettavat ilmiöt

Elementin vanheneminen

Elementtien vanheneminen on ampumatarvikeperheen käyttäytymisen keskiössä. Todellisuudessa varastointikestävyyden nykytila tiedetään vain elementtien tarkastuksilla, mutta suurissa varastointivolyyymeissa kaikkia elementtejä ei ole järkevää tarkastaa yksitellen, eikä jatkuvasti. Varastoitujen elementtien varastointikestävyyden mallintamiseksi luodaan taustamuuttuja W , joka ilmaisee elementin varastointikestävyyttä. Suure w ilmaisee vuosittaista

varastointikestävyden kulumista. W :tä sovelletaan otantatarkastusten kaltaisesti koko elementin valmiste-erään. W :n arvo on 100, kun elementti valmistuu tuotantolaitoksesta. Kun elementti varastoidaan, arvo alkaa vähenemään kuluneen ajan suhteen kohti nollaa.

Käytetty varastointiluokka vaikuttaa elementin varastointikestävyyteen, jota mallinnetaan seuraavasti. Kuvatut varastointiluokat vaikuttavat eri tavalla elementin varastointikestävyden kulumiseen. Mitä parempi varastointiluokka ja varastointiolosuhteet ovat, sitä vähemmän taustamuuttuja W menettää arvoaan työkalun aika-askeleen aikana, eli sitä pienempi w :n arvo on. Elementin varastointikestävyden vuosittaista menetystä on mahdollista mallintaa lineaarisesti tai eksponentiaalisesti riippuen käytetystä varastointiluokasta. Tässä työkalussa käytettiin lineaarista kulumista, johon vaikuttaa elementin laskennallinen elinikä sekä varastointiolosuhteen vaikutus.

Olkoon kokonaissäilytysaika varastointiluokassa i aika $T(i)$.

Kaavalla 1 lasketaan W :n muutos halutulla tarkasteluhetkellä:

$$\Delta W = W_{alussa} * \frac{\Delta t}{T(i)} \quad (1)$$

jossa W_{alussa} on skaalauskerroin varastointikestävyydelle, Δt on säilytysaika kyseisessä varastointiluokassa ja $T(i)$ on pisin mahdollinen varastointiaika kyseisessä varastointiluokassa ennen kuin elementti vanhenee.

Mikäli elementtiä varastoidaan useammassa kuin yhdessä varastointiluokassa, varastointikestävyys ratkaistaan kaavalla 2:

$$W = W_{alussa} * \left(1 - \frac{\Delta t(1)}{T(1)} - \frac{\Delta t(2)}{T(2)} - \dots - \frac{\Delta t(n)}{T(n)}\right) \quad (2)$$

Tässä oletetaan, että vain varastoidut vuodet kussakin varastointiluokassa vaikuttavat varastointikestävyden menetykseen, eikä varastointiluokkien järjestyksellä ole merkitystä varastointikestävyden menetykseen.

Laskentatyökalussa käytetään seuraavia apusuureita varastointikestävyyden vuosittaiseen menetykseen, jotka lasketaan kaavoilla 3 ja 4 alla.

$$w_l = \frac{W_{alussa}}{T(i)} \quad (3)$$

jossa w_l on laskennallinen varastointikestävyyden menetys vuodessa ideaalisissa olosuhteissa, $T(i)$ on elementin odotusarvoinen kokonaiselinikä vuosina ja W_{alussa} on elementin varastointikestävyyden määrä alussa.

$$w_{tod} = w_v + w_l = \frac{1}{T(i)} \quad (4)$$

jossa w_{tod} on todellinen vuosittainen varastointikestävyyden menetys varastointiluokka huomioiden ja w_v on varastointiluokan heikentävä vaikutus verrattuna ideaaliolosuhteisiin.

Ruudin vanhenemista voidaan tutkia tai laskea monella eri tavalla, ja sen tarkka laskennallinen mallintaminen on haastavaa, sillä vaikuttavia tekijöitä on useita. Todellinen vanheneminen on aina olosuhderiippuvaista. Artikkelissaan Zhao (2019) tutki stabilisaattoritasojen laskennallista mallintamista, ja niiden riippuvuutta laskennalliseen elinikään. Lämpötila ja kosteus voidaan todeta edelleen suurimmiksi vaikuttimiksi stabilisaattoritasojen vähenemiseen. (Zhao *et al.*, 2019)

Työkalun elementtien vanhenemiseen sovelletaan näitä lainalaisuuksia, joissa stabilisaattorien hajoaminen on jotakuinkin lineaarista. Täten yksinkertaistetaan työkaluun ruudin kulumisen lineaariseksi, jossa stabilisaattorien määrä ilmentää varastointikestävyyden tasoa. Laskennan oletuksena on, että lähtötilanteesta stabilisaattorin hajoamisessa saavutetaan ennen pitkää piste, jossa stabilisaattorin määrä laskee niin alas, että ruuti ei toimi enää luotettavasti ja sen elinjakso täytyy päättyä. Oletetaan vuosittainen stabilisaattorien hajoaminen lineaariseksi eri varastointiolosuhteissa, jolloin sen jäljellä oleva määrä määrittää jäljellä olevan varastointikestävyyden tason. Jotta tarkkaa laskentamallia voisi soveltaa, täytyisi jokainen varasto käytännössä tarkastella erikseen vallitsevien olosuhteiden sekä käytettyjen ruutien mukaan. Nämä tiedot ovat luottamuksellisia, joten päädytään soveltamaan työkalussa yleistä lineaarista mallia.

Muiden elementtien kuin panosten osalta täytyisi tarkastella jokaisen elementin ominaisuuksia ruudin lisäksi, ja jokaisen ominaisuuden vaikutusta varastointikestävyyden menetykseen. Lisäksi jokaisen elementtityypin ja sen sisältämien komponenttien luotettavuustie-

tojen tunteminen on välttämätöntä niiden perusteella toteutettavalle koko elementin luotettavuuslaskennalle. Edellä kuvattujen lisätarkasteluiden vaatimat tiedot ovat myös luottamuksellisia, joten työkalussa sovelletaan lineaarista varastointikestävyyden menetystä kaikkiin elementtityyppeihin. Todettakoon, että varastointikestävyyden menetyksen luotettavan ja tarkan mallintamisen toteuttaminen vaatisi luotettavuustiedot jokaisesta elementtityypistä laskennan lähtötiedoiksi. Nyt sovellettu yksinkertaistaminen soveltuu suunnittelutyökaluun, koska mitattavan ilmiö ei ole helposti tai yksiselitteisesti mitattavissa koko ampu-matarvikeperhettä tarkasteltaessa.

Elementtien kunnonvalvontatarkastukset

Työkalussa sovellettavassa mallinnuksessa kunnonvalvontatarkastuksia yksinkertaistetaan ilmiönä siten, että määritetty valvontaväli pysyy samana koko elementin elinjakson ajan. Elementin kunnonvalvontavälin perusteella työkalu testaa erän tarkastamisvuoden, ja mikäli tarkastusvuosi on tarkasteluvuonna, työkalu toteuttaa tarkastuksen läpäisyn testaamisen annetulla todennäköisyydellä. Tarkastuksen läpäisystä työkalu ei vähennä erän elementtien lukumäärää, ja hylkäyksestä lukumäärä vähennetään jatkolaskentaan automaattisesti nolnaan.

Varmuustaso

Varmuustaso ilmennetään työkalussa haluttujen laukausyhdistelmien minimilukumääränä, jotka pitää olla varastoituna jatkuvasti. Työkalu laskee määritettyihin laukausyhdistelmiin tarvittavien elementtien sidotut kappalemäärät, jotka eivät saa laskea asetetun varmuustason alapuolelle ja ilmoittaa nämä elementtityyppien lukumäärät ”sidottuina” ja muut ”vapaina”. Työkaluun voidaan määrittää toinen kappalemääräarvo ”vapaille” elementeille hälytysrajaksi uudelleenhankintojen käynnistämiseksi, jotta varmuustaso voidaan säilyttää jatkuvasti. Hälytysrajan perusteella työkalu ehdottaa uudelleenhankintojen käynnistämisen vuoden. Hankintaehdotukseen vaikuttaa ”vapaiden” elementtien lukumäärä sekä määritetty vuosiraja, joka hankinnan toteuttamiseen kuluu. Lopputuloksena hankintaehdotuksen noudattaminen johtaa tilanteeseen, jossa todellisuudessa pysytään ainakin hälytysrajan mukaisella tasolla varastolukumäärissä jatkuvasti.

Aikahorisontit

Työkalun aikahorisontit on asetettu siten, että yksittäinen aika-askel on vuosi, ja tällä tarkkuudella tarkastellaan ampumatarvikeperheen käyttäytymistä. Ampumatarvikeperheen suunnitelmallinen hallinta on pitkän aikavälin toimintaa, jossa suunnittelua tehdään vuositasolla, jolloin vuositason tarkastelu on riittävän pieni aikaväli suunnitellun perustaksi. Työkalu esittää varaston osalta lukumäärät 37 vuotta eteenpäin, joka on jopa liian pitkä tehokkaan hallinnan käyttöön, ja vuosittainen suunnittelu liian lyhyt suunnitelmalliseen toimintaan. Tästä syystä oleelliset tarkastelut sekä tulokset esitetään kymmenen vuoden tarkastelujaksona. Kymmenen vuotta on riittävän pitkä aikahorisontti, jotta suunnittelua voidaan tehdä riittävän ennakoivasti, muttei liian pitkä, jolloin perusteet suunnittelulle olisivat liian hatarat tai muuttuisi liian nopeasti.

4.5 Työkalussa käytettävä aineisto ja parametrit

Työkalussa käytettävä geneerinen aineisto

Todellisuudessa työkaluun syötettävät tiedot saataisiin organisaation tiedonhallintaohjelmasta, mitä ei voitu käyttää tässä tutkimuksessa. Työkalun testaamista varten muodostettiin yleinen aineisto, joka koostui sadasta elementtistä.

Aineisto muodostettiin luvussa 2 esitetyn ampumatarvikeperheen perustietojen sekä tutkan oman tietämyksen perusteella. Elementtityypeistä mukaan valittiin niin konventionaalisia kuin moderneja elementtejä, kuten esimerkiksi sirpalekranaatteja ja kuorma-ammuksia. Erien lukumäärien suhteilla heijastettiin ampumatarvikkeiden käyttöä. Esimerkiksi iskulukkonalli tarvitaan jokaiseen laukausyhdistelmään, joten niitä täytyy suhteessa olla enemmän kuin yhtä panostyyppiä. Taulukossa 6 on esitetty aineistossa käytetyt elementtityypit ja erien lukumäärät.

Taulukko 6: Aineiston elementtityypit ja erien lukumäärät.

Elementtityyppi	Erien lukumäärä
Iskusytytin	14
Aikasytytin, mekaaninen	5
Hakeutuva sytytin	5
Sirpalekranaatti	15
Kuorma-ammus	5
Pitkän kantaman ammus	5
Täyspanos	11
Täyssarjapanos	11
Puolisarjapanos	9
Iskulukkonalli	20

Erien valmistusvuodet määritettiin siten, että ampumatarvikeperhe sisältää eri ikäisiä eriä, vanhimpien ollessa vuodelta 1986. Konventionaalisissa elementtityypeissä erien valmistusväli on muutaman vuoden välein, joka kuvaa sopimusperusteisia tilauksia. Modernimpien elementtien osalta kaikki valmistusvuodet ovat 2000-luvulta, jolloin niitä on ollut saatavilla. Geneerinen aineisto elementtierien osalta on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä F.

Työkaluun syötettävät parametrit:

A-numero ja A-tarvikkeen lyhenne

A-numero on tuotetiedon hallintaan tarkoitettu elementtityypin yksilöivä tunnus. Tällä omistaja kykenee yksilöimään elementtityypit, jolla sujuvoitetaan niiden hallintaa. Asevoimat käyttävät omia yksilöllisiä tunnisteitaan elementeille, tässä tutkimustyössä aineiston sisältäville elementtityypeille luotiin yleinen koodisto työkalun testaamista varten. Esimerkiksi tässä työssä TYK11 tarkoittaa iskusytytintä. TYK identifioi tykistön ampumatarvikkeen, ensimmäinen numero identifioi elementtityypin ja seuraavat numero elementin. A-tarvikkeen lyhenne tarkoittaa selkokielistä kuvausta A-numeron mukaisesta elementistä.

Eränumero ja erävuosi

Eränumero identifioi jokaisen valmiste-erän, ja sen muodostaminen on jokaisen asevoimien päätösten varassa. Samoin kuin A-numeron kohdalla, ja tätä työtä varten muodostettiin oma koodisto. Esimerkiksi iskusytytinerälle on luotu numero S110186, jossa kirjain ilmaisee elementtityypin, seuraavat kaksi numeroa identifioivat elementin (samat kuin A-numeroissa), seuraavat kaksi ovat juoksevia numeroita erien tunnistamista varten ja kaksi viimeistä numeroa ilmoittavat erän valmistevuoden, eli erävuoden. Erävuodet parametreihin syötettiin siten, että tilaukset eivät ole täysin vakioita, mutta erävuodet jakaantuvat muutaman vuoden välein. Vanhimmat erävuodet ovat vuodelta 1986 konventionaalisilla elementeillä ja modernien elementtien osalta erävuodet alkavat vasta 2010-luvulta.

Lukumäärät eli eräkoot

Jokainen syötetty elementtiera sisältää elementtien lukumäärän. Erien lukumäärät voivat vaihdella, ja luonnollisesti mitä vanhempi eri on kyseessä, on siitä todennäköisimmin kulutettu enemmän elementtejä kuin uudemmissa eristä. Lukumäärät jokaiselle elementtierälle syötettiin hyödyntämällä satunnaisuutta Excelin SATUNNAISLUKU.VÄLILTÄ-funktiota. Funktio valitsee annetulta väliltä luvun, jossa kaikkien lukujen valinnan todennäköisyys on yhtä suuri. Satunnaisuudella saatiin riittävät eräkokoja hajonnat työkalun toiminnan todentamiseen. Työkalussa käytetyt vaihteluvälit riippuivat elementtityypistä, jolla pyrittiin mukailemaan todellisia eräkokoja. Täten esimerkiksi yksikköhinnaltaan huomattavasti kalliimpien kuorma-ammuksien erä koko oli väliltä 150–250, kun taas sirpalekranaateilla 1500–2500.

Eräkoot voivat vaihdella muutamasta sadasta jopa kymmeneen tuhansiin. Tähän vaikuttaa hyvin monta eri tekijää, muun muassa valmistajan käytössä olevat raaka-aineet ja tilaajan halukkuudet toimituksiin. Tilattua kappalemäärää ei välttämättä saada valmistettua samoista raaka-aine-eristä, jolloin valmistusperusteiden tai -materiaalien muuttuessa myös valmiste-erä muuttuu. Tarkat tiedot ovat aina valtiokohtaisia ja luottamuksellisia, siksi käytetään taulukon 7 alla vaihteluvälejä tämän työkalun testaamiseen.

Taulukko 7: Elementtityyppien yleiset vaihteluvälit.

Elementtityyppi	Eräkoon vaihteluväli
Iskusytytin	2000–2500
Aikasytytin, mekaaninen	500–750
Hakeutuva sytytin	250–500
Sirpalekranaatti	1500–2000
Kuorma-ammus	150–250
Pitkän kantaman ammus	250–350
Täyspanos	2000–2500
Täyssarjapanos	2000–2500
Puolisarjapanos	2000–2500
Iskulukkonalli	2500–3000

Odotettu elinikä

Elementtityyppien odotetut eliniät määritettiin suoraa luvun 2.5 taulukosta 3.

Varastointiluokka

Varastointiluokat esitettiin luvussa 2.5 ja samaa viisiportaista luokittelua käytettiin muodostetussa työkalussa. Varastointiluokat jokaiselle elementtityypille määritettiin siten, etteivät kaikki erät ole varastoituna samaan luokkaan, ja lähes kaikkia luokkia käytettiin. Keskimääräisesti suurin osa eristä oli määritetty varastointiluokkiin 2, 3 tai 4. 1. luokkaa käytettiin vain erikoisampumatarvikkeille, ja luokkaa 5 yksittäisillä erillä. Todellisuudessa järjestelmävastuullinen määrittää erien varastointiluokat resurssien ja priorisoinnin perusteella. Varastointiluokkien välillä eriä voidaan siirtää, esimerkiksi vanhempien erien siirtäminen huonompaan varastointiluokkaan kulutusta varten.

Elementtityypeittäin tarkastusväli vuosina ja tarkastuksen läpäisyn todennäköisyys

Tarkastuksiin liittyen työkaluun syötetään jokaisen elementtityypin osalta tarkastusväli vuosina ja tarkastuksen läpäisyn todennäköisyys kyseisellä elementtityypillä. Tarkastusväli tarkoittaa käytännössä valvontaväliä, eli monenko vuoden välein tämän elementtityypin erille toteutetaan otantatarkastuksia. Todellisuudessa valvontavälit vaihtelevat tarkastustulosten mukaan jokaisella erällä. Tässä työkalussa käytettiin yhtä kiinteää tarkastusväliä, jonka avulla määritetään, onko erällä tarkasteluvuonna tarkastusvuosi. Määritetyt vuodet

noudattelevat luvussa 2.5 taulukossa 2 esitettyjen tietojen perusteella. Karkeasti erikoisampumatarvikkeille tarkastusvälit ovat lyhyemmät kuin konventionaalisilla elementeillä, sillä niissä on enemmän hajoavia komponentteja. Toisaalta niiden kunto kiinnostaa enemmän suuremman kappalehinnan vuoksi. Todelliset kunnonvalvontavälit määritetään kunkin elementtityypin varastointikestävyyden käyttäytymisen perusteella.

Tarkastuksen läpäisyn todennäköisyydellä tarkoitetaan yhdistettyä todennäköisyyttä sille, että erä läpäisee tarkastusvuonna koko tarkastusprosessin. Todellisuudessa otantatarkastuksen hylkäys ei hylkää koko erää, vaan tässä tapauksessa toteutetaan lisätarkastuksia. Kaikkien elementtityyppien todennäköisyydet on määritetty vähintään 95 prosenttiin, sillä ampumatarvikkeiden voidaan oletusarvoisesti läpäisevän tarkastukset. Tarkastuksien osalta todennäköisyyksiin pitää käyttää todellisia luotettavuustietoja kustakin elementistä. Luotettavuustieto, eli läpäisyn todennäköisyys, voi muuttua suhteessa elementin ikään.

Elementtityypeittäin suunniteltu kulutus ja hankinnat seuraavalle 10 vuodelle

Elementtien kulutukseen ja hankintoihin vaikuttavat useat eri tekijät. Tässä työkalussa näihin sovellettiin satunnaisuutta, jossa vaihteluvälit noudattelivat eräkokojen suhteita siten, ettei kuitenkaan mikään vuosi kulutettu yli eräkoon mukaista lukumäärää. Elementtejä kuuluu varastosta pääasiassa harjoitteluun. Erikoisampumatarvikkeiden kulutus on todennäköisesti huomattavasti pienempää kuin konventionaalisten elementtien, joten niiden kulumäärien vuosittainen vaihteluväli oli 5–10 kappaletta vuodessa.

Hankinnoissa ei hyödynnetty satunnaisuutta, vaan nämä vuosittaiset hankintamäärät määritettiin siten, että sopimusperusteisesti hankitaan yksi erä esimerkiksi joka toinen vuosi. Iskulukkonalleja määritettiin hankittavaksi lähes joka vuosi, sillä niitä kuluu jokaisessa laukausyhdistelmässä. Erikoisampumatarvikkeita taasen määritettiin hankittavaksi vain muutaman kerran tarkastelujaksolle niiden korkean hankintahinnan takia. Hankintamäärät olivat lukumäärien määrittämiseen käytetyn vaihteluvälin keskikohdassa ja yhtä suurina keskenään samalla elementtityypillä.

Kustannukset varastoinnista-, elinjakson jatkamisesta- ja luopumisesta / kappale

Kustannustietoihin syötetään elementtityypeittäin niiden aiheuttamia kustannustietoja seuraavasti yksikköhintoina.

Varastoinnin kustannukset tarkoittavat tässä työkalussa yksittäisestä elementistä syntyviä laskennallisia varastointikustannuksia, jotka perustuvat elementtien viemään varastointipinta-alaan. Yleisessä aineistossa kustannukset on määritetty siten, että suhteessa pienimpien elementtien, kuten iskulukkonallien aiheuttama kustannus on selkeästi pienempi kuin esimerkiksi ammusten.

Elinjakson jatkamisen kustannusten katsotaan syntyvän elementille tehtävien tarkastustoimenpiteiden sekä mahdollisten komponenttivaihtojen ansiosta. Joillakin elementtityypeillä tarkastuksiin voi myös liittyä esimerkiksi koeammunta, ja tällaiset toimenpiteet nostavat syntyviä kustannuksia selkeästi enemmän. Tässä aineistoissa kustannukset on määritetty niin, että erikoisampumatarvikkeiden elinjakson jatko maksaa selkeästi enemmän kuin konventionaalisten elementtien, esimerkiksi kuorma-ammukselle kahdeksan kertaa enemmän kuin sirpalekranaatille.

Luopumisen kustannukset muodostuvat, mikäli elementtierästä luovutaan, eikä sitä siis käytetä normaaliin ampumatoimintaan. Tällöin kustannuksia aiheutuu niin elementtien kuljetuksista kuin myös itse käytännön tuhoamisen toimenpiteistä. Tässä työkalussa kaikkien elementtien luopumisen kustannuksien oletetaan olevan yhtä suuret.

Kaikki kustannustiedot tulisi olla historiatietoon perustuvia, mikäli työkalua käytetään todellisella aineistolla.

Varastoinnin lisätiedot: Vaikutus varastointikestävyyteen ja kustannustiedot

Varastointiluokkien lisätietoina syötetään parametreiksi varastointiluokan vaikutus elementin varastointikestävyyteen ja varastointiluokan aiheuttama kustannus.

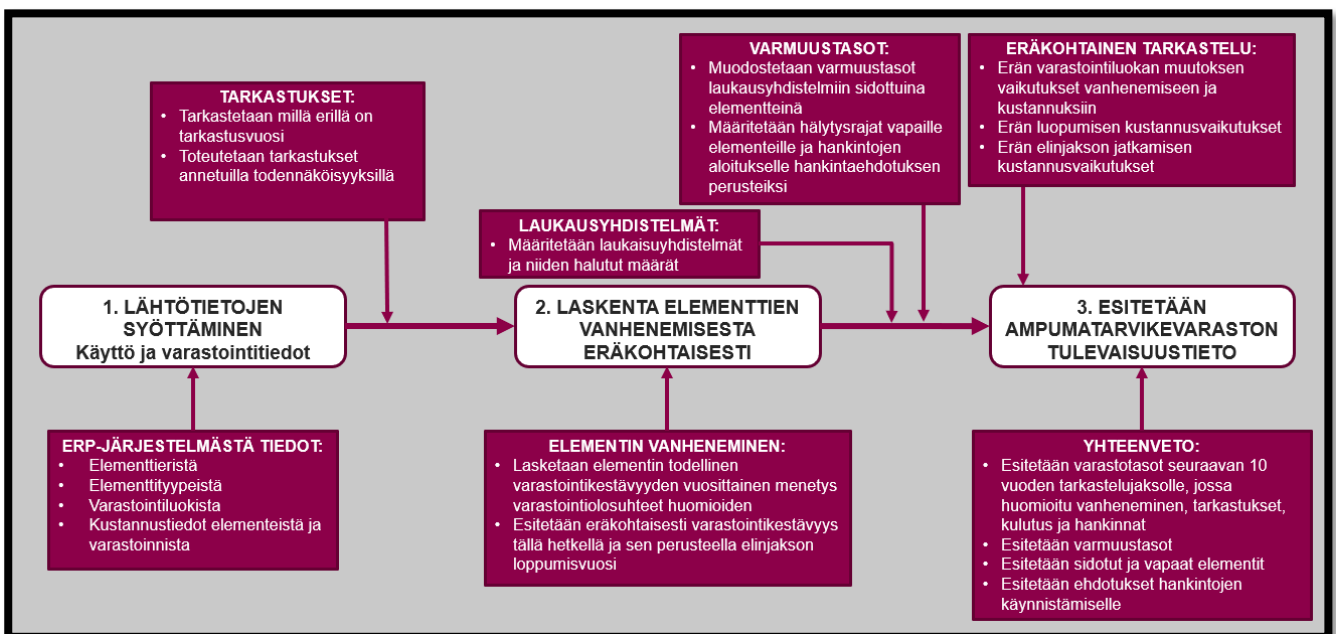
Vaikutus varastointikestävyyteen tarkoittaa varastointiluokan aiheuttamaa elementin varastointikestävyden menetyksen intensiteettiä, eli kuinka paljon varastointi hidastaa elementin varastointikestävyden menetystä. Paras varastointiluokka hidastaa eniten, eli vaikuttaa vähiten, elementin varastointikestävyyteen ja huonoin taas vaikuttaa eniten eli hidastaa vähiten. Koska tutkimukseen ei ollut käytettävissä todellista aineistoa eri varastointiluokkien vaikutuksista elementtien varastointikestävyyteen, työkaluun syötettiin osin kokeilemalla arvot, joilla varastointiluokan ero olisi mahdollisimman realistinen. Käytännössä siis siten, että on selkeästi havaittavissa, onko erä varastoitu parhaimpaan vai huonoimpaan luokkaan.

Varastointiluokkien kustannustietoja tarkastellaan työkalussa kuten muitakin kustannuksia, eli yksikköhintoina, mutta nyt aiheuttamisperusteena on fyysisen varastotilan kus-

tannukset yksittäistä elementtiä kohti, eikä elementin varastoinnin viemä pinta-ala. Työkaluun määritettiin kustannukset portaittain laskevasti parhaimmasta heikoimpaan varastointiluokkaan.

4.6 Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan suunnittelutyökalu

Tässä alaluvussa kuvataan muodostetun Excel-pohjaisen suunnittelutyökalun toiminta. Tarkempi toimintakuvaus ja käyttöohje on esitetty liitteessä E. Työkalun lohkokaavio on esitetty kuvassa 27 alla.



Kuva 27: Työkalun lohkokaavio.

4.6.1 Lähtötietojen syöttäminen

Työkaluun syötetään ampumatarvikeperheen tiedot kahdelle erilliselle välilehdelle. Ensimmäiselle välilehdelle syötetään olemassa olevien ampumatarvikkeiden tiedot elementtityypin ja valmistuserien tarkkuudella. Jokaisesta erästä ilmoitetaan elementtityyppi, eränumero, erävuosi, elementtien lukumäärä, odotettu elementtityypin elinjakson pituus ja varastointiluokka.

Toiselle välilehdelle kerätään työkalun tarvitsevat lisätiedot elementtityypeistä ja varastoinnista, joita käytetään työkalun laskennassa. Tietojen luokat voidaan jakaa tarkastuksiin,

kulutukseen, hankintoihin, kustannustietoihin elementtieristä sekä varastointitietoihin varastointiluokan vaikutuksesta elementtien varastointikestävyydelle sekä varastoinnin kustannuksiin.

Tarkastusväli vuosina tarkoittaa valvontaväliä elementtityypillä, ja tarkastuksen läpäisyn todennäköisyydellä tarkoitetaan koko erälle tehtävien tarkastuksien läpäisyn yhtä todennäköisyyttä, eli millä todennäköisyydellä erä on käytettävissä tarkastusvuoden jälkeen. Tarkastuksien läpäisyä on yksinkertaistettu vain yhteen todennäköisyyteen, vaikka todellisuudessa otantatarkastuksen hylkäys ei automaattisesti johda koko erän hylkäykseen, vaan lisäselvityksiin hylkäyksen syystä.

Suunnitellut vuosittaiset kulutus- ja hankintamäärät jokaiselle elementtityypille syötetään seuraavalle 10 vuodelle.

Kaikki syötetyt kustannukset ovat kappalekohtaisia kustannuksia. Elementtityyppien kustannustiedoista huomioidaan yksittäisen elementtityypin yleinen varastointikustannus, elinjakson jatkamisen aiheuttama kustannus sekä erän luopumisen kustannus. Varastointikustannukseen vaikuttaa karkeasti elementtityypin koko, jolloin samansuuruiseen varastointilaan mahtuu enemmän pienikokoisia kuin suurempia elementtejä. Tässä ei siis oteta kantaa varastointiluokkaan, vaan elementin koon aiheuttamaan kustannukseen varastoinnissa. Elinjakson jatko muodostaa kustannuksia tarkastusten toteuttamisen muodossa, sekä josain tapauksissa tämä voi vaatia myös komponenttivalintoja, jotka on mahdollista huomioida tässä. Esimerkiksi kuorma-ammuksissa tällaisia voidaan joutua toteuttamaan elinjakson jatkoon liittyen. Luopumisen kustannukset muodostuvat käytännön toimenpiteistä, kuten rahtikustannuksista, jotka liittyvät erästä luopumiseen. Varastoinnin tiedoista syötetään varastointiluokan vaikutus elementin varastointikestävyuden heikkenemiseen ja varastointiluokan kustannusvaikutus yhtä elementtityypin kappaletta kohti. Elementin varastointikestävyyttä mallinnetaan tässä työkalussa taustamuuttujan W avulla, johon vaikutus varastointikestävyteen -arvo vaikuttaa.

Tarkastukset

Tarkastukset esitetään omalla välilehdellään, jossa toteutetaan tarkastusten laskenta ja esitetään simuloitujen tarkastusten tulokset. Tarkastusvuotta testataan logiikkatestillä jokaiselle erälle. Mikäli logiikkatesti läpäistään, on tarkasteluvuosi kyseiselle erälle tarkastusvuosi ja erälle simuloidaan tarkastuksen läpäisyä erälle syötetyllä läpäisytodennäköisyydellä.

Tarkastukseen läpäisy mielletään binomijakautuneeksi satunnaisilmiöksi, jonka todennäköisyydet tiedetään. Simulointi toteutetaan arpomalla satunnainen reaaliluku, joka on suurempi kuin 0, mutta pienempi kuin 1. Kaikkien lukujen todennäköisyydet tulla valituksi ovat yhtä suuret. Tätä satunnaislukua verrataan elementtityypin tarkastuksen läpäisyn todennäköisyyteen. Mikäli satunnaisluku on suurempi, katsotaan testi hylätyksi ja mikäli taas pienempi, testi katsotaan läpäistyksi. Tällä simuloidaan arvotun satunnaisluvun osumista määritetyn läpäisytodennäköisyyden mukaiselle alueelle. Tarkastusten jälkeen erän elementtien lukumääränä käytetään joko alkuperäistä niille, joilla ei ole tarkastusta tai tarkastus on läpäisty, tai nollaa niille, joilla tarkastus on hylätty. Tästä eteenpäin laskennassa käytetään tämän välilehden antamia lukumääriä kullekin erälle.

4.6.2 Laskenta elementtien vanhenemisesta eräkohtaisesti

Seuraavalla välilehdellä esitetään elementtien vanhenemisen tarkastelu, jossa vanhenevista käsitellään eräkokonaisuudessa samalla periaatteella kuin otantatarkastuksia sovelletaan koko erään.

Aluksi lasketaan elinjakson loppumisvuosi ilman varastoinnin vaikutusta ja jäljellä olevat varastointivuodet. Näiden lisäksi varastointiluokan vaikutusta käytetään todellisen varastointikestävyyden laskentaan.

Taustamuuttujan W :n tarkasteluhetken arvo määritetään kaavoilla 1–2, jonka avulla lasketaan edelleen todellinen elinjakson päättymisvuosi, jossa on huomioitu varastointiluokan vaikutus elinkaaren pituuteen. Kokonaisvarastoa lasketaan omalla välilehdellään, jossa oleellinen tieto on varastosaldojen tilanne elementtityypeittäin ja vuosittain. Välilehdellä lasketaan elementtikohtaiset varastolukumäärät vuosittain.

Laukaisuyhdistelmät

Erilliselle välilehdelle määritetään muodostettavat laukaisuyhdistelmät syötettyjen elementtitietojen perusteella. Laukaisyhdistelmään valitaan A-numeroittain halutut laukaisyhdistelmään elementit. Laukaisyhdistelmien määrittämisen jälkeen syötetään haluttu lukumäärä kutakin laukaisyhdistelmää, joka pitää pystyä muodostamaan varaston elementeistä. Nämä lukumäärät muodostavat varmuustason jokaiselle elementtityypille, jotka lasketaan jokaisesta määritetystä laukaisyhdistelmästä elementtityypeittäin laukaisyhdistelmiin sidottujen elementtien summana. Varastotasot eivät saa alittaa näitä lukumääriä elementtityyppien osalta.

Varmuustasot

Seuraavalla välilehdellä tarkastellaan varastolukumäärien suhdetta varmuustasoihin jokaisella elementtityypillä. Välilehti esittää kokonaisvaraston vapaana olevat elementit, joka lasketaan vähentämällä lasketusta kokonaismäärästä varmuustasojen sitomat elementtilukumäärät. Vapaat elementit esitetään seuraavan 10 vuoden ajalle vuosittain.

Jokaiselle elementtityypille määritetään halutut hälytysrajat vapaana olevista elementtien lukumääristä sekä varattu vuosimäärä täydennyshankinnan käynnistämiseksi. Tämän perusteella lasketaan jokaiselle elementtityypille täydentävän hankinnan käynnistysvuosiehdotus, mikäli hälytysraja alitetaan tarkastelujaksolla. Tarkastelujaksolla varmuustason alitus ilmaistaan taulukossa värikoodilla.

4.6.3 Ampumatarvikevaraston tulevaisuustieto

Yhteenvedo-välilehdelle kootaan oleelliset tiedot 10 vuoden tarkastelujaksolta, jotka esitetään myös graafisina taulukkoina jokaisen elementtityypin osalta. Varaston kokonais-tilanne-taulukkoon on koottu varastosaldot jokaisen elementtityypin osalta, jotka huomioivat vanhenemisen, kulutuksen ja hankinnat. Varastosaldoista erillään esitetään sidotut määrät, jotka muodostavat varmuustasot. Vuosittaiset varastotasot jokaisesta elementtityypistä vuosittain esitetään graafisesti, jossa ilmaistaan myös jokaisen elementtityypin varmuustaso. Lisäksi esitetään jokaiselle elementtityypille ehdotus täydentävän hankinnan käynnistämismuodesta.

Eräkohtainen tarkastelu

Erillisellä välilehdellä lasketaan erien varastointikustannuksia, sekä eräkohtaisesti varastointiluokan muutoksen vaikutus kustannuksiin ja elinjakson todelliseen päättymiseen, erästä luopumisen kustannuksia sekä elinjakson jatkamisen kustannuksia.

Erän varastoinnin yhteiskustannus lasketaan kaavalla 5:

$$c_{erä} = x_{erä} * (c_{luokka} + c_{varastointi}) \quad (5)$$

jossa $c_{erä}$ on erän kokonaisvarastointikustannus, $x_{erä}$ on erän elementtien lukumäärä, c_{luokka} on varastointiluokan aiheuttama kustannus yksittäistä elementtikappaletta kohtaan ja $c_{varastointi}$ on yleisestä varastoinnista aiheutuva kustannus yksittäistä elementtikappaletta kohtaan.

Eräkohtaiseen tarkasteluun valitaan tarkasteltava erä, jonka tiedot haetaan, ja niiden perusteella lasketaan tarkasteltavan toiminnon vaikutus erälle. Erästä luopumisen kustannus lasketaan kappalemäärän ja luopumisen kappalekustannuksien tulona. Lisäksi esitetään nykyisten varastokustannuksien ja luopumisen kustannuksien erotus.

Elinjakson jatkon kustannus lasketaan erän lukumäärän ja elinjakson jatkamisen kappalekohtaisen kustannuksen tulona. Lisäksi lasketaan tarkasteluvuoden varastointikustannusten sekä elinjakson jatkon summana yhteensä syntyvä kustannus tarkasteluvuodelle.

Varastointiluokan muutoksen vaikutus kohdistuu sekä kustannuksiin että erän elinjakson päättymiseen. Erän uuden varastointiluokan mukaan lasketaan sen uudet varastointikustannukset tarkasteluvuonna ja lasketaan nykyisen sekä uuden varastointikustannuksen erotus. Lisäksi lasketaan erän uusi elinjakson päättymisajankohta päivitetyllä varastointiluokalla erän jäljellä olevan varastointikestävyuden mukaisesti, jonka erotus nykyisestä elinjakson päättymisvuodesta lasketaan erikseen.

Työkalun rajaukset ja oletukset

Työkalussa on käytetty seuraavia oletuksia ja sillä on seuraavia rajauksia:

- Tarkastuksissa kulutettavia yksittäisiä elementtejä ei huomioida varastolaskennoissa, vaan ne oletetaan kulutetuiksi. Yksittäisillä kappaleilla ei kokonaisuuden kannalta ole merkitystä.
- Työkalussa oletetaan, että varastointiluokka on ollut sama koko elinkaaren ajan. Tällöin simuloidaan erän nykyinen varastointikestävyys.
- Työkalun käyttöhetkeksi oletetaan loppuvuosi, jolloin tarkastellaan seuraavaa vuotta.
- Rajataan käsittely, opetus ja harjoitustarvikkeet geneerisen datasetin ulkopuolelle
- Varastointiluokan muutoksia historian aikana ei huomioida.
- Malli tunnistaa vain yhden tarkastusvälin, jolloin tarkastusten läpäisy yksinkertaistetaan yhteen valvontaväliin. Vain tarkasteluvuoden tarkastukset on järkevää huomioida. Muutoin huomioidaan varastoinnin vaikutus varastointikestävyyteen ja siten elementin elinikään.
- Tuotettu työkalu ei kykene priorisoimaan seuraavaksi käytettäviä eriä, vaan työkalun käyttäjän täytyy määrittää kulutukseen ohjattavat erät. Erien kulutukseen ohjaamiseen liittyy myös esimerkiksi varastointipaikan suhde käyttöpaikasta, jolloin on syytä tarkastella laajemmin, mikä erä on järkevää kuluttaa seuraavaksi.
- Työkalu ei huomioi ampumatarvikkeiden varastointikapasiteetteja.

5 Tulokset ja analyysi

Tutkimuksen tulokset ovat ampumatarvikeperheen käyttäytymistä ilmentävän mallin perusteella tuotettu suunnittelutyökalu, sen soveltuvuus mallin ratkaisuksi sekä sille asetettujen vaatimusten täytyminen. Mallin tuottamat tulokset raportoidaan kuvan 27 lohkokaa-vion mukaisesti merkityksellisinä kokonaisuuksina, jolloin kyetään tarkastelemaan työkalussa toteutetut ilmiöt ja analysoimaan niiden toteutumista verifioinnin ja validoinnin muodossa. Verifioinnilla tutkitaan, onko työkalun toteutus MS Exceliin toteutettu oikein, esimerkiksi lasketaanko varastointikestävyys mallin mukaisesti oikein. Validoinnilla tutkitaan vastaako työkalun tuottamat tulokset ilmiötä, eli onko malli määritetty oikein sen vaatimusten perusteella. Edellä mainituilla menetelmillä todetaan, että työkalu soveltuu sille luvussa 4.3 määritettyihin vaatimuksiin.

Lähtötietojen syöttäminen

Työkaluun on mahdollista syöttää tarvittavat lähtötiedot, joiden perusteella työkalu kykenee muodostamaan koonnoksena ampumatarvikkeiden varastointitasot elementtityypeittäin. Työkalu hakee syöttösivulta sekä lisätiedot-välilehdeltä oikeat tiedot ja syöttää ne oikeisiin kohtiin muille välilehdille laskennan perustaksi. Syötettävät tiedot on muodostettu yleisen aineiston perusteella, ja ne vastaavat riittävältä osin lukujen 2 ja 3 perusteella yleistä ampu-matarvikeperhettä ja sen tietoja. Tällöin työkalun testaaminen onnistui yleisen aineiston avulla.

Kunnonvalvontatarkastukset

Tarkastusvuoden määrittäminen toimii oikein, jolloin laskenta erävuoden ja syötetyn tarkastusvä-lin mukaan pitää paikkaansa. Esimerkiksi vuosi 2024 ilmoitetaan tarkastusvuodeksi erä-vuoden 2004 mukaiselle erälle syötetyllä 10 vuoden tarkastusvälillä. Työkalu toteuttaa tar-kastukset sille määritellyllä tavalla, joka todettiin kokeilemalla läpäisyn todennäköisyydellä 0 %, jolloin mikään tarkastettavista eristä ei läpäissyt tarkastusta. Aineistossa käytetyillä 95–98 % todennäköisyyksillä todettiin, että useammalla eri laskennalla lähes kaikki tarkas-tukset läpäistiin, mutta myös satunnaisia hylkäyksiä ilmeni luottamusvälin mukaisesti. Mi-käli tarkastus hylättiin, työkalu muutti jatkolaskentaan erän lukumääräksi 0, eli erä hylättiin eikä vaikuttanut jatkolaskentaan. Tarkastusten läpäisy on ilmiönä kuvattu riittävällä tasolla kokonaisuuden hahmottamiseksi, mutta toteutustapaa voisi tarkentaa. Kuten todettua, nyt

käytetty yksi testi koostuu todellisuudessa useammasta tarkastuksesta, joiden läpäisyssä voitaisiin hyödyntää todellisia tietoja tarkastusten toteutumisesta. Tämän perusteella tarkastuksen läpäisyä voisi simuloida tarkemmin esimerkiksi eksponenttijakaumalla ja peräkkäisten toisistaan riippuvaisten tapahtumien todennäköisyyksillä. Vaatimus 3 täyttyy tämän perusteella.

Laskenta elementtien vanhenemisesta eräkohtaisesti

Elementtierien vanheneminen toteutuu työkalussa luvussa 4.4 esitetyn mallin mukaisesti. Esimerkiksi elementtierälle vuodelta 2006, jolla on 40 vuoden odotettu elinjakso saadaan w_l arvoksi 2,5 ja laskennalliseksi elinkaaren päättymiseksi vuosi 2046, Edelleen varastointiluokan vaikutus huomioiden w_l arvoksi saadaan 2,8 ja todelliseksi elinkaaren päättymisvuodeksi 2041. Mikäli saman erän varastointiluokkaa muutetaan, muuttuu myös laskennan tulos varastointiluokkaa vastaavasti. Täten voidaan todeta työkalun laskevan elementin vanhenemista mallin mukaisesti, ja kyseisen erän varastoinnin vaikutuksen vähentävän elementin elinjakson pituutta viisi vuotta. Työkalu kykenee ilmoittamaan jokaiselle erälle niiden vanhenemisvuoden.

Vanheneminen on toteutettu työkalussa lineaarisella vanhenemisella eri varastointiluokkien vaikutuksilla painotettuna. Tällä saadaan oikean suuntaisia tuloksia, jolloin esimerkiksi parhaassa mahdollisessa varastointiluokassa elementti säilyttää varastointikestävyyttään pidempään kuin huonoimmassa. Ero on selkeästi vuosina elinjakson lasketun päättymisvuoden muutoksena. Työkalu soveltaa samaa menettelyä kaikille elementtityypeille, joka yleistää vanhenemisen samankaltaiseksi kaikille elementtityypeille, vaikka todellisuudessa niiden vanheneminen käyttäytyy eri tavoin. Vanhenemisen mallintamista tulisi tarkentaa jokaiselle elementtityypille erikseen, sillä niiden luotettavuustiedot ovat erilaisia eri varastointiolosuhteissa elementtien erilaisten konstruktoiden takia. Elementtityyppien tarkkaan vanhenemisen mallintamiseen ja simulointiin olisi järkevä käyttää todellisia elementtityyppikohtaisia luotettavuustietoja. Näihin voisi sisällyttää myös kunnonvalvonnan tuottaman tiedon tarkastuksista, jolloin jokaisen erän varastointikestävyyden arvo olisi tarkempi.

Työkalu kykenee ilmoittamaan kokonaisvarastot elementtityypeittäin vuosikohtaisesti, joissa on huomioitu vuosille ilmoitettu kulutus, hankinnat sekä lasketut vanhenevat elementit. Näiden perusteella työkalun voidaan katsoa täyttävän vaatimukset 2, 4 ja 10.

Laukaisuyhdistelmät ja varmuustasot

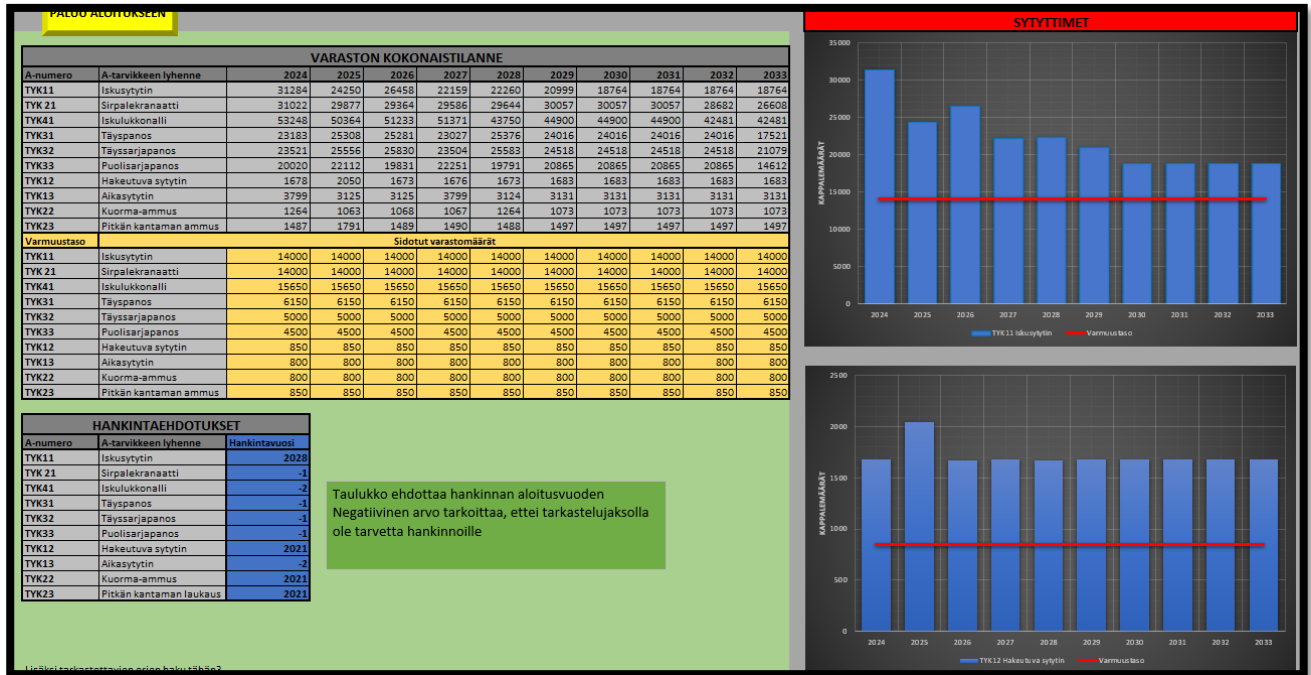
Työkalu kykenee muodostamaan käyttäjän valintojen mukaiset laukausyhdistelmät sekä niiden halutut lukumäärät, ja laskemaan näiden tietojen perusteella näihin sidotut elementtien lukumäärät tyypeittäin. Varmuustasot kyetään muodostamaan, sekä esittämään niihin sidotut elementtilukumäärät. Työkalu kykenee esittämään lisäksi varmuustasojen perusteella varastossa olevat vapaat elementit, joita ei ole sidottu laukausyhdistelmien muodostamiseen. Työkaluun voidaan syöttää haluttu hälytysraja vapaiden elementtien lukumäärälle sekä ennakkovaroitus vuosina. Näiden perusteella työkalu ilmaisee hälytysrajojen alituksen oikein sekä lukumääränä, että annettujen ennakkovuosien mukaan. Lopputuloksena työkalu laskee ehdotuksen hankinnan käynnistämivuodesta oikeaan reunaan. Nämä edellä mainitut kokonaisuudet näkyvät kuvassa 28. Esimerkiksi ylimmän rivin iskusyöttimellä hälytysraja on 8000 ja syötetty ennakkovuosiksi 1 vuosi. 8000 kappaletta alittuu vuonna 2029 kun lukumäärä laskee alle 8000, jolloin kyseinen vuosi ilmaistaan punaisena ja hankintaehdotukseksi ilmoitetaan 2028. Toiminnallisuus ilmaisee siis oikein syötettyihin tietoihin perustuen täydennys Hankintojen käynnistämivuoden, joka perustuu varastolukumääriin, joissa on huomioitu kulutus, vanheneminen ja hankinnat. Missään vaiheessa varsinaista sidottujen elementtien varmuustasoa ei aliteta, koska hälytysraja perustuu vapaisiin eikä sidottuihin elementteihin. Näin ollen voidaan katsoa vaatimuksen 7 ja 9 täyttyvän.

A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	SIDOTUT	VAPAAANA OLEVAT ELEMENTIT											Hälytysrajat / kpl vapaana	Varaus hankintaan v	Hankintavuosi
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033				
TYK11	iskusyöttin	14000	17284	10250	12458	8159	8260	6999	4764	4764	4764	4764	8000	1	2028	
TYK 21	Sipalekranaatti	14000	17022	15877	15364	15586	15644	16057	16057	16057	14682	12608	1000	1	2028	
TYK41	iskulukonali	15650	37598	34714	35583	35721	28100	29250	29250	29250	26831	26831	18000	2	2028	
TYK31	Täyspanos	6150	17033	19158	19131	16877	19226	17866	17866	17866	17866	11371	4000	1	2028	
TYK32	Täyssarjapanos	5000	18521	20556	20830	18504	20583	19518	19518	19518	19518	16079	4000	1	2028	
TYK33	Puolisarjapanos	4500	15520	17612	15331	17751	15291	16365	16365	16365	10112	4000	1	2028		
TYK12	Hakeutuva syöttin	850	838	1200	824	826	833	833	833	833	833	900	3	2021		
TYK13	Aikasyöttin	800	2999	2325	2325	2999	2324	2331	2331	2331	2331	900	2	2021		
TYK22	Kuorma-ammus	800	464	263	268	267	464	273	273	273	273	900	3	2021		
TYK23	Pitkän kantaman laukaus	850	637	941	639	640	638	647	647	647	647	700	3	2021		

Kuva 28: Laukaisuyhdistelmät ja varmuustasot työkalussa.

Ampumatarvikevaraston tulevaisuustieto

Työkalu kokoaa oleelliset tiedot yhdelle välilehdelle, kuten kuvassa 29 on havainnollistettu. Työkalu kokoaa tiedot varaston kokonaistilanteesta sekä varmuustasoihin sidotuista lukumääristä elementtityypeittäin seuraavan 10 vuoden ajalle, ja ilmaisee ne graafisesti elementtityypeittäin. Kuvaajat sisältävät varaston kokonaismäärän sekä varmuustason kyseiselle elementtityypille. Lisäksi työkalu kokoaa hankintaehdotukset jokaiselle elementtityypille seuraavalla 10 vuoden ajanjaksolla yhteen taulukkoon. Tältä osin voidaan katsoa työkalun täyttävän vaatimuksen 1.



Kuva 29: Ote työkalun Yhteenveto-sivulta.

Eräkohtainen tarkastelu

Työkalu ilmoittaa syötettyjen tietojen perusteella jokaisen elementtieron kustannukset, jotka ovat riippuvaisia lukumäärästä ja määritetyistä kappalekohtaisista kustannuksista. Mikäli lähtötietoja muutetaan, kustannukset muuttuvat myös elementtieron oikein.

Eräkohtaisesti voidaan tarkastella luopumisen tai elinjakson jatkamisen kustannuksia. Työkalu laskee muuttuneen tiedon perusteella kustannukset kummassakin tapauksessa lähtötietojen perusteella oikein ja ilmaisee erotuksen luopumisen ja varastoinnin jatkamisen välillä, tai elinjakson jatkamisen ja varastoinnin kustannuksen oikein summana.

Varastointiluokan muutos vaikuttaa tarkasteltavaan erään. Muuttuneen varastointiluokan mukaan erän kustannustiedot muuttuvat suhteessa oikein, ja tästä ilmoitetaan niiden erotus. Varastointiluokan muutoksen vaikutus elinjakson päättymisvuoteen ilmoitetaan oikein, jolloin uuden varastointiluokan perusteella lasketaan vaikutus jäljellä olevan todellisen elinjakson pituuden mukaan. Täten esimerkiksi 3. varastointiluokan muutos 1. pidentää erän elinjaksoa neljällä vuodella, mutta kasvattaa tulevan vuoden varastointikustannuksia erän lukumäärän mukaan 30 880 €.

Eräkohtaisilla tarkasteluilla kyetään vastaamaan eräkohtaisesti entä-jos-kysymyksiin, sekä tarkastelemaan vaihtoehtoja liittyen erien käyttöön, esimerkiksi kulutukseen ohjaamisen muodossa. Tämän perusteella voidaan katsoa työkalun täyttävien vaatimukset 5, 6 ja 8.

Kokonaisuus

Muodostettujen yleisten vaatimusten voidaan todeta kuvanneen riittävän tarkasti mallin vaatimuksia, koska niiden avulla tuotettu työkalu on käyttökelpoinen yleisellä aineistolla testattuna. Työkalu vastaa määritettyjä vaatimuksia ja sen tulosten voidaan todeta kuvaavan ampumatarvikeperheen käyttäytymistä realistisesti. Täten mallin voidaan todeta soveltuvan tutkimusongelman ratkaisuksi.

Työkalun avulla kyetään tarkastelemaan syötettyjen tietojen mukaista ampumatarvikeperhettä ja sen käyttäytymistä suunnitteluun soveltuvalla aikahorisontilla. Tulosten avulla voidaan suunnitella esimerkiksi seuraavan vuoden tarkastettavien erien työtilaukset tai kulutukseen ohjattavat erät. Varaston käyttäytymistä voidaan tarkastella vuositasolla elementtityyppikohtaisesti, jolloin voidaan tunnistaa etukäteen esimerkiksi vuodet, jolloin useampi eristä vanhenee tai täytyy tarkastaa. Tällöin ennakoivat toimenpiteet voidaan aloittaa riittävän ajoissa esimerkiksi työsuunnitelman muodossa hajauttamalla tarkastuksia usealle vuodelle.

Tulosten perusteella voidaan vastata entä-jos-kysymyksiin, esimerkiksi varastointiluokkien muutosten vaikutusten osalta, varsinaiseen optimointiin kyetään lähtötietojen manuaalisella modifioinnilla. Samoin on mahdollista arvioida erien kustannushyöty-suhdetta, joka voi tarkoittaa esimerkiksi tietyistä erästä luopumista ennen elinjakson päätöstä, tai vaihtoehtoisesti lähitulevaisuudessa vanhenevan erän ohjaamista kokonaisuudessaan seuraavan vuoden kulutukseen. Tässä tapauksessa erästä voidaan saavuttaa hyötyä käytön muodossa, eikä sen luopumiseen jouduta käyttämään kustannuksia ilman mitään saavutettavaa arvoa.

Työkalu ei ole täydellisen elinkaarikustannuslaskennan väline. Kustannusten osalta työkalun tuloksena saadaan oleellisimmat, eli seuraavan vuoden varastoinnista ja elinjakson jatkamisesta muodostuvat kustannukset. Täten nämä ovat suoraan hyödynnettävissä seuraavan vuoden budjetointiin, eli paljonko rahaa on varattava suorituskyvyn ylläpitoon nykyisen suorituskyvyn ylläpidon osalta.

Työkalun varsinainen validointi tulee toteuttaa käyttämällä todellisia ampumatarvikeperheen tietoja lähtötietoina, ja vertaamalla niitä todennettuun historiatietoon ampumatarvikeperheen käyttäytymisestä. Menettelyllä voidaan tunnistaa mahdollisia työkalun kehityskohteita, ja tehdä tarvittavat muokkaukset.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä tutkimustyössä etsittiin ratkaisua tutkimusongelmaan: *Miten ampumatarvikeperheen elinkaarta ja käytön optimointia voidaan tukea mallintamisen avulla?*

Tutkimuskysymyksiin vastataan seuraavasti:

1. *Mitä vaatimuksia 155 mm ampumatarvikeperheen käyttö ja elinkaaren hallinta asettaa mallintamiselle?*

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa ja määritellä yleisiä vaatimuksia ampumatarvikeperheen käyttäytymistä nykyhetkestä tulevaisuuteen kuvaavalle mallille. Vaatimusten perusteella malli toteutettiin suunnittelutyökalun muodossa, joka tukee ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaa tuottamalla tietämystä päätöksenteon tueksi.

Elementtieron varastointikestävyys on keskiössä ampumatarvikeperheen käyttöä ja elinkaaren hallintaa tarkasteltaessa. Varastointikestävyys määrittää missä elinkaaren vaiheessa ampumatarvikeperheen sisältämät elementtieron ovat varastoituna. Elinkaaren hallinta kuluu ylläpidettäviin elementtityyppien lukumääriin, jotka ilmaistaan muodostettavien laukausyhdistelmien vaatimien varmuustasojen muodossa. Hallitakseen ampumatarvikeperhettä on siis kyettävä hallitsemaan laukausyhdistelmien muodostavien elementtityyppien käytössä olevia eriä, ja edelleen käytettävissä olevia elementtien lukumääriä varastossa. Varastointikestävyuden mallintaminen mahdollistaa elinkaaren hallinnalle ominaisen suunnitelmallisuuden koko elinkaaren aikana. Ampumatarvikeperheen ylläpito on osa varautumista, jolloin kulutus on huomattavan pientä verrattuna varastoituihin kokonaislukumääriin. Normaalioloissa käyttö keskittyy siis suorituskyvyn ylläpitoon kunnonvalvonnalla ja täydentävillä hankinnoilla ennakoivasti. Varautumista toteutetaan kuitenkin mahdollisia poikkeusoloja varten, jolloin kulutus ja ampumatarvikeperheen elementtien varastointiolosuhteet muuttuvat merkittävästi normaalioloista. Näitä vaikutuksia kyettäisiin mallintamaan jo normaalioloissa, jolloin niihinkin kyettäisiin varautumaan.

2. *Minkä tyyppinen malli soveltuu 155 mm ampumatarvikeperheen käytön ja elinkaaren kuvaavan mallin rakentamiseen?*

Varaston hallinnan mallintaminen tietämystä tuottavalla toteutustavalla on edellytys elinkaaren hallinnalle. Kirjanpidollinen malli, joka ilmaisee varaston kulumista ilmiön mukaisesti, on ampumatarvikeperheen käytön ja elinkaaren kuvaamiseen soveltuvin työkalun

muodossa. Toimintatapa-mallien merkitystä ei kuitenkaan voida sivuuttaa. Työkalu voi kuvata ilmiötä, mutta elinkaaren hallinta sisältää toimenpiteitä ja prosesseja, jotka toteutukseen vaativat esimerkiksi sujuvaa kommunikointia eri toimijoiden välillä. Työkalun rooli on tukea päätöksentekoa ja tuottaa tietämystä elinkaaren hallinnan toteuttamiselle. Nämä mahdollistavat elinkaaren hallinnan käytännön onnistumisen oikea-aikaisina ja -suuntaisina päätöksinä, sekä edelleen niitä seuraavina toimenpiteinä. Työkalu ilmaisee ehdotukset uudelleenhankinnoista eri elementtityypeille, mutta sen käytännön toteutuminen vaatii tähän osoitetut resurssit, jotka saadaan taasen erilaisten prosessien kautta tiedon jakamisen avulla.

3. Miten 155 mm ampumatarvikeperheen käyttöä ja elinkaarta kuvaava malli voidaan validoida?

Tuotetun mallin ja työkalun validointiin vaaditaan todellisia tietoja todellisesta ampumatarvikeperheestä ja sen käyttäytymisestä. Testaaminen todellisilla tiedoilla ja saatujen tulosten vertaaminen todellisiin tiedossa oleviin historiatietoihin kertoo tosiasiasa kuvaako malli ilmiötä todenmukaisesti. Tutkimuksessa muodostetun yleisen aineistolla voitiin validoida mallin ja työkalun toimivuus, mutta vasta oikeiden tietojen perusteella saatujen tulosten vertaamisella historiatietoon, voidaan tehdä lopullisia johtopäätöksiä validoinnista.

4. Miten tuotettu malli soveltuu 155 mm ampumatarvikeperheen elinkaaren ja käytön optimointiin?

Malli ilmentää ampumatarvikeperheen käyttäytymistä yleisellä aineistolla todenmukaisesti. Tulokset tuottavat tietämystä elinkaaren hallinnan päätöksentekoa varten. Malli kykenee esimerkiksi ehdottamaan täydentävien hankintojen käynnistämisen vuoden annetuilla perusteilla, mutta se ei kykene ehdottamaan taloudellisimpia tilauseräkokoja. Mallin tuottamien tulosten perusteella kyetään havaitsemaan, miten ampumatarvikeperhe käyttäytyy tulevina vuosina, jonka perustella työkalun käyttäjä kykenisi tekemään toimenpideehdotuksia ampumatarvikeperheen elinkaaren hallintaan tai käytön optimointiin, esimerkiksi erästä luopumisen tai käyttöön ohjauksen muodossa. Varsinainen optimointi on kuitenkin työkalun käyttäjän varassa, sillä malli ei ole puhtaasti optimointimalli. Sama koskee elinkaarikustannuslaskentaa, ja sen riittävän kattavaan toteutukseen vaadittaisiin oma työkalunsa.

5. Miten tuotetulla mallilla voidaan tukea päätöksentekoa ampumatarvikeperheen käytön optimoinnissa?

Mallin tulosten perusteella kyetään tekemään arvioita esimerkiksi varastointiluokkien muutoksen vaikutuksesta erän elinjakson pituuteen. Malli kykenee siis tuottamaan tulosten muodossa tietoa ampumatarvikeperheen käyttäytymisestä tulevaisuudessa, ja erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia elementtierille kustannusten tai elinkaaren päättymisvuoden muodossa. Malli jalostaa tietoa tietämykseksi, ja sen avulla kyetään vastaamaan entä-joskysymyksiin mallin rajoitteiden puitteissa, jolloin ampumatarvikeperheen käyttöä suorituskyvyn ylläpidon muodossa kyetään tukemaan tietämyksellä.

Tutkimusongelmaan vastataan osaltaan tutkimuskysymysten avulla ja ongelman vastausta täydennetään seuraavasti:

Ampumatarvikeperheen elinkaarta ja käytön optimointia voidaan tukea mallintamisen avulla mallintamalla niitä ilmiöitä, joiden mittaaminen on hankalaa, esimerkiksi varastointikestävyyttä tai poikkeusolojen kulutusta. Näitä on mahdollista imitoida esimerkiksi stokastisella simuloinnilla, jolla kyetään simuloimaan epävarmuutta ilmiöiden käyttäytymiseen. Erilaisia prosesseja ja toimintatapamalleja on myös mahdollista kehittää, mutta ydintietämys tuotetaan näitä tukevilla työkaluilla. Työkalu tuottaa edellä mainituille toiminoille tarvittavan tietämyksen käytännön toimille.

6.1 Ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan kehityskohteet

Ampumatarvikkeiden luonne on kulutusmateriaalinomainen. Vaikka ampumatarvikkeet ovatkin verrattain yksinkertaisia tuotteita verrattuna esimerkiksi paperikoneeseen, niidenkin suunnittelu vaikuttaa niiden koko elinkaareen. Koska valmistajia on suhteessa vähemmän kuin asiakkaita, ei ampumatarvikkeiden suunnitteluun välttämättä päästä vaikuttamaan, jolloin joudutaan tyytymään suunniteltuun konfiguraatioon ampumatarvikkeesta. Vaikkakin ampumatarvikkeeseen ei välttämättä päästä vaikuttamaan suunnitteluvaiheessa, on silti mahdollista, että siihen voidaan tehdä esimerkiksi komponenttivaihtoja. Kuitenkin ampumatarvikkeen oikeanlainen toiminta on keskeistä, ja ampumatarvikkeen tuoma suorituskyky on keskeistä.

Ampumatarvikeperheen käyttäytymisen keskiössä ovat suuret varastovolyymit ja elementtierien vanheneminen. Riittävä varastointi luo resilienssiä poikkeusolojen varalle,

mutta toisaalta varastoinnin ylläpito sitoo merkittävästi resursseja, jolloin niitä ei voida käyttää muuhun suorituskyvyn tuottamiseen.

Tutkimuksessa tuotettu kirjanpidollinen malli toimii normaaliolojen ampumatarvikeperheen hallintaan, joka painottuu suorituskyvyn ylläpitoon. Poikkeusolot eivät kuitenkaan poista elinkaaren hallinnan merkitystä ja tarpeellisuutta, vaikka tällöin painopiste suorituskyvyn pitkän tähtäimen ylläpidosta varastoinnin muodossa siirtyykin toimitusketjujen onnistuneeseen hallintaan ja toteutukseen. Poikkeusoloissa myös ampumatarvikeperheen käyttäytyminen muuttuu merkittävästi, jolloin kulutus kasvaa ja toisaalta varastoinnin kontrolloitavuus muuttuu vaikeammaksi. Näiden vaikutuksiin on mahdollista varautua tietämyksellä, jolloin myös eri skenaarioiden suunnittelu olisi mahdollista. Tuotettu työkalu mahdollistaa itsessään jo skenaarioiden tarkastelun. Tällöin esimerkiksi kulutuksen lähtötietojen tuottaminen tarkemman simuloinnin avulla tuottaa eri vaihtoehtoja poikkeusolojen kulutukselle, ja edelleen ampumatarvikeperheen käyttäytymiselle näissä tilanteissa.

Ampumatarvikeperheeseen liittyvä suunnittelu on pitkäjänteistä, ja noudattaa valtion budjetoinnin aikasyklejä. Pitkät suunnitteluhorisontit mahdollistavat ennakoinnin, mutta toisaalta valtion budjetointi tekee nopeasta reagoinnista haastavaa, sillä resurssit toimintoille tulevat tätä kautta.

Puolustusorganisaation vaatimusten takia ampumatarvikeperheen tehokkaimpaan elinkaaren hallintaan ei välttämättä päästä, vaan joudutaan tekemään kompromisseja esimerkiksi varastoinnin osalta. Huoltovarmuuden vaikutukset esimerkiksi toimitusketjuihin saattavat myös rajoittaa toimintamahdollisuuksia, ja estää tehokkaimpien ratkaisujen toteuttamisen. Huoltovarmuuden toteutukset toisaalta voivat myös mahdollistaa erilaisten ratkaisujen hyödyntämisen, jolloin esimerkiksi valtioiden tai liittouman yhteisvarastoinnilla voitaisiin osaltaan pienentää yksittäisen valtion varastointilukumääriä. Kuitenkin valtion puolustusstrategia määrittää miten varautuminen toteutetaan, valmistetaanko elementtejä itse vai hankitaanko ne oman kolmannelta osapuolelta. Samoin määritellään, millainen riskitaso varautumisen suhteen on hyväksyttävää.

Merkittävä havainto toimitusketjuista on ilmiö, jossa Yhdysvallat luovuttaa ampumatarvikkeita Ukrainalle suoraan omista varmuusvarastoistaan. Vastaava toimintatapa voisi olla hyödynnettävissä pienempien maiden kesken poikkeusoloissa, esimerkiksi Pohjoismaissa. Tällöin yksittäisillä valtioilla ampumatarvikkeiden hallinnoinnin osaksi tulisi yhteinen varasto pelkän kansallisen varastoinnin lisänä. Tämä ei poista yhteisen varaston hallinnointia, mutta yhteisen varastoinnin hyötyjä olisi syytä tutkia ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnassa ja amputarvikkeiden käytön optimoinnissa. Tällainen muutos vaatisi yhteistä

suunnittelua sekä sopimuksia. Julkisuudessa on ollut erilaisia aiesopimuksia, kahdenvälisiä sopimuksia sekä muita puolustusyhteistyöhön liittyviä sopimuksia. Kuitenkaan konkreettista edellä kuvatun tyyppistä yhteisvarastoa ei ole mainittu julkisuudessa. Puolustusliittoumat ovat oma lukunsa, ja etenkin niiden välillä ampumatarvikkeiden osittainen yhteishallinnointi olisi hyödyllistä.

Hankintojen osalta suuremmat yhteishankinnat olisivat suositeltavia kustannussäästöjen takia. Tällaisia hankintoja voitaisiin toteuttaa esimerkiksi liittouman tai muiden kumppanuuksien puitteissa. Myös näiden toimijoiden välillä olisi mahdollista toteuttaa yhteistä kehitystyötä, jolloin kehitettävällä tuotteella olisi suurempi asiakaskunta, ja näin ollen suurempi rahoitus. Yksittäisten valtioiden kehitystyöt ovat aina kalliimpia kuin useamman asiakkaan toteuttamaa kehitystyötä.

Kunnonvalvonta perustuu aina edellisen tarkastuksen tuloksiin, jolloin todellisuudessa erien tarkastusvuodet eivät ole lukittu tiettyyn valvontaväliin. Luotettavuustietojen avulla voitaisiin kehittää myös valvontavälien määrittelyä tarkemmaksi. Valvontavälejä on syytä tarkastella myös sen kautta, paljonko samana vuonna on tarkastettavia eriä, ja näin suunnitella myös työtilauksia ennakkoon. Työkaluun voisi kehittää ominaisuuden, joka tarkastelisi pelkästään tarkastettavien erien työtilauksia tuleville vuosille, jolloin tätäkin kokonaisuutta kyettäisiin suunnittelemaan riittävän ennakoitavasti. Tarkastus on myös omalla tavallaan aina riski, sillä koko erän hylkäämisen mahdollisuus on aina olemassa.

Tiedonhallinta ja -välittyminen ovat elinehto tietämyksen tuottamiselle. Ampumatarvikkeista kertyy dynaamista tietoa elinjakson aikana, jolloin sen hyödyntämisellä olisi mahdollista tarkentaa olemassa olevia mallinnuksia. Big-datan hyödyntäminen on tarkastelu harkinnan arvoinen kehityskohde, sillä tietoa on nykypäivänä helppo kerätä esimerkiksi ERP-järjestelmään. Kyse on siitä, hyödynnetäänkö kaikkea mahdollista tietoa, eli jalostetaanko siitä tietämystä. Esimerkiksi erän historiatiedot eri varastointiluokista, sekä edelleen niiden vaikutuksesta nykyiseen varastointikestävyyteen olisi ehdoton työkalun kehityskohde. Työkalun tietojen syöttäminen manuaalisesti on myös turha välivaihe, jolloin tätä voitaisiin kehittää automaattisella ERP-järjestelmän tietojenhaulla.

6.2 Tutkimuksen merkitys ja luotettavuuden arviointi

Tutkimuksessa hyödynnetyt lähteet soveltuivat tutkimuksen tarkoituksperiin ja laaja aihe kyettiin kartoittamaan riittävän tarkasti ilmiön tutkimiseksi. Tutkimukseen kerätty aineisto

koostui julkisista lähteistä, joiden luotettavuuteen on aina syytä suhtautua terveellä kriittisyydellä. Tiedot ampumatarvikkeista ovat peräisin valmistajilta tai internet-lähteistä. Valmistajille on tyypillistä korostaa tuotteidensa hyviä puolia, vaikka niitä voidaan pitää primäärilähteinä. Internet-lähteet taasen eivät välttämättä pidä täysin paikkaansa. Kuitenkin tiedot eivät vaikuttaneet suoranaisesti tutkimuksen toteutukseen, jolloin mahdolliset epätarkkuudet eivät vääristä tutkimuksen tuloksia. Tietoja pyrittiin varmentamaan useista lähteistä, jolloin madallettiin riskiä virheellisistä tiedoista. Valtaosa esimerkeistä nojaa suomalaisiin toimintatapoihin esimerkiksi kunnonvalvonnan osalta. Toisaalta työkalun käytännön toteutus on riittävän yleinen, eivätkä sen ratkaisut nojaa käytettyihin esimerkkeihin, vaan niiden ilmiöihin. Täten tuotetun ratkaisun soveltamiselle on mahdollisuuksia, esimerkiksi kulutuksen lukumäärien osalta.

Tutkimuksen reliabiliteetti on hyvä. Tutkimuksen lähdeaineisto koostuu julkisista lähteistä, joiden yhdistelmällä tutkimus voitiin toteuttaa. Tutkimus on toistettavissa, vaikka tietojen yhdistelemisessä tutkijan asiantuntemus tutkimuksen kohteesta vaikutti osaltaan toteutukseen nopeuttamalla kirjallisuustutkimusta. Tutkimuksen tarkkuus on rajauksen ja käytettyjen lähteiden puitteissa riittävä. Todettakoon kuitenkin tarkkuuden rajoittuminen vain julkisten lähteiden tarjoamaan tietoon, jolloin mallin antamia tuloksia ei voida suoraa hyödyntää ilman todellisia lähtötietoja.

Tutkimuksen validiteetti toteutui yleisen aineiston mahdollistamissa rajoissa kiitettävästi, ja tutkimus kykeni vastaamaan tutkittavaan ilmiöön tuotetun työkalun muodossa sen rajoituksilla. Vaikka tutkijan asiantuntemus aihealueesta tarkensi tutkimuksen tuloksia, on tämä saattanut aiheuttaa lopputulokseen vinoumia, jotka johtuvat tutkijan kokemuksesta ja näkemyksistä. Toisaalta tuotettu työkalu mallintaa esimerkiksi elementin vanhenemista verrattain yksinkertaisesti, jolloin tämän tarkempi vaikuttaa työkalun tuottamien tulosten tarkkuuteen. Kokonaisuutena työkalu kuitenkin ilmentää tutkimuksessa kuvattua ilmiötä riittävästi validiteetin toteutukseksi.

Vaatimukset muodostettiin yleisellä tasolla perustuen julkisiin lähteisiin. Täten on mahdollista, että vaatimukset eivät ole täysin kattavat. Vaatimukset muodostettiin tässä tutkimustyössä toteutettavaa mallia varten, jolloin vaatimuksia ei voi käyttää täysin sellaisenaan osana hankintaa tai kehitystyötä. Vaatimusmäärittelyä on syytä tarkentaa tapauskohtaisesti, jotta vaatimukset tosiasiallisesti vastaavat tarvetta.

Toteutettu työkalu toimii yleisellä tasolla oikein, mutta sen ilmiöiden tarkempi mallintaminen kasvattaisi tulosten tarkkuutta. Tämä vaatisi todellisten ampumatarvike-elementtien

tietojen hyödyntämistä ja käyttöä työkalun lähtötietoina, merkittävimpänä osa-alueena elementtien varastointikestävyyden menetys ja luotettavuustieto eri varastointikategorioissa. Työkalun tuottamien tulosten tarkkuuden luotettavuus on vain yhtä tarkka, kuin lähtötiedoissa siihen käytetty aineisto.

Työkalun yleinen luonne vaatisi mahdolliselta käyttäjältä kriittistä tarkastelua ja suhtautumista, sillä ampumatarvikeperheen kokonaisuuteen liittyvien vaikuttimien ja liitospintojen merkitys työkalulle on tarkasteltava jokaisen valtion tai käyttäjän kohdalla aina erikseen. Mallin ja tutkimustulosten käyttöä tulee aina arvioida kulloisenkin käyttäjän kannalta tapauskohtaisesti.

Tutkimuksen toteutumista voidaan arvioida konstruktiivisen tutkimusotteen elementtien mukaisesti, jotka kuvattiin tutkimuksen luvussa 1.4:

1. Tutkimuksen käytännön ongelmaan kyettiin tuottamaan ratkaisu, sillä tutkimus kartoitti tietämystä ampumatarvikeperheestä ja niiden elinkaaren hallinnasta kokonaisuutena.
2. Tutkimuksessa perehdyttiin aihealueen tietoon sekä kyettiin yhdistelemään elinkaaren hallinnan teoretietämystä ampumatarvikeperheen hallintaan. Tutkimus kykeni osaltaan määrittelemään tuotettavalle mallille vaatimukset ja tunnistamaan päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä. Lopputuloksena kyettiin vastaamaan tutkimusongelmaan.
3. Aikaisemman tietämyksen ja teorian perusteella kyettiin yhdistelmänä tuottamaan malli ja sitä kuvaava työkalu ampumatarvikeperheen elinkaaren hallinnan ja käytön tukemiseksi.
4. Tuotettu käytännön ratkaisu, eli työkalu kyettiin muodostamaan ja sitä testattiin yleisellä aineistolla. Työkalun toimivuutta kyettiin testaamaan, ja sen toimintaa kyettiin arvioimaan.
5. Käytännön ongelmaan kyettiin tuottamaan ratkaisu, jonka soveltuvuutta arvioitiin kriittisesti.

6.3 Jatkotutkimustarpeet

Tutkimus oli omalla aihealueellaan ensimmäinen tämän kaltainen löydetty toteutus, joten sen perusteella kyetään osoittamaan useita osaltaan eri relevantteja jatkotutkimuskohteita. Työkalu perustui julkisten lähteiden tietoon, jolloin sen validointi ei ole aukoton. Yleinen

taso, ja verrattain yksinkertaiset mallinnuksen toteutustavat tässä tutkimuksessa jättävät tarpeen kehitystyölle esimerkiksi elementtien vanhenemisen osalta.

Varastointikestävyden tarkka mallintaminen perustuen todellisiin tietoihin on selkeä jatkotutkimustarve, jossa voitaisiin soveltaa esimerkiksi luotettavuuslaskentaa. Elementtien tuotetietojen laajempaa käytettävyyttä voitaisiin tutkia, eli miten dynaamista tuotetietoa voidaan hyödyntää elinkaaren aikana. Tämä tarjoaisi mahdollisuuksia myös tuotekehitykseen valmistajan kanssa, jolloin voitaisiin saavuttaa parempilaatuisia elementtejä.

Tutkimus tarkastelu koko ampumatarvikeperhettä yhden varaston näkökulmasta, jolloin sisäinen logistiikka ja esimerkiksi varastojen sijoittuminen olisi yksi jatkotutkimuskohde, johon myös voidaan hyödyntää mallintamista. Mallintamisella voitaisiin myös tarkastella ja tutkia ampumatarvikkeiden hallinnan prosessia puolustusorganisaatiossa, jolla tutkittaisiin miten kommunikaatio ja tiedonvälitys toteutuu.

Viimeisimpänä kokonaisvaltainen elinkaarikustannusten tutkiminen ampumatarvikkeiden osalta voidaan nähdä selkeänä jatkotutkimustarpeena.

Lähteet

Åkesson, B. and Kuikka, V. (2022) 'Mallinnuksella mahdollisuuksia tulevaisuuden skenaarioiden laajempaan tarkasteluun', *Puolustustutkimuksen vuosikirja*, 2022, pp. 18–23. Available at: https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2815786/Puolustustutkimuksen_vuosikirja2022.pdf/3644b6fo-37a4-31af-8675-06f7d4c66e59/Puolustustutkimuksen_vuosikirja2022.pdf?t=1648118045929 (Accessed: 20 January 2023).

Asiantuntija, Järjestelmäkeskus, Puolustusvoimat. (19.8.2022) Sähköpostikeskustelu. Elementtityyppien yleiset säilymisajat. Materiaali tutkijan hallussa.

Cancian, M.F. and Anderson, J. (2023) 'Expanding Equipment Options for Ukraine: The Case of Artillery'. Available at: <https://www.csis.org/analysis/expanding-equipment-options-ukraine-case-artillery> (Accessed: 11 February 2023).

Carapic, J. *et al.* (2018) *A Practical Guide to Life-cycle Management of Ammunition*. Small Arms Survey. Available at: <https://www.smallarmssurvey.org/> (Accessed: 29 January 2023).

Defense Brief (2022) 'US Army awards Raytheon \$84M for Excalibur rounds Pentagon is sending to Ukraine', *Defense Brief*, 15 December. Available at: <https://defbrief.com/2022/12/15/us-army-awards-raytheon-84m-for-excalibur-rounds-pentagon-is-sending-to-ukraine/> (Accessed: 9 February 2023).

Frösén, K. and Parmes, R. (eds) (2007) *Varautumisen käsikirja*. Helsinki: Tietosanoma.

General Dynamics (2023) '155mm SMArt 155', *General Dynamics Ordnance and Tactical Systems*, 11 February. Available at: <https://www.gd-ots.com/munitions/artillery/155mm-smart/> (Accessed: 11 February 2023).

Giordano, F.R. *et al.* (2014) *A first course in mathematical modeling*. 5th edition. Australia: Brooks/Cole.

Global Security (2023a) *XM982 Excalibur 155mm Precision Guided Extended Range Artillery Projectile*. Available at: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m982-155.htm> (Accessed: 9 February 2023).

Global Security (2023b) *XM1156 Precision Guidance Kit (PGK)*. Available at: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m1156.htm> (Accessed: 4 February 2023).

Gould, J. (2015) *US Army 'Dumb' 155mm Rounds Get Smart*, *Defense News*. Available at: <https://www.defensenews.com/land/2015/03/13/us-army-dumb-155mm-rounds-get-smart/> (Accessed: 28 January 2023).

Grieves, M.W. (2011) 'Virtually Indistinguishable: Systems Engineering and PLM', in: Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (IFIP Advances in Information and Communication Technology), pp. 226–242. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-35758-9_20.

Harkoma, M. (2017) 'Sotilasräjähdyksaineiden kehityssuuntia', *Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja*, 2017, pp. 24–25. Available at: https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2815786/PVTUTKL_vuosikirja2017.pdf/6f95e01b-83d1-45ec-a062-850568d21f07/PVTUTKL_vuosikirja2017.pdf?t=1490783462000 (Accessed: 20 January 2023).

Hastings, N.A.J. (2021) *Physical Asset Management: With an Introduction to the ISO 55000 Series of Standards*. 3rd ed. 2021. Cham: Springer International Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62836-9>.

Hirsjärvi, S. et al. (2009) *Tutki ja kirjoita*. 15. uud. p. Helsinki: Tammi.

Hitchins, D.K. (2007) *Systems engineering: a 21st century systems methodology*. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, NJ: John Wiley (Wiley series in systems engineering and management).

Hokkanen, S. and Karhunen, J. (2014) *Johdatus logistiseen ajatteluun*. 7. uud. p. Kangasniemi: Sho Business Development.

Huoltovarmuuskeskus (2023) *Tietoa huoltovarmuudesta - Huoltovarmuuskeskus*. Available at: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/> (Accessed: 15 March 2023).

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (2015) *ISO/IEC/IEEE 15288:2015*. Available at: <https://www.iso.org/standard/63711.html> (Accessed: 23 January 2023).

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc (2018) *ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018*. Available at: <https://www.iso.org/standard/72896.html> (Accessed: 23 January 2023).

Ismay, J. and Lipton, E. (2023) 'Pentagon Will Increase Artillery Production Sixfold for Ukraine', *The New York Times*, 24 January. Available at: <https://www.nytimes.com/2023/01/24/us/politics/pentagon-ukraine-ammunition.html> (Accessed: 25 January 2023).

Isojärvi, H. (2015) *Euroopan puolustusteollisten markkinoiden muutosten vaikutuksia Suomen kansalliseen puolustuspolitiikkaan*. Sotatieteiden maisteriopiskelijan pro gradu. Available at: <https://www.doria.fi/handle/10024/116038> (Accessed: 6 March 2023).

Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat (2016a) *PVTOK AT 4:002 Sotilasräjähteiden kunnonvalvonnan ja kunnossapidon toteuttamisen menettelytavat, HM331*.

Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat (2016b) *PVTOK AT 4:002.03 Kunnonvalvonta sytyttimet, HM573*.

Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat (2017) *PVTOK AT 4:002.06 Kunnonvalvonta tykistön laukaukset, HN145*.

Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat (2020) *PVTOK AT 4:002.10 Kunnonvalvonta panssarikuorma-ammukset, HP924*.

Järvinen, P. and Järvinen, A. (2004) *Tutkimustyön metodeista*. Uud. p. Tampere: Opinpaikan kirja.

Joint Program Executive Office for Armaments & Ammunition (2023) *BONUS Mk2 155mm Projectile*. Available at: <https://jpeoaa.army.mil/Project-Offices/PM-CAS/Organizations/Precision-Attack-Cannon-Munitions/Products/BONUS-Mk2-155mm-Projectile/> (Accessed: 11 February 2023).

Kadettikunta (2023) *Maailman muutos ja Suomi*. Available at: <http://www.maailmanmuutos.fi/smm/index.htm> (Accessed: 12 February 2023).

Karber, P. (2015) “Lessons Learned” from the Russo--Ukrainian War’, in. *Historical Lessons Learned Workshop*, U.S. Army Capabilities Integration Center (ARCIC). Available at: https://www.researchgate.net/publication/316122469_Karber_RUS-UKR_War_Lessons_Learned (Accessed: 15 March 2023).

Keating, J. (2022) *Who will win the ammunition war in Ukraine? Russia is buying shells from North Korea; the U.S. is burning through its stockpile of weapons.*, *Grid News*. Available at: <https://www.grid.news/story/global/2022/09/09/who-will-win-the-ammunition-war-in-ukraine-russia-is-buying-shells-from-north-korea-the-us-is-burning-through-its-stockpile-of-weapons/> (Accessed: 11 February 2023).

Korsvold, T. (2019) ‘The range revolution’, *Nammo*, 6 February. Available at: <https://www.nammo.com/story/the-range-revolution/> (Accessed: 30 January 2023).

Kortelainen, H. *et al.* (2021) *Tietämisperusteinen elinjakson hallinta*. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Available at: <https://cris.vtt.fi/en/publications/knowledge-based-lifecycle-management>.

Kosola, J. (2013) *Vaatimustenhallinnan opas*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu (Julkaisusarja / Maanpuolustuskorkeakoulu, sotatekniikan laitos. 5, no 12).

Land Air Sea Systems (2023) *5 Emerging Trends In Inventory Management and How They Help*. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/5-emerging-trends-inventory-management-how-help-landairsea-systems> (Accessed: 5 February 2023).

Lappalainen, E. and Jormakka, J. (eds) (2004) *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu (Julkaisusarja / Maanpuolustuskorkeakoulu, tekniikan laitos. 5, [Oppimateriaalit], no 1).

Lempiäinen, J. (2005) *Taistelun ja logistiikan simulointi*. Ylöjärvi: Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos (Julkaisuja / Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, 9).

Leonardo (2023) *VULCANO 155mm*. Available at: <https://electronics.leonardo.com/en/products/vulcano-155mm> (Accessed: 9 February 2023).

Logistiikan Maailma (2023) ‘Varastoinnin logistiikka – Logistiikan Maailma’, 10 March. Available at: <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/varastoinnin-logistiikka/> (Accessed: 10 March 2023).

Lukka, K. (2014) *Konstruktiiivinen tutkimusote, METODIX*. Available at: <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiiivinen-tutkimusote/> (Accessed: 22 August 2022).

Maaseudun Tulevaisuus (2022) *Puolustusvoimain Kivinen: Rahoituslisäys tarpeen, hankinnat täydentävät syntyneitä vajeita – ministeri Kaikkonen luonnehti perusteluita pitäviksi, Maaseudun Tulevaisuus*. Available at: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/4d526fb2-ca8a-4add-ae6f-8a912b1084bd> (Accessed: 11 February 2023).

Maavoimien Materiaalilaitoksen esikunta (2011) *PVTOK AT 3:005 Sotilasräjähteiden varastointiolosuhteita [TL IV], HH1070*.

Martinsuo, M. et al. (2017) *Teollinen internet uudistaa palveluliiketoimintaa ja kunnossapitoa*. Kunnossapitoyhdistys ProMaint. Available at: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/128466> (Accessed: 24 January 2023).

Maximilian, H., Bernard, Dorotinsky, William Leslie, Bisca, Paul (2017) *Securing development : public finance and the security sector - a guide to public expenditure reviews in the security and criminal justice sectors, World Bank*. Available at: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/784781496312346560/Securing-development-public-finance-and-the-security-sector-a-guide-to-public-expenditure-reviews-in-the-security-and-criminal-justice-sectors> (Accessed: 14 February 2023).

Military-Today (2023) *Vulcano 155 mm Guided Artillery Shell*. Available at: <http://www.military-today.com/artillery/vulcano.htm> (Accessed: 28 January 2023).

Morana, J. and Morana, J. (2018) *Logistics*. Newark, UNITED STATES: John Wiley & Sons, Incorporated. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?docID=5434904> (Accessed: 14 February 2023).

MSM GROUP (2023a) *Bi-MODULAR CHARGE SYSTEM (BMCS) for 155mm Cannon Howitzer | MSM GROUP*. Available at: <https://www.msm.sk/en/what-we-do/defence/ammunition/artillery-ammo/bi-modular-charge-system-bmcs-for-155mm-cannon-howitzer/> (Accessed: 30 January 2023).

MSM GROUP (2023b) *Primer M82 Z | MSM GROUP*. Available at: <https://www.msm.sk/en/what-we-do/defence/ammunition/ammo-components/primer-m82-z/> (Accessed: 11 February 2023).

Nammo (2021) 'AMMUNITION HANDBOOK'. Nammo. Available at: <https://www.nammo.com/product/our-products/ammunition/large-caliber-ammunition/propelling-charges/> (Accessed: 29 January 2023).

Nammo (2023) *Propelling Charges, Nammo*. Available at: <https://www.nammo.com/product/our-products/ammunition/large-caliber-ammunition/propelling-charges/> (Accessed: 30 January 2023).

Narimane, R. et al. (2018) 'INCREASING THE PRECISION OF ARTILLERY AMMUNITION', in *INCREASING THE PRECISION OF ARTILLERY AMMUNITION. DQM International conference, Prijevor, Serbia*, pp. 415–420. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328130686_INCREASING_THE_PRECISION_OF_ARTILLERY_AMMUNITION/link/6241b31f8068956f3c54c866/download (Accessed: 7 February 2023).

Nato Standardization Office (2023) *Nato Standardization Office*. Available at: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/list-promulg> (Accessed: 16 March 2023).

Nättinen, T. (2020) *Puolustusbudjetointi ja turvallisuus: Vaikuttavuuden arviointi ja mitaaminen puolustusbudjetoinnissa*. Available at: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/122476> (Accessed: 23 August 2022).

Nilsson, P. and Pfeifer, S. (2023) 'Ammunition supply chain crisis: Ukraine war tests Europe in race to rearm', *Financial Times*, 7 February. Available at: <https://www.ft.com/content/ea5b48b1-61e6-4c91-8778-4cc2edaffoca>.

Northrop Grumman (2023) *Modernizing the Precision Guidance Kit, Northrop Grumman*. Available at: <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/advanced-weapons/modernizing-the-precision-guidance-kit> (Accessed: 3 February 2023).

NSO NSDD (2023) *AECTP-230 Edition 1 - Climatic conditions, AECTP-230*. Available at: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards/ap-details/1225/EN> (Accessed: 25 January 2023).

NSPA (2023) *NSPA | NATO Support and Procurement Agency (NSPA)*. Available at: <https://www.nspa.nato.int/about/nspa> (Accessed: 9 March 2023).

'Official Journal of the European Union C 202' (2016). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AC%3A2016%3A202%3ATOC> (Accessed: 15 March 2023).

Peck, M. (2022) *New precision-guided shells are giving Ukraine an edge over Russia in their grinding artillery battle, Business Insider*. Available at: <https://www.businessinsider.com/precision-artillery-shells-aid-ukraine-in-artillery-battle-with-russia-2022-10> (Accessed: 9 February 2023).

Pirinen, A. (2020) 'Tykistöjärjestelmämme toimii ja kehittyy -', *Maavoimat*, 12 October. Available at: <https://maavoimat.fi/-/tykistojarjestelmamme-toimii-ja-kehittyy> (Accessed: 18 January 2023).

Pulliainen, M. (2023) *USA kasvattaa 155 millimetrin haupitsiammusten tuotantoa sadoilla prosenteilla – Tällainen on tuhovaikutus, painoa lähes 50 kg, Uusi Suomi*. Available at: <https://www.uusisuomi.fi/uutiset/usa-kasvattaa-155-millimetrin-haupitsiammusten-tuotantoa-sadoilla-prosenteilla-tallainen-on-tuhovaikutus-painoa-lahes-50-kg/21b83e29-8c13-4424-8768-69f9f7125267> (Accessed: 28 January 2023).

Puolustusministeriö (2023) *HX-rahoituksen pitkä tarina, Puolustusministeriö*. Available at: https://www.defmin.fi/etusivu/puolustushallinto/strategiset_suorituskykyhankkeet/ohjelmajohtajan_blogi/hx-rahoituksen_pitka_tarina.11714.blog (Accessed: 10 March 2023).

Puolustusvoimien logistiikkalaitos (2023) *Puolustusvoimien logistiikkalaitos, Logistiikkalaitos*. Available at: <https://logistiikkalaitos.fi/jarjestelmakeskus> (Accessed: 11 February 2023).

Raytheon Missiles & Defence (2023) *Excalibur Projectile*. Available at: <http://www.raytheonmissilesanddefense.com/what-we-do/land-warfare/precision-weapons/excalibur-projectile> (Accessed: 9 February 2023).

- Robinson, S. (2004) *Simulation: the practice of model development and use*. Chichester: John Wiley.
- Roughan, G. (2021) '10 Inventory Management Trends to Watch for in 2023', *Unleashed Software*, 24 June. Available at: <https://www.unleashedsoftware.com/blog/the-10-inventory-management-trends-to-watch-for-in-2022> (Accessed: 5 February 2023).
- Ruotuväki (2022) *Ruotsi valmistautuu puolustukseen*. Available at: <https://ruotuvaki.fi/-/ruotsi-valmistautuu-puolustukseen> (Accessed: 12 February 2023).
- Saaksvuori, A. (2008) *Product Lifecycle Management*. 3rd ed. 2008. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-78172-1>.
- Sakki, J. (1999) *Logistinen prosessi: tilaus-toimitusketjun hallinta*. 4. uud. p. Espoo: J. Sakki.
- Saunders, M.N.K. (2019) *Research methods for business students*. Eighth edition. Harlow: Pearson.
- Schmitt, E. *et al.* (2023) 'Pentagon Sends U.S. Arms Stored in Israel to Ukraine', *The New York Times*, 17 January. Available at: <https://www.nytimes.com/2023/01/17/us/politics/ukraine-israel-weapons.html> (Accessed: 25 January 2023).
- Simola, S. (2021) *Millä perusteilla Suomi on kenttätukijien suurvalta?*, *Reserviläinen*. Available at: <https://reservilainen.fi/milla-perusteilla-suomi-on-kenttatykiston-suurvalta/> (Accessed: 16 March 2023).
- Smith, J.C.D. (ed.) (2018) *Defence logistics: enabling and sustaining successful military operations*. London: Kogan Page.
- Snyder, L.V. and Shen, Z.-J.M. (2019) *Fundamentals of supply chain theory*. Second edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Sotataloudellinen Seura (2011) *Sotataloustietoutta X*. Sotataloudellinen Seura. Available at: <https://www.sotatalousseura.fi/sotatalous/sotataloustietoutta/> (Accessed: 25 January 2023).
- Stark, J. (2015) *Product Lifecycle Management (Volume 1) 21st Century Paradigm for Product Realisation*. 3rd ed. 2015. Cham: Springer International Publishing (Decision Engineering). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17440-2>.
- Suomala, P. (2004) *Measurement of New Product Development Performance - Life Cycle Perspective*. Tampere University of Technology. Available at: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/114853> (Accessed: 16 February 2023).
- Szondy, D. (2022) 'Invasion of Ukraine shows artillery still rules the battlefield', *New Atlas*, 21 November. Available at: <https://newatlas.com/military/invasion-ukraine-artillery-still-rules-battlefield/> (Accessed: 20 February 2023).
- Transparency International UK and Defence and Security Programme (2011) *The transparency of national defence budgets*, *Transparency International Defence & Security*.

Available at: <https://ti-defence.org/publications/the-transparency-of-national-defence-budgets/> (Accessed: 14 February 2023).

Tukes (2023) *Tuotteiden jäljitettävyyys, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)*. Available at: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaativuustentodukaisuus/tuotteiden-jaljitettavyys> (Accessed: 25 January 2023).

Tykistön ampumaopin käsikirja [TL IV] (2014). Mikkeli: Maavoimien esikunta.

Ukrainian Military Center (2022) *Ukraine to receive new precision-guided 155-mm artillery rounds from USA, Militarnyi*. Available at: <https://mil.in.ua/en/news/ukraine-to-receive-new-precision-guided-155-mm-artillery-rounds-from-usa/> (Accessed: 25 August 2022).

United States Army Acquisition Corps (2008) *Army Ammunition - On Target and MOre Lethal Than Ever*. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA491162> (Accessed: 16 January 2023).

Uusipaavalniemi, S. (2016) 'Sotilaallinen huoltovarmuus – omavaraisuudesta yhteistoimintaan ja keskinäisriippuvuuteen', *Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja*, 2016, pp. 13–16. Available at: https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2815786/PVTUTKL_vuosikirja2016.pdf/74394502-6f65-457b-8ff0-59e9e1682256/PVTUTKL_vuosikirja2016.pdf?t=1464944276000 (Accessed: 20 January 2023).

Valpolini, P. (2022) 'Major order from NATO customer: Rheinmetall supplying 155mm artillery ammunition in the upper-two-digit million-euro range', *EDR Magazine*, 3 August. Available at: <https://www.edrmagazine.eu/major-order-from-nato-customer-rheinmetall-supplying-155mm-artillery-ammunition-in-the-upper-two-digit-million-euro-range> (Accessed: 12 February 2023).

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (2018) 1048/2018. Oikeusministeriö. Available at: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181048> (Accessed: 14 February 2023).

Vershinin, A. (2023) *The Return of Industrial Warfare*. Available at: <https://www.rusi.orghttps://www.rusi.org> (Accessed: 13 February 2023).

Vertanen, M. (2019) *Elinjaksokustannuslaskennan konfliktit elinjaksomallin kontekstissa*. Available at: <https://www.doria.fi/handle/10024/172731> (Accessed: 25 January 2023).

Vierros, T. (2009) 9. *Materiaalitoiminnot - TU-22 (TETA) Courses - Aalto University Wiki*. Available at: <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/9.+Materiaalitoiminnot> (Accessed: 30 January 2023).

Virta, S. (2007) 'Valtion vastuu ja tehtävät'. Available at: <http://www.fsd.uta.fi> (Accessed: 13 February 2023).

Watling, J. and Reynolds, N. (2022) *Ukraine at War: Paving the Road from Survival to Victory*. Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, p. 25. Available at: https://static.rusi.org/special-report-202207-ukraine-final-web_o.pdf (Accessed: 11 February 2023).

Woodward, D.G. (1997) 'Life cycle costing—Theory, information acquisition and application', *International journal of project management*, 15(6), pp. 335–344. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00089-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00089-0).

Yle Uutiset (2023a) Ähtärissä lisätään tykistöammusten tuotantoa – Räjähdekeskus palkkaa lisää työntekijöitä, *Yle Uutiset*. Available at: <https://yle.fi/a/74-20021878> (Accessed: 10 March 2023).

Yle Uutiset (2023b) Näin puuvillasta tulee ruutia – Suomen ainoan ruutitehtaan tuotanto viedään käsistä, *Yle Uutiset*. Available at: <https://yle.fi/a/74-20013966> (Accessed: 30 January 2023).

Yle Uutiset (2023c) Suomeen perustetaan varasto, jolla Eurooppa varautuu hengenvaarallisiin katastrofeihin, *Yle Uutiset*. Available at: <https://yle.fi/a/74-20013247> (Accessed: 23 January 2023).

Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas (2001). Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Available at: <https://www.doria.fi/handle/10024/176970> (Accessed: 25 August 2022).

Zhao, X. *et al.* (2019) 'Propellant shelf-life prediction under temperature and relative humidity conditions based on DPA kinetics', *Journal of Energetic Materials*, 37(4), pp. 407–419. Available at: <https://doi.org/10.1080/07370652.2019.1630027>.

Liitteet:

Liite A: Kuvaluettelo	118
Liite B: Taulukkoluettelo.....	120
Liite C: Kaavaluettelo	121
Liite D: Tutkimuksen keskeiset käsitteet	122
Liite E: Työkalun toimintakuvaus ja käyttöohje	124
Liite F: Työkalun geneerinen aineisto	138

A. Kuvaluettelo

Kuva 1: Konstruktiivisen tutkimusotteen elementit. Mukailten (Lukka, 2014).....	7
Kuva 2: Laukausyhdistelmän rakenne.....	13
Kuva 3: Tykistöjärjestelmä (Pirinen, 2020).....	15
Kuva 4: Northrop Grummanin valmistama PGK-sytytin (Northrop Grumman, 2023).....	17
Kuva 5: Esimerkki tykistön ammuselementeistä (<i>Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas</i> , 2001, p. 232).....	19
Kuva 6: SMARt 155 ammus (General Dynamics, 2023).	21
Kuva 7: Excalibur ammus (Defense Brief, 2022).	22
Kuva 8: Vulcano täytepakkaus ja itse ammus (Leonardo, 2023).	23
Kuva 9: Esimerkki sarjapanoksesta ja sen osista, 155 K83 täyssarjapanos. 1. lisävirikepanos 2. panosruuti (ajopanos) 3. panospussi 4. virikepanos (<i>Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas</i> , 2001, p. 74).....	25
Kuva 10: Esimerkki täyspanoksesta, 155 K83 täyspanos. 1. panospussi 2. virikepanos 3, lisävirikepanos 4. panosruuti 5. kuparipoistoaine 6. liekinhimmennyspanos 7. kulumisen estoaine 8. kiristysnauha (<i>Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas</i> , 2001, p. 75).....	26
Kuva 11: Nammon valmistama suomalainen panosjärjestelmä (Nammo, 2023).....	27
Kuva 12: MSM-Groupin valmistama länsimäinen panosjärjestelmä (MSM GROUP, 2023a).	28
Kuva 13: Esimerkki iskulukkonallista. MSM Groupin markkinoima M82Z.....	30
Kuva 14: Havainnollistettu laukausyhdistelmien muodostaminen yhdestä varastosta.	31
Kuva 15: Kunnanvalvontaprosessi tarkastusten osalta. Mukailtu (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016b, 2016a, 2017, 2020).....	38
Kuva 16: Ampumatarvikeperheen järjestelmäluokittelu.....	46
Kuva 17: Ampumatarvikeperheen sidosryhmäluokittelu. Rakenne mukailten (Kosola, 2013, p. 21).....	47
Kuva 18: Tuotteen elinkaaren vaiheet yleisesti. Mukailtu (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2018, p. 15).	55
Kuva 19: Ampumatarvikeperheen elinjaksoajattelun havainnekuva.	56
Kuva 20: Ampumatarvike-elementin elinjaksomalli.	57
Kuva 21: Elinjakso käyttöomaisuuden hallinnan näkökulmasta. (Hastings, 2021, p. 39)	60
Kuva 22: Ampumatarvikkeiden toimitusketjun havainnekuva. Mukailtu (Carapic <i>et al.</i> , 2018, p. 35).....	68
Kuva 23: Ampumatarvikeperheen omistajakeskeisen hallinnoinnin prosessi. Mukailten (Carapic <i>et al.</i> , 2018, p. 41).....	70
Kuva 24: Eri tasoisten päätösten vaikuttavuus ja ajallinen vaikutus. Mukailtu (Martinsuo <i>et al.</i> , 2017, p. 18).	74
Kuva 25: Päätöksenteko ampumatarvike-elementtien elinjaksolla.....	75
Kuva 26: Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.....	76
Kuva 27: Työkalun lohkokaavio.....	91
Kuva 28: Laukausyhdistelmät ja varmuustasot työkalussa.	98
Kuva 29: Ote työkalun Yhteenveto-sivulta.....	99
Kuva 30: Ote työkalun aloitussivusta.	124
Kuva 31: Ote syöttösivusta.....	125
Kuva 32: Geneerisen datasetin tuotetiedot.	125
Kuva 33: Lisätiedot-välilehden ote tarkastukset ja kulutus.	126
Kuva 34: Lisätiedot-välilehden ote hankinnat ja kustannukset.	127
Kuva 35: Lisätiedot-välilehden ote varastoinnin lisätiedoista.	127
Kuva 36: Ote Tarkastukset-välilehdeltä.	128
Kuva 37: Ote Vanheneminen-välilehdeltä.	129
Kuva 38: Vanhenevien lukumäärien vuosittainen koostaulukko.....	130
Kuva 39: Ote Tulos-välilehdeltä.	131
Kuva 40: Ote Tulos-välilehdeltä taulukosta varaston kokonaislukumäärästä vuosittain.	132
Kuva 41: LS-yhdistelmät-välilehti.	132
Kuva 42: Varmuustasot-välilehti.	133

Kuva 43: Kustannustarkastelu-välilehden yleiset tiedot.....	134
Kuva 44: Valintatyökalut kustannustarkastelu-välilehdellä.....	134
Kuva 45: Varastointiluokan muutoksen valintatyökalun toinen osio.....	135
Kuva 46: Ote Yhteenveto-välilehdeltä.....	136

B. Taulukkoluetelo

Taulukko 1: AECTP-230 mukaiset varastointiluokat ja kuvaukset, käännetty (NSO NSDD, 2023, pp. 115–116).....	35
Taulukko 2: Elementtien tarkastusvälit. Koottu (Järjestelmäkeskus / Puolustusvoimat, 2016b, 2016a, 2017, 2020).....	39
Taulukko 3: Elementtityyppien yleisiä säilymisaikoja (Asiantuntija, Järjestelmäkeskus, Puolustusvoimat 2022).....	40
Taulukko 4: Sidosryhmien luokittelu. Mukailten (Kosola, 2013, pp. 21–29).....	48
Taulukko 5: Tutkimuksessa tunnistetut vaatimukset työkalulle.....	81
Taulukko 6: Aineiston elementtityypit ja erien lukumäärät.	86

C. Kaavuluettelo – tarkasta sivut

Kaava 1: Varastointikestävyden muutos halutulla tarkasteluhetkellä	82
Kaava 2: Varastointikestävyden laskeminen käytettäessä useampaa varastointiluokkaa	82
Kaava 3: Laskennallisen varastointikestävyden vuosittainen menetys	83
Kaava 4: Todellisen varastointikestävyden vuosittainen menetys	83
Kaava 5: Erän kokonaisvarastointikustannusten laskenta	94

D. Tutkimuksen keskeiset käsitteet

Ampumatarvikeperhe: Tässä tutkimuksessa ampumatarvikeperheellä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostetaan erilaisista laukausyhdistelmistä. Laukausyhdistelmät koostuvat ampumatarvike-elementeistä, jotka muodostavat ampumatarvikeperheen laukausyhdistelmien muodossa.

Elementti: Ampumatarvike-elementti on yksi laukausyhdistelmän osa, joka muiden elementtien kanssa muodostaa toimivan laukausyhdistelmän. Elementtityypit ovat nalli, panos, ammus ja sytytin. Elementtityypit voidaan jaotella eri toimintaperiaatteen mukaan, esimerkiksi isku- ja aikasytytin.

Elinjakso: Tässä tutkimuksessa ampumatarvike-elementillä on elinjakso. Elementin elinjakso alkaa sen varastoinnista ja päättyy käyttöön tai hylkäämiseen. Elinjakson pituutta hallinnoidaan kunnonvalvonnan keinoin. Koska omistaja ei tässä tutkimuksessa itse kehittele ampumatarvikkeita, on mielekkäämpää tarkastella elementtien osalta elinjaksvoja, eikä koko elinkaarta.

Elinkaari: Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikeperheen ja sen osien elinkaarta omistajan, ei valmistajan, näkökulmasta. Ampumatarvikeperheellä ja laukausyhdistelmällä on elinkaari, joita ylläpidetään niiden tarpeen määrittämisen ajan.

Elinkaarikustannukset: Ampumatarvikeperheen elinkaarikustannuksia syntyy hankintojen ja varastoinnin lisäksi muun muassa vartioinnista, kuljetuksista tai tarkastuksista. Asevoimien omien resurssien käytön kustannukset täytyy myös huomioida, sillä ampumatarvikkeita käsitellään usealla eri puolustusorganisaation tasolla. Tällaisiin lukeutuvat esimerkiksi turvallisuusvalvonta, organisaation kirjanpito tai hankintojen toteuttaminen.

Hankinta: Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikkeiden hankintoja ostoina tuotevalmistajilta. Hankinnat voivat olla kertaluonteisia tai pidemmän aikavälin sopimusluonteisia. Huoltovarmuus voi liittyä hankintojen toteuttamiseen.

Huoltovarmuus: Tässä tutkimuksessa huoltovarmuuden osalta keskitytään tarkastelemaan maanpuolustuksen näkökulmaa ampumatarvikkeiden huoltovarmuuden osalta. Tutkimuksessa huomioidaan toimitusketjut ampumatarvikeperheeseen ja niiden toimitusajat osana elinkaaren hallintaa. Käytännön toimenpiteinä huoltovarmuudelle on varmistaa ampumatarvikkeiden hankinnat ja varastointi kaikissa olosuhteissa.

Käytettävyys: Käytettävyydellä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa ampumatarvikkeita, jotka ovat omistajalla hallussa, ja ovat ampumakelpoisia. Käytettävyydellä voidaan myös

tarkoittaa saatavilla olevia ampumatarvikkeita, jotka ovat varastoituna muualle kuin omistajan itsensä haltuun, jolloin ne voidaan lukea käytettävissä oleviin huomioiden niiden toimitusaika varastoinnista varsinaiseen käyttöön.

Laukausyhdistelmä/Laukaus: Laukausyhdistelmällä tarkoitetaan nallin ja panoksen sekä ammuksen ja sytyttimen muodostamaa kokonaisuutta. Yksi laukausyhdistelmä on elementtien kokoonpano, joka on mahdollista ampua aseella. Ampumatarvikkeen elementtejä yhdistelemällä voidaan muodostaa erilaisia laukausyhdistelmiä, kuitenkin kaikki elementit eivät välttämättä ole yhteensopivia toistensa kanssa.

Mallintaminen ja Simulointi: Tässä tutkimuksessa mallilla tarkoitetaan muodostettavaa mallia ampumatarvikeperheen elinkaarin hallinnan tukemiseksi. Malli on deterministinen ja se sisältää stokastisia elementtejä. Tutkimuksessa muodostettavan mallin implementointi toteutetaan työkalun muodossa matemaattisella mallintamisella MS Excel-ohjelmistolla.

Omistaja: Omistajalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa valtiollista toimijaa, joka omistaa ampumatarvikeperheen. Omistajan puolesta ampumatarvikkeita yleensä hallinnoi asevoimat. Niiden käytöstä vastaa suorituskykyvastuullinen ja käytön mahdollistaa järjestelmävastuullinen.

Toimitusketju: Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ampumatarvikkeiden toimitusketjuja omistajan näkökulmasta, eli mistä, miten ja millä aikataululla ampumatarvikkeita hankitaan lisää.

Varautuminen: Varautuminen määrittää, kuinka paljon varastossa pitää vähintään olla laukausyhdistelmien elementtejä kaikkina aikoina, jotta riittävä lukumäärä laukausyhdistelmiä voidaan muodostaa. Varautumisen käytännön toimenpide on varastointi.

Varasto: Varastolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa omistajan hallussa olevien laukausyhdistelmien ja komponenttien kokonaislukumääriä. Varastolla ei tarkoiteta yksittäistä rakennusta tai tilaa, vaan yleistetään omistettuja ja hallussa olevia ampumatarvikeperheen elementtejä yhden kirjanpidon alle.

Varmuustaso: Varmuustaso määritetään haluttuihin laukausyhdistelmien lukumääriin sidottujen elementtien lukumääristä. Nämä laukausyhdistelmät ovat siis minimitaso, jotka pitää pystyä muodostamaan jatkuvasti varastossa olevista elementeistä. Näihin tarvittavat elementit ja niiden varastointitasot muodostavat varmuustasot.

E. Työkalun toimintakuvaus ja käyttöohje

Työkalu on kuvattu välilehdittäin.

Aloitus

Aloitus-sivulle on koottu työkalun käyttöohjeet, jotka sisältävät jokaisen välilehden esittelyn ja toiminnan kuvauksen. Sivulla on navigointipainikkeet, joiden avulla käyttäjä pääsee liikkumaan välilehdeltä toiselle. Tälle välilehdelle ei syötetä mitään tietoja.



Kuva 30: Ote työkalun aloitussivusta.

Syöttösivu_dataset

Tähän välilehdelle syötetään olemassa olevien ampuatarvikkeiden tiedot elementtityypin ja valmiste-erien tarkkuudella, ja kuvassa 31 alla näkyy kuvakaappaus syöttösivusta. Tiedot syötetään valkoisiin soluihin. Kuluva vuosi ja tarkasteluvuosi tulevat automaattisesti kaavoilla VUOSI(NYT()) ja D1+1. Työkalun oletettu käyttöhetki on loppuvuodesta, jolloin suunnitellaan seuraavan vuoden toimintaa, ja työkalun laskenta käyttää tarkasteluvuotta jatkossa ensimmäisenä esitettävänä vuotena.

Välilehdelle tulostuu koonnos syötetyistä elementtiedoista syötettyjen tietojen oikealle puolelle kaavalla `AINUTKERTAISET.ARVOT(Syöttösivu_dataset!B4:C103)`. Erävuosi lasketaan automaattisesti eränumeron perusteella kaavalla `JOS(OIKEA(D4;2)<"40";KETJUTA("20";OIKEA(D4;2));KETJUTA("19";OIKEA(D4;2)))`. Kaava erottelee eränumeron kaksi viimeistä numeroa ja muodostaa niiden perusteella joko 19- tai 20-alkuisen vuosiluvun. Varastoluokkien kuvaukset ja esimerkit on jätetty informatiiviseksi välilehdelle.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Kuluva vuosi:	2023	Tarkasteluvuosi:	2024		
2								
3		A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	Erävuosi	Lukumäärä	Odotettu elinikä (v)	Varastointiluokka (1-5)
4	1	TYK11	Iskusytytin	S110186	1986	2206	40	2
5	2	TYK11	Iskusytytin	S110287	1987	2015	40	2

Kuva 31: Ote syöttösivusta.

Erien lukumäärissä hyödynnetään Excelin SATUNNAISLUKU.VÄLILTÄ-funktiota siten, että annettu väli vastaa riittävän tarkasti realistista eräkokoja. Esimerkiksi erikoisampumatarvikkeiden eräkoot ovat vaihteluväliltä 250–350, kun taas sirpalekranaateilla eräkokoa on määritetty välille 1000–1500 kappaletta.

Odotettu elinikä on määritetty taulukon 2 mukaisesti jokaisen elementtityypin osalta. Varastoluokka kertoo missä varastointiluokassa kyseinen erä on varastoituna. Luokkia ei ole järkevää määrittää työkalun testaamista varten satunnaisluvuilla, joten luokat on määritetty siten, että kaikkia luokkia on käytössä, ja niiden suhteet noudattelevat varastointiluokan kustannustasoa. Esimerkiksi 1. luokka on kallein, joten siinä luokassa on vain yksittäisiä erä, kun taas valtaosa eristä on varastoitu luokkiin 2,3 ja 4.

Tuotetiedot

Tällä välilehdellä esitetään työkalun geneerisessä datasetissä käytetyt tuotetiedot. Välilehti esittelee millä logiikalla niin A-numerot kuin eränumerot on muodostettu. Tältä sivulta tietoja ei siirretä mihinkään, vaan sivun tarkoitus on olla pelkästään informatiivinen työkalun käyttäjälle.

PDM elementeille		ERÄ (esim. S110199 Iskusytytin vuodelta 1999)				TYK (esim. TYK11= Iskusytytin)	
Tykistön tarvikkeet: TYK		Sarja	Tunnus	Juokseva	Vuosi	Sarja	Tunnus
Sytytin	Iskusytytin	S	11	01-99		1-sarja	1
	Hakeutuva sytytin		12	01-99			2
	Aikasytytin		13	01-99			3
Ammus	Sirpalekranaatti	A	21	01-99		2-sarja	1
	Kuorma-ammus		22	01-99			2
	Pitkän kantaman ammus		23	01-99			3
Panos	Täyspanos	P	31	01-99		3-sarja	1
	Täyssarjapanos		32	01-99			2
	Puolisarjapanos		33	01-99			3
Iskulukkonalli	Iskulukkonalli	N	41	01-99		4-sarja	1

Kuva 32: Geneerisen datasetin tuotetiedot.

Lisätiedot

Lisätiedot-välilehdelle kerätään työkalun tarvitsevat lisätiedot elementtityypeistä ja varastoinnista, joita käytetään työkalun laskennassa. Tietojen luokat voidaan jakaa tarkastuksiin, kulutukseen, hankintoihin, kustannustietoihin elementtieristä sekä varastointitietoihin varastointiluokan vaikutuksesta elementtien varastointikestävyydelle sekä varastoinnin kustannuksiin. Kuvassa 33 yllä esitetään lisätiedot-välilehden yleisnäkymä. A-numerot ja elementtityypit siirretään Syöttösivulta AINUTKERTAISET.ARVOT-kaavalla.

PALUU ALOITUKSEEN		Ulosvirtaus												
Elementtityypit		TARKASTUKSET				Suunniteltu kulutus								
A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Tarkastusväli vuod	Tarkastuksen läpä	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
TYK11	Iskusytytin	10	95%	1036	1738	1577	1338	1647	1393	1393	1393	1393	1715	
TYK 21	Siripalekranasta	10	95%	1048	1367	1221	1826	1312	1690	1690	1690	1690	1645	
TYK41	Iskulukkonali	10	95%	1713	1964	1827	1731	1733	1560	1853	1812	1861	1825	
TYK31	Täyspanos	10	95%	818	930	907	855	930	953	845	826	986	994	
TYK32	Täyssarjapanos	10	95%	1358	1362	800	844	946	1312	933	1184	851	918	
TYK33	Puolisarjapanos	10	95%	1383	1364	946	937	911	1272	1300	1306	975	995	
TYK12	Hakeutuva sytytin	5	95%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
TYK13	Aikasytytin	8	98%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
TYK22	Kuorma-ammus	5	98%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
TYK23	Pitkän kantaman ammus	5	98%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

Kuva 33: Lisätiedot-välilehden ote tarkastukset ja kulutus.

Tarkastusväli vuosina tarkoittaa valvontaväliä elementtityypillä, ja tarkastuksen läpäisyn todennäköisyydellä tarkoitetaan koko erälle tehtävien tarkastuksien läpäisyn yhtä todennäköisyyttä. Eli millä todennäköisyydellä erä on käytettävissä tarkastusvuoden jälkeen. Tässä työkalun versiossa tarkastuksien läpäisyä on yksinkertaistettu vain yhteen todennäköisyyteen, vaikka todellisuudessa otantatarkastuksen hylkäys ei automaattisesti johda koko erän hylkäykseen, vaan lisäselvityksiin hylkäyksen syystä. Mikäli käyttäjä ei halua huomioida tarkastuksia, asetetaan kaikkien elementtien tarkastuksen läpäisyn todennäköisyydeksi 100 %.

Suunniteltuja vuosittaisia kulutusmääriä voidaan syöttää seuraavan 10 vuoden ajalle, samoin kuin suunniteltuja tai tiedossa olevia vuosittaisia hankintamääriä seuraavan 10 vuoden ajalle, jotka näkyvät kuvassa 34 alla. Mikäli näitä tietoja ei haluta hyödyntää, voidaan soluihin syöttää arvo 0, jolloin ne eivät vaikuta laskentaan.

Kulutustietoina on tässä mallissa käytetty Excelin SATUNNAISLUKU.VÄLILTÄ-funktiota, jolloin Excel ottaa satunnaisen kokonaisluvun määritetyltä vaihteluväliltä. Vaihteluväleissä on huomioitu elementtien kulumisen suhteita, jolloin esimerkiksi iskulukkonalleja kuluu enemmän kuin yksittäistä panostyyppiä.

Hankintatiedoissa on pyritty kuvaamaan vuosittaisia sopimuksia, jolloin joka vuosi ei välttämättä hankinta kaikkia tyyppiä. Hankintamäärät on suhteutettu elementtityyppiin.

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
Sisäänvirtaus												
Hankinnat										Kustannukset €		
2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Varastointi / Kpl	Elinjakson jatko / Kpl	Luopuminen / kpl
1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	1500	2,00 €	10,00 €	10,00 €
500	1000	500	500	500	500	500	500	1000	500	10,00 €	10,00 €	10,00 €
0	0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0	1,00 €	10,00 €	10,00 €
0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0	0	10,00 €	10,00 €	10,00 €
0	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	10,00 €	10,00 €	10,00 €
0	1000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0	1000	10,00 €	10,00 €	10,00 €
0	200	0	0	200	0	0	0	200	0	2,00 €	10,00 €	10,00 €
200	0	200	0	200	0	200	0	200	0	2,00 €	10,00 €	10,00 €
50	0	50	0	50	0	50	0	50	0	10,00 €	80,00 €	10,00 €
100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	10,00 €	80,00 €	10,00 €

Kuva 34: Lisätiedot-välilehden ote hankinnat ja kustannukset.

Elementtityyppien kustannustiedot huomioidaan yllä kuvan 34 mukaisesti, jolloin huomioidaan yksittäisen elementtityypin yleinen varastokustannus, elinjakson jatkoon aiheuttama kustannus koko erälle elementtityypeittäin sekä elementtityypin erän luopumisen kustannus. Kaikki kustannukset ovat kappaletta kohden.

Varastointikustannukseen vaikuttaa karkeasti elementtityypin koko, jolloin samansuuruisen varastotilaan mahtuu enemmän pienikokoisia kuin suuria elementtejä. Tässä ei siis oteta kantaa varastointiluokkaan, vaan elementin koon aiheuttamaan kustannukseen varastoinnissa. Elinjakson jatko muodostaa kustannuksia tarkastusten toteuttamisen muodossa, ja jossain tapauksissa tämä voi vaatia myös komponenttivaihtoja, jotka on mahdollista huomioida tässä. Esimerkiksi kuorma-ammuksissa tällaisia voidaan joutua toteuttamaan elinjakson jatkoon liittyen. Luopumisen kustannukset muodostuvat käytännön toimenpiteistä, kuten rahtikustannuksista, jotka liittyvät erästä luopumiseen.

VARASTOINNIN LISÄTIEDOT		
Varastointiluokka	Vaikutus varastointikestävyyteen	Kustannus / kpl
1	0,05	50,00 €
2	0,1	40,00 €
3	0,3	30,00 €
4	0,5	20,00 €
5	1	10,00 €

Kuva 35: Lisätiedot-välilehden ote varastoinnin lisätiedoista.

Kuvassa 35 yllä esitetään työkaluun syötettävät varastoinnin lisätiedot. Näitä ovat varastointiluokan vaikutus elementin varastointikestävyyden heikkenemiseen ja varastointiluokan kustannusvaikutus yhtä elementtityypin kappaletta kohti. Elementin varastointikestävyyttä mallinnetaan tässä työkalussa taustamuuttujan W avulla, johon vaikutus varastointi-

kestävyyteen -arvo vaikuttaa. Nyt on käytetty satunnaisia arvoja, jotka ovat suhteessa varastoitusluokkaan, mutta todellisuudessa tähän pitäisi syöttää todellisia tutkittuja vaikutusarvoja.

Tarkastukset

Tälle välilehdelle käyttäjän ei ole tarkoitus syöttää tietoja, välilehdellä toteutetaan tarkastusten laskenta ja esitetään tulokset. Sarakkeiden A-G tiedot kopioidaan Syöttösivu-välilehdeltä, jotka toimivat osaltaan tarkastusten laskennan perustana. Sarakkeen H ”Tarkastusväli” tieto haetaan Lisätiedot-välilehdeltä Excelin PHAKU-funktiolla.

Sarakkeeseen I ”Tarkastus” lasketaan kaavalla $\frac{(Tarkasteluvuosi-Erävuosi)}{Tarkastusväli}$ (kuvassa esimerkiksi solun I6 kaava: $((\$B\$2-D6)/H6))$, jolla lasketaan elementtien iän suhde tarkastusväliin.

Sarakkeessa J ”Tarkastusvuosi” käytetään Excelin JOS-funktiota, jolla testataan kaavan $\frac{(Tarkasteluvuosi-Erävuosi)}{Tarkastusväli} - KOKONAISLUKU\left(\frac{(Tarkasteluvuosi-Erävuosi)}{Tarkastusväli}\right) = 0$ paikkaansa pitävyyttä. Mikäli kaava pitää paikkaansa, on tarkasteluvuosi kyseiselle erälle tarkastusvuosi ja sarake tulostaa tekstin ”TARKASTUS”. Mikäli testi ei pidä paikkaansa tulostetaan ”EI TOIMENPITEITÄ”. Kaava solussa J7 on seuraava: $JOS(((\$B\$2-D6)/H6)-(KOKONAISLUKU(((\$B\$2-D6)/H6)))=0;"TARKASTUS";"EI TOIMENPITEITÄ")$.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Kuluva vuosi	Tarkasteluvuosi	PALUU ALOITUKSEEN									
2	2023	2024										
3												
4												
5	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	Erävuosi	Lukumäärä	Odotettu elinikä (v)	Varastoitusluokka [1-5]	Tarkastusväli	Tarkastus	Tarkastusvuosi	HYLKY / JÄTKO	LKM tarkastusten jälkeen
6	TYK11	Iskusytyrin	S110186	1986	2268	40		2	10	3,80	EI TOIMENPITEITÄ	2268
7	TYK11	Iskusytyrin	S110287	1987	2378	40		2	10	3,70	EI TOIMENPITEITÄ	2378
8	TYK11	Iskusytyrin	S110389	1989	2022	40		2	10	3,50	EI TOIMENPITEITÄ	2022
9	TYK11	Iskusytyrin	S110490	1990	2417	40		3	10	3,40	EI TOIMENPITEITÄ	2417
10	TYK11	Iskusytyrin	S110593	1993	2215	40		3	10	3,10	EI TOIMENPITEITÄ	2215
11	TYK11	Iskusytyrin	S110695	1995	2022	40		3	10	2,90	EI TOIMENPITEITÄ	2022
12	TYK11	Iskusytyrin	S110799	1999	2468	40		3	10	2,50	EI TOIMENPITEITÄ	2468
13	TYK11	Iskusytyrin	S110801	2001	2382	40		3	10	2,30	EI TOIMENPITEITÄ	2382
14	TYK11	Iskusytyrin	S110904	2004	2462	40		3	10	2,00	TARKASTUS	0
15	TYK11	Iskusytyrin	S111006	2006	2225	40		3	10	1,80	EI TOIMENPITEITÄ	2225
16	TYK11	Iskusytyrin	S111108	2008	2121	40		4	10	1,60	EI TOIMENPITEITÄ	2121
17	TYK11	Iskusytyrin	S111211	2011	2284	40		4	10	1,30	EI TOIMENPITEITÄ	2284
18	TYK11	Iskusytyrin	S111313	2013	2079	40		4	10	1,10	EI TOIMENPITEITÄ	2079
19	TYK11	Iskusytyrin	S111417	2017	2111	40		5	10	0,70	EI TOIMENPITEITÄ	2111
20	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210186	1986	1219	50		2	10	3,80	EI TOIMENPITEITÄ	1219
21	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210287	1987	1219	50		2	10	3,70	EI TOIMENPITEITÄ	1219
22	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210389	1989	1231	50		3	10	3,50	EI TOIMENPITEITÄ	1231
23	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210490	1990	1042	50		3	10	3,40	EI TOIMENPITEITÄ	1042
24	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210593	1993	1205	50		3	10	3,10	EI TOIMENPITEITÄ	1205
25	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210695	1995	1293	50		3	10	2,90	EI TOIMENPITEITÄ	1293
26	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210799	1999	1391	50		3	10	2,50	EI TOIMENPITEITÄ	1391
27	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210801	2001	1022	50		3	10	2,30	EI TOIMENPITEITÄ	1022
28	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210904	2004	1054	50		3	10	2,00	TARKASTUS	JÄTKO

Kuva 36: Ote Tarkastukset-välilehdeltä.

Erille, joilla tarkasteluvuosi on tarkastusvuosi, toteutetaan JOS-funktion avulla logiikka-testi sarakkeessa K, jossa hyödynnetään Lisätiedot-välilehdelle syötettyä todennäköisyyttä

tarkastuksien läpäisystä. Mikäli erällä on tarkastusvuosi, SATUNNAISLUKU-funktio arpoo satunnaisen reaaliluvun, joka on suurempi kuin 0, mutta pienempi kuin 1. Kaikkien lukujen todennäköisyydet tulla valituksi ovat yhtä suuret. Tätä satunnaislukua verrataan elementtityypin tarkastuksen läpäisyn todennäköisyyteen. Mikäli satunnaisluku on suurempi, katsotaan testi hylätyksi ja mikäli taas pienempi, testi katsotaan läpäistyksi. Tällä simuloidaan siis arvotun satunnaisluvun osumista määritetyn läpäisytodennäköisyyden mukaiselle alueelle. Läpäisy tulostaa sarakkeelle tekstin "JATKO" ja hylkäys tekstin "HYLKY". Kaava solussa K6 on seuraava: $JOS(J6="TARKASTUS";JOS(SATUNNAISLUKU())>PHAKU(A6;Lisätiedot!C4:F13;4;EPÄTOSI);"HYLKY";"JATKO");"-)$. Tarkastus läpäisy mielletään binomijakautuneeksi satunnaisilmiöksi, jonka todennäköisyydet tiedetään.

Sarakkeessa L toteutetaan JOS-funktion logiikkatesti, joka palauttaa erien lukumäärät tarkastusten jälkeen. Testi tulostaa sarakkeelle L alkuperäiset erien lukumäärät niille erille, joilla ei ole tarkastusvuotta tai läpäisevät tarkastuksen. Niille erille, jotka eivät läpäise tarkastusta tulostetaan uudeksi lukumääräksi 0, koska tällöin katsotaan, että koko erä joudutaan hylkäämään. Kaava solussa L6 on seuraava: $JOS(J6="EI TOIMENPITEITÄ";E6;JOS(K6="JATKO";E6;0))$. Tästä eteenpäin taulukon laskennassa käytetään tämän sarakkeen antamia lukumääriä kullekin erälle.

Vanheneminen

Tällä välilehdellä esitetään elementtierien vanhenemisen tarkastelu, jonka laskenta tehdään aiemmin syötettyjä tietoja hyödyntäen. Vanhenemista käsitellään eräkokonaisuudessa samalla periaatteella kuin otantatarkastuksia sovelletaan koko erään.

Sarakkeisiin B-H siirretään tiedot suoraa syöttösivulta, lukuun ottamatta erien lukumääriä, joka siirretään tarkastukset-välilehdeltä. Sarakkeiden I-L tiedot ovat perusteena taustamuuttuja W:n laskentaan. Sarakkeissa M-R esitetään erien varastointikestävyuden laskenta, jonka avulla määritetään sarakkeeseen R todellinen elinkaaren päättymisvuosi, jossa on huomioitu varastointiluokan vaikutus elinkaaren pituuteen.

TIEDOT HAETAAN EDELLISILTÄ VÄLILEHDILTÄ										POHJATIEDOT VARASTOKESTÄVYYDEN LASKENTAAN				TODELLINEN VARASTOINTEKESTÄVYYS			
Numero	Astariikkeen lyhenne	Eranumero	Erävuosi	Lukumäärä	Odotettu elinika (v)	Varastointiluokka (1-5)	Elinkaari loppu	Vuodet varastossa	Vuodet jäljellä	Väikutys vanhenemiseen /v	W alusia	W menesty /v	Tod W menesty/v	W jäljellä	Wjäljettä %	Tod elinkaaren loppu	
10	TYK11	Iskusytyin	S110186	1986	2189	40	2	2026	38	2	0,1	100	2,500	2,600	1,1	1%	2024
11	TYK11	Iskusytyin	S110287	1987	2494	40	2	2027	37	3	0,1	100	2,500	2,600	3,8	4%	2025
12	TYK11	Iskusytyin	S110389	1989	2446	40	2	2029	35	5	0,1	100	2,500	2,600	9	9%	2027
13	TYK11	Iskusytyin	S110490	1990	2063	40	3	2030	34	6	0,3	100	2,500	2,800	4,8	5%	2025
14	TYK11	Iskusytyin	S110593	1993	2366	40	3	2033	31	9	0,3	100	2,500	2,800	13,2	13%	2028
15	TYK11	Iskusytyin	S110695	1995	2270	40	3	2035	29	11	0,3	100	2,500	2,800	18,8	19%	2030
16	TYK11	Iskusytyin	S110799	1999	2252	40	3	2039	25	15	0,3	100	2,500	2,800	30	30%	2034
17	TYK11	Iskusytyin	S110801	2001	2175	40	3	2041	23	17	0,3	100	2,500	2,800	33,6	36%	2036
18	TYK11	Iskusytyin	S110904	2004	2246	40	3	2044	20	20	0,3	100	2,500	2,800	44	44%	2039
19	TYK11	Iskusytyin	S111006	2006	2136	40	3	2046	18	22	0,3	100	2,500	2,800	49,6	50%	2041
20	TYK11	Iskusytyin	S111108	2008	2063	40	4	2048	16	24	0,5	100	2,500	3,000	52	52%	2041
21	TYK11	Iskusytyin	S111211	2011	2035	40	4	2051	13	27	0,5	100	2,500	3,000	61	61%	2044
22	TYK11	Iskusytyin	S111313	2013	2025	40	4	2053	11	29	0,5	100	2,500	3,000	67	67%	2046
23	TYK11	Iskusytyin	S111417	2017	2401	40	5	2057	7	33	1	100	2,500	3,500	75,5	76%	2045
24	TYK-21	Sirpalekranatti	A210186	1986	1033	50	2	2036	38	12	0,1	100	2,000	2,100	20,2	20%	2033

Kuva 37: Ote Vanheneminen-välilehdeltä.

Varsinainen laskenta alkaa sarakkeesta I, jossa lasketaan elinkaaren loppumisvuosi ilman varastoinnin vaikutusta = *Erävuosi + odotettu elinikä*. Sarakkeeseen J lasketaan varastoidut vuodet = *Tarkasteluvuosi – erävuosi*, ja sarakkeeseen K jäljellä olevat varastointivuodet = *Odotettu elinikä – Vuodet varastossa*. Sarakkeeseen L haetaan PHAKU-funktiolla erän varastointiluokan mukainen vaikutus vanhenemiseen Lisätiedot-välilehdeltä.

Sarakkeessa M ilmoitetaan jokaisen erän W:n arvo alussa. Sarakkeessa N lasketaan W:n vuosittainen menetys ilman varastointiluokan vaikutusta = $\frac{\text{Odotettu elinikä}}{W_{alussa}}$. Sarakkeeseen O lasketaan todellinen W:n menetys summana sarakkeiden L ja N arvoista, jolloin myös varastointiluokan vaikutus huomioidaan. Sarakkeeseen P lasketaan erän tällä hetkellä jäljellä oleva W:n arvo = $W_{alussa} - (Vuodet\ varastossa * Tod\ W\ menetys/v)$. Jäljellä olevan W:n arvon suhteellinen osuus alkuarvosta tulostetaan sarakkeeseen Q värikoodattuna.

Sarakkeeseen R lasketaan nyt W:n mukaan määritetty todellinen erän vanhenemisvuosi = $Tarkasteluvuosi + \frac{W_{nyt}}{Tod\ W\ menetys/v}$. Tulos muutetaan kokonaisluvuksi Excelin funktiolla.

Kaava solusta R10: $KOKONAISLUKU(\$B\$2+(P10/O10))$.

Tämä taulukko esittää koostiedon vanhenevista eristä vuosittain. Voit päivittää taulukon klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella ja valitsemalla "päivitä tiedot"

		KÄYTTÖSTÄ POISTETTAVAT LUKUMÄÄRÄT VUOSITTAIN																															
Summa / Lukumäärä	Sarakeotsikot	2024	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2058	2059	Kaikki yhteensä	
	Rivitestit																																
	TYK 21	0	0	0	0	0	1375	2074	1476	0	1278	0	1343	0	0	0	1202	0	1268	0	1005	1465	1461	0	1411	0	1062	0	1457	1150	19027		
	☐ Sirpalekranaatti	0	0	0	0	0	1375	2074	1476	0	1278	0	1343	0	0	0	1202	0	1268	0	1005	1465	1461	0	1411	0	1062	0	1457	1150	19027		
	TYK11	2073	4784	0	2221	2083	2235	0	2387	0	2157	0	2291	0	4567	0	2178	2339	2410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31725		
	☐ Iskusytytin	2073	4784	0	2221	2083	2235	0	2387	0	2157	0	2291	0	4567	0	2178	2339	2410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31725		
	TYK12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500	500	500	500	0	0	0	2500			
	☐ Häikeutuva syytyn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500	500	500	500	0	0	0	2500			
	TYK13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1005	0	0	0	0	0	0	1453	0	0	1395	0	1038	0	0	0	0	0	0	0	4891		
	☐ Alkasytytin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1005	0	0	0	0	0	0	1453	0	0	1395	0	1038	0	0	0	0	0	0	0	4891		
	TYK22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	1000			
	☐ Kuorma-ammus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	200	200	200	200	200	200	0	0	0	0	1000			
	TYK23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	0	5000			
	☐ Pitkän kantaman laukaus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	0	5000			
	TYK31	0	0	0	0	0	6495	0	3082	0	3364	0	3326	0	0	0	6096	3379	3371	0	3105	3367	0	0	0	0	0	0	0	0	35585		
	☐ Täysisarjapanos	0	0	0	0	0	6495	0	3082	0	3364	0	3326	0	0	0	6096	3379	3371	0	3105	3367	0	0	0	0	0	0	0	0	35585		
	TYK32	0	0	0	0	0	0	3439	0	6403	0	3379	0	0	3169	0	9870	0	3437	3091	3455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36243		
	☐ Täysisarjapanos	0	0	0	0	0	0	3439	0	6403	0	3379	0	0	3169	0	9870	0	3437	3091	3455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36243		
	TYK33	0	0	0	0	0	0	6253	0	3293	0	3347	0	0	3275	0	3194	3180	0	0	0	3148	0	3009	0	0	0	0	0	0	28699		
	☐ Puolisarjapanos	0	0	0	0	0	0	6253	0	3293	0	3347	0	0	3275	0	3194	3180	0	0	0	3148	0	3009	0	0	0	0	0	0	28699		
	TYK41	2500	0	2267	0	4724	0	2419	0	2238	0	0	2150	2270	0	2080	0	2211	0	2440	0	2396	0	4251	4628	2318	2102	2049	2257	0	45300		
	☐ Isokulkonali	2500	0	2267	0	4724	0	2419	0	2238	0	0	2150	2270	0	2080	0	2211	0	2440	0	2396	0	4251	4628	2318	2102	2049	2257	0	45300		
	Kaikki yhteensä	4573	4784	2267	2221	6307	2235	3794	18261	6101	12778	4440	12240	3613	2291	11850	4567	16477	3180	17072	9009	11837	3165	15060	9495	9276	3602	3111	2257	1457	1150	209570	

Kuva 38: Vanhenevien lukumäärien vuosittainen koostaulukko.

Kuvassa 38 yllä on esitetty koostaulukko, joka on muodostettu sarakkeiden B-R tiedoista Pivot-taulukkona. Taulukon kenttiin on syötetty riveihin A-numero, A-tarvikkeen lyhenne sekä Eränumero, sarakkeisiin ”Tod elinkaaren loppu” ja arvoihin ”Lukumäärä”. Taulukko koostaa vuosittain vanhenevat erät jokaisen elementtityypin tarkkuudella, ja mahdollistaa erien tarkastelun jokaisen elementtityypin osalta. Taulukkoa hyödynnetään Tulosvälilehdellä välilehdillä kokonaisvaraston laskennassa.

Tulos

Tällä välilehdellä tarkastellaan varaston kokonaistilannetta. Välilehdelle siirretään Vanheneminen-välilehdeltä tiedot eristä, niiden lukumääristä ja W:n mukaan lasketuista todellisista elinkaaren päättymisvuosista. Tiedot siirretään, jotta niiden tarkastelu olisi käyttäjälle luontevampaa. Oleellinen tieto on varastosaldojen tilanne elementtityypeittäin ja vuosittain.

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	OTUKSEEN	Tässä ilmoitetaan varastokapasiteetti vuosittain, josta on vähennetty vuosittain vanhenevat erät																	
2	LKM/VUOSI																		
3	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
4	TYK11	Iskusytytin	29597	24813	24813	22592	20509	20509	18274	18274	18274	18274	15887	15887	13730	13730	13730	11439	11439
5	TYK 21	Sirpalekranaatti	30524	30524	30524	30524	30524	30524	30524	30524	29149	27075	25599	25599	24321	24321	22978	22978	22978
6	TYK41	Iskulukkonalli	52183	52183	49916	49916	45192	45192	45192	45192	42773	42773	40535	40535	40535	38385	36115	36115	34035
7	TYK31	Täyspanos	24700	24700	24700	24700	24700	24700	24700	24700	24700	18205	18205	15123	15123	11759	11759	11759	8433
8	TYK32	Täyssarjapanos	24463	24463	24463	24463	24463	24463	24463	24463	24463	21024	21024	14621	14621	11242	11242	11242	8073
9	TYK33	Puolisarjapanos	20730	20730	20730	20730	20730	20730	20730	20730	20730	14477	14477	11184	11184	7837	7837	7837	4562
10	TYK12	Hakeutuva sytytin	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575	1575
11	TYK13	Aikasytytin	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	3063	2058	2058	2058	2058
12	TYK22	Kuorma-ammus	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183	1183
13	TYK23	Pitkän kantaman ammus	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547	1547
14																			
15																			
16	Tässä ilmoitetaan kulutus vuosittain Lisätiedot-välilehdeltä LKM / vuosi																		
17	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033							
18	TYK11	Iskusytytin	1072	850	1057	1036	869	1065	1138	1101	1001	1033							
19	TYK 21	Sirpalekranaatti	978	1146	901	1151	966	1200	1173	1184	970	1176							
20	TYK41	Iskulukkonalli	1319	1287	1290	1434	1390	1023	1102	1170	1193	1382							
21	TYK31	Täyspanos	986	838	868	996	870	848	863	856	978	879							
22	TYK32	Täyssarjapanos	809	826	1103	849	809	1111	1141	1248	995	1326							
23	TYK33	Puolisarjapanos	856	874	848	1055	860	804	991	1124	1144	862							
24	TYK12	Hakeutuva sytytin	10	5	7	9	6	7	10	8	9	9							
25	TYK13	Aikasytytin	9	8	5	6	6	8	7	10	7	10							
26	TYK22	Kuorma-ammus	9	5	7	7	7	9	6	7	9	7							
27	TYK23	Pitkän kantaman ammus	5	9	8	7	7	7	5	7	7	6							
28																			
29	Tässä ilmoitetaan hankinnat vuosittain Lisätiedot-välilehdeltä LKM / vuosi																		
30	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033							
31	TYK11	Iskusytytin	2250	0	2250	0	2250	0	2250	0	2250	0							
32	TYK 21	Sirpalekranaatti	2000	1000	500	500	500	500	500	500	1000	500							
33	TYK41	Iskulukkonalli	2750	0	2750	2750	0	2750	2750	0	2750	2750							
34	TYK31	Täyspanos	0	2250	2250	0	2250	0	2250	0	2250	0							
35	TYK32	Täyssarjapanos	0	2250	2250	0	2250	0	0	2250	2250	0							
36	TYK33	Puolisarjapanos	0	2250	0	2250	0	2250	2250	0	2250	0							
37	TYK12	Hakeutuva sytytin	0	375	0	0	0	375	0	0	0	0							
38	TYK13	Aikasytytin	675	0	0	675	0	675	0	675	0	0							
39	TYK22	Kuorma-ammus	200	0	0	0	200	0	0	0	200	0							
40	TYK23	Pitkän kantaman ammus	0	300	0	0	0	300	0	0	300	0							

Vasemmassa taulukossa vuosittaisesta kulutuksesta ja hankinnoista, jotka on kopioitu Lisätiedot-välilehdeltä

Kuva 39: Ote Tulos-välilehdeltä.

Kuvan 39 ylin taulukko ilmoittaa koostu tiedot varaston lukumääristä elementtityypeittäin vuosikohtaisesti siten, että kokonaismäärästä on poistettu vuosittain vanhenevat lukumäärät. SUMMA.JOS-funktiolla lasketaan elementtikohtainen kokonaisvarasto, ja vähennettävä lukumäärä haetaan XHAKU-funktiolla. Kummankin tiedot haetaan Vanheneminen-välilehdeltä. Kaava solussa N4 on seuraava: SUMMA.JOS(Vanheneminen!\$B\$10:\$B\$109;\$L4;Vanheneminen!\$F\$10:\$F\$109)-XHAKU(N\$3;Vanheneminen!\$Y\$7:\$BD\$7;Vanheneminen!\$Y\$10:\$BD\$10;"").

Kuvan 39 keskimmäinen ja alin taulukko hakee tietoja Lisätiedot-välilehdeltä ilmoitettuja vuosittaisista kulutuksesta ja hankinnoista. Kaava solusta N18: INDEKSI(Lisätiedot!\$G\$4:\$P\$13;VASTINE(Tulos nyt!\$L18;Lisätiedot!\$C\$4:\$C\$13;0);VASTINE(Tulos nyt!N\$17;Lisätiedot!\$G\$3:\$P\$3;0)). Alin taulukko käyttää vastaavaa funktiota eri haakuvoilla.

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
44	VARASTO YHTEENSÄ: Huomioidaan varastotasot vuosittain, josta on vähennetty vuosittaiset vanhenevat erät ja suunniteltu kulutus, sekä lisätty vuosittaiset hankinnat														
45	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
46	TYK11	Iskusytytin	29584	23924	24541	21724	20538	21185	18950	18950	18950	18950	16563	16563	14406
47	TYK 21	Sirpalekranaatti	18055	18545	17758	17927	18403	19215	19215	19215	17840	15766	14290	14290	13012
48	TYK41	Iskulukkonalli	41217	41157	41252	41108	36539	36059	36059	36059	33640	33640	31402	31402	31402
49	TYK31	Täyspanos	35472	37451	37590	37524	37584	36435	36435	36435	29940	29940	26858	26858	26858
50	TYK32	Täysarjapanos	35456	37488	36522	36643	36474	36566	36566	36566	33127	33127	26724	26724	26724
51	TYK33	Puolisarjapanos	29163	30060	30850	30782	31067	30044	30044	30044	30044	23791	23791	20498	20498
52	TYK12	Hakeutuva sytytin	1728	1928	1728	1728	1928	1738	1738	1738	1738	1738	1738	1738	1738
53	TYK13	Aikasytytin	6148	5948	6148	5948	6148	5958	5958	5958	5958	5958	5958	5958	4953
54	TYK22	Kuorma-ammus	1098	1048	1098	1048	1098	1058	1058	1058	1058	1058	1058	1058	1058
55	TYK23	Pitkän kantaman ammus	1548	1448	1448	1548	1448	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458	1458

Kuva 40: Ote Tulos-välilehdeltä taulukosta varaston kokonaislukumääristä vuosittain.

Välilehden alin taulukko kuvassa 40 yllä yhdistää kolme aiemmin esitettyä taulukkoa, ja tässä esitetään varaston yhteismäärät elementtityypeittäin ja vuosittain = (Kokonaisvarasto – Vanhenevat lukumäärät) – Kulutus + Hankinnat. Esimerkki kaavasta solussa M46: $N4-N18+N31$. Tämän taulukon tietoja

LS-yhdistelmät

Tähän välilehdelle määritetään muodostettavat laukausyhdistelmät annettujen elementtietojen perusteella. Laukasyhdistelmät valitaan ”A-nro”-otsikoiden alle sarakkeisiin vetovalikoista valitsemalla laukausyhdistelmään elementit. Esimerkiksi valittu laukausyhdistelmä 1 sisältää iskusytyttimen, sirpalekranaatin, täyspanoksen ja iskulukkonallin. Työkaluun on määritetty viisi laukausyhdistelmää, jotka näkyvät kuvassa 41 alla.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Kuluvu vuosi	Tarkasteluvuosi	PALUU ALOITUKSEEN															
2	2023	2024																
3																		
4	Laukasyhdistelmät	A-nro	Sytytin	LKM	A-nro	Ammus	LKM	A-nro	Panos	LKM	A-nro	Iskulukkonalli	LKM	Haluttu määrä	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	SIDOTUT	
5	LS 1	TYK11	iskusytytin	4500	TYK 21	Sirpalekranaatti	4500	TYK31	Täyspanos	4500	TYK41	iskulukkonalli	4500	4500	TYK11	iskusytytin	14000	
6	LS 2	TYK11	iskusytytin	5000	TYK 21	Sirpalekranaatti	5000	TYK32	Täysarjapanos	5000	TYK41	iskulukkonalli	5000	5000	TYK 21	Sirpalekranaatti	14000	
7	LS 3	TYK11	iskusytytin	4500	TYK 21	Sirpalekranaatti	4500	TYK33	Puolisarjapanos	4500	TYK41	iskulukkonalli	4500	4500	TYK41	iskulukkonalli	15650	
8	LS 4	TYK12	Hakeutuva sytytin	850	TYK23	Pitkän kantaman	850	TYK31	Täyspanos	850	TYK41	iskulukkonalli	850	850	TYK31	Täyspanos	6150	
9	LS 5	TYK13	Aikasytytin	800	TYK22	Kuorma-ammus	800	TYK31	Täyspanos	800	TYK41	iskulukkonalli	800	800	TYK32	Täysarjapanos	5000	
10	LS 6		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		TYK33	Puolisarjapanos	4500	
11	LS 7		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		TYK12	Hakeutuva sytytin	850	
12	LS 8		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		TYK13	Aikasytytin	800	
13	LS 9		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		TYK22	Kuorma-ammus	800	
14	LS 10		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		#PUUTTUUI	0		TYK23	Pitkän kantaman laukaus	850	
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		

Kuva 41: LS-yhdistelmät-välilehti.

Laukasyhdistelmien määrittämisen jälkeen sarakkeeseen O syötetään haluttu lukumäärä kutakin laukausyhdistelmää, joka pitää pystyä muodostamaan varaston elementeistä. Nämä sarakkeen O lukumäärät muodostavat varmuustason jokaiselle elementtityypille, jotka lasketaan jokaisesta määritetystä laukausyhdistelmästä sarakkeeseen S otsikolla ”SIDOTUT” elementtityypeittäin. Varastotasot eivät saa alittaa näitä lukumääriä elementtityyppien osalta. Sarakkeeseen S lasketaan jokaisen elementtityypin osalta funktiolla

SUMMA.JOS sidottujen elementtien lukumäärä. Lukumäärät muodostuvat jokaisen laukaussyhdistelmän halutuista määristä. Kaava solussa S5: $SUMMA.JOS(C5:E14;Q5;E5:E14)$.

Varmuustasot

Tällä välilehdellä tarkastellaan varaston suhdetta varmuustasoihin. Välilehti esittää vapaana olevat elementtien lukumäärät elementtityypeittäin ja vuosittain. Välilehdelle määritetään halutut hälytysrajat vapaana olevista elementtien lukumääristä sekä varattu vuosimäärä hankinnan käynnistämiseksi. Tämän perusteella välilehti esittää jokaiselle elementtityypille täydentävän hankinnan käynnistysvuodesta ehdotuksen, mikäli tarkasteluvälillä on tarve hankinnoille sarakkeeseen O syötetyillä hälytysrajoilla. Kuvassa 42 alla osa sarakkeen Q hankintavuoden arvoista on negatiivisia ja vihreällä, joka tarkoittaa ettei tarkastelujaksolla ole tarvetta lisähankinnoille.

Kuluva vuosi		Tarkasteluvuosi		Hakee tämän vuoden tilanteen ja vähentää sidotut										PALUU ALOITUKSEEN		
				VAPAAAN OLEVAT ELEMENTIT												
A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	SITOO	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Hälytysrajat / kpl vapaana	Varaus hankintaan v	Hankintavuosi	
5	TYK11	Iskusytytin	14000	15221	9298	9804	6547	5633	6280	4045	4045	4045	4045	8000	1	2026
6	TYK 21	Sirpalekranaatti	14000	4423	4709	3768	3724	4334	5146	5146	5146	3771	1697	1000	1	-1
7	TYK41	Iskulukkonalli	15650	25901	25694	25276	25612	20777	20525	20525	20525	18106	18106	18000	2	-2
8	TYK31	Täyssarpanos	6150	28582	30593	30621	30597	30597	29469	29469	29469	29469	22974	4000	1	-1
9	TYK32	Täyssarjapanos	5000	29955	31628	30813	30456	30843	30778	30778	30778	30778	27339	4000	1	-1
10	TYK33	Puolisarjapanos	4500	24702	25666	26315	26627	26339	25625	25625	25625	25625	19372	4000	1	-1
11	TYK12	Hakeutuva sytytin	850	531	731	531	531	731	541	541	541	541	541	900	3	2021
12	TYK13	Aikasytytin	800	5706	5506	5706	5506	5706	5516	5516	5516	5516	5516	900	2	-2
13	TYK22	Kuorma-ammus	800	227	177	227	177	227	187	187	187	187	187	900	3	2021
14	TYK23	Pitkän kantaman laukaus	850	770	670	670	770	670	680	680	680	680	680	700	3	2022

Kuva 42: Varmuustasot-välilehti.

Välilehti hakee sarakkeiden B-D tiedot LS-yhdistelmät-välilehdeltä ja sarakkeiden E-N pohjatiedot Tulos-välilehdeltä. Sarakkeissa E-N haetaan tieto elementin kokonaisvarastotasta Tulos-välilehdeltä, josta vähennetään varmuustasoihin sidotut elementtien lukumäärät, jolloin tulostetaan vapaan olevat elementit varastossa. Kaava solusta E5: $INDEKSI(Tulos_nyt!\$N\$46:\$X\$55;VASTINE(Varmuustasot!\$B5;Tulos_nyt!\$L\$46:\$L\$55;0);VASTINE(Varmuustasot!E\$4;Tulos_nyt!\$N\$45:\$X\$45;0))-\$D5$.

Mikäli tarkastelujaksolla varaston vapaiden elementtien lukumäärä alittaa sarakkeessa O määritetyn hälytysrajan, solu värjätään punaisella. Hankintavuosiesitys lasketaan sarakkeeseen Q määrittämällä pienin vuoden luku, jossa hälytysraja alitetaan, ja vähennetään määritetty varaus hankinnan käynnistämiseen vuosina sarakkeesta P. Kaava solusta Q5: $MIN(JOS(E5:N5<=O5;E\$4:\$N\$4;"EI EHDOTUKSIA"))-P5$.

Kustannustarkastelu

Välilehdellä tarkastellaan kustannuksia, ja kolmen eri valintatyökalun avulla käyttäjä voi tarkastella 1. erän varastoluokan muutoksen vaikutuksen kustannuksiin ja elinkaaren todelliseen päättymiseen 2. erän luopumisen kustannuksia ja 3. erän elinjakson jatkon kustannuksia. Välilehdelle haetaan aluksi sarakkeisiin B-G tiedot Tulos-välilehdeltä, jotka näkyvät kuvassa 43 alla. Sarakkeiden G ja H tiedot haetaan PHAKU-funktiolla Lisätiedot-välilehdeltä. Sarakkeeseen I lasketaan erän varastoinnin yhteiskustannus = $Lukumäärä * (VarastointikustannusLka + varastointikustannus kpl)$. Kaikkien erien varastoinnin kustannukset tulostetaan summana sivun ylälaitaan, ja taulukkoa voi suodattaa käyttäjän valintojen mukaisesti.

	B	C	D	E	F	G	H	I
16	A-num	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	Lukumäärä	Varastointiluokka (1)	VarastointikustannusLkak / kpl	Varastointikustannus / kpl	Varastointi YHT
17	TYK11	Iskusytytin	S110186	2295	2	40,00 €	2,00 €	96 390,00 €
18	TYK11	Iskusytytin	S110287	2432	2	40,00 €	2,00 €	102 144,00 €
19	TYK11	Iskusytytin	S110389	2332	2	40,00 €	2,00 €	97 944,00 €
20	TYK11	Iskusytytin	S110490	2196	3	30,00 €	2,00 €	70 272,00 €
21	TYK11	Iskusytytin	S110593	2217	3	30,00 €	2,00 €	70 944,00 €
22	TYK11	Iskusytytin	S110695	2475	3	30,00 €	2,00 €	79 200,00 €
23	TYK11	Iskusytytin	S110799	2497	3	30,00 €	2,00 €	79 904,00 €
24	TYK11	Iskusytytin	S110801	2243	3	30,00 €	2,00 €	71 776,00 €
25	TYK11	Iskusytytin	S110904	2128	3	30,00 €	2,00 €	68 096,00 €
26	TYK11	Iskusytytin	S111006	2217	3	30,00 €	2,00 €	70 944,00 €
27	TYK11	Iskusytytin	S111108	2371	4	20,00 €	2,00 €	52 162,00 €

Kuva 43: Kustannustarkastelu-välilehden yleiset tiedot.

Sarakkeesta L alkaen välilehti esittää mainitut kolme valintatyökalua, jotka on esitetty kuvassa 44 alla. Kaikissa valitaan haluttu elementtiterä alasvetovalikosta tarkasteltavaksi. Työkalut hakevat siihen perustuen tiedot ja laskevat työkalukohtaisesti kustannusvaikutukset jokaiselle toiminnolle.

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1									
2	VARASTOINTILUOKAN MUUTOKSEN KUSTANNUSTARKASTELU								
3	VALITSE TARKASTELTAVA ERÄ								
4	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	LKM	VarastointikustannusLkak / kpl	Varastointikustannus/kpl	Varastointiluokka	Varastokustannus nyt	
5	TYK11	Iskusytytin	S111417	2413	10		2	5	28 956,00 €
6									
7	ERÄSTÄ LUOPUMISEN TARKASTELU								
8	VALITSE TARKASTELTAVA ERÄ								
9	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	LKM	Varastokustannus nyt	Luopumisen kustannus	Luopumisen kustannus	Erotus	
10	TYK11	Iskusytytin	S110287	2432	102 144,00 €	10,00 €	24 320,00 €	77 824,00 €	
11									
12	ERÄN ELINJAKSON JATKON TARKASTELU								
13	VALITSE TARKASTELTAVA ERÄ								
14	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	LKM	Varastokustannus nyt	Elinjakson jatko €	Elinjakson jatko kustannus	Kustannus yht	
15	TYK11	Iskusytytin	S110287	2432	102 144,00 €	10,00 €	24 320,00 €	126 464,00 €	

Kuva 44: Valintatyökalut kustannustarkastelu-välilehdellä.

Kuvan 44 keskimmäisessä työkalussa tarkastellaan erästä luopumisen kustannusvaikutusta. Soluun N10 valitun erän perusteella haetaan tiedot, ja luopumisen kustannus ilmoitetaan solussa R10 kappalemäärän ja luopumisen kappalekustannuksien tulona. Solussa S10 esitetään nykyisten varastokustannuksien ja luopumisen kustannuksien erotus.

Kuvan 44 alimmassa työkalussa voidaan tarkastella elinjakson jatkon kustannuksia valitsemalla tarkasteltava erä alasetovalikosta solussa N15. Solussa R15 esitetään elinjakson jatkamisen kustannukset kappalemäärän ja kappalekohtaisen kustannuksen tulona. Soluun S15 lasketaan tarkasteluvuoden varastointikustannusten sekä elinjakson jatkon summana yhteensä syntyvät kustannukset.

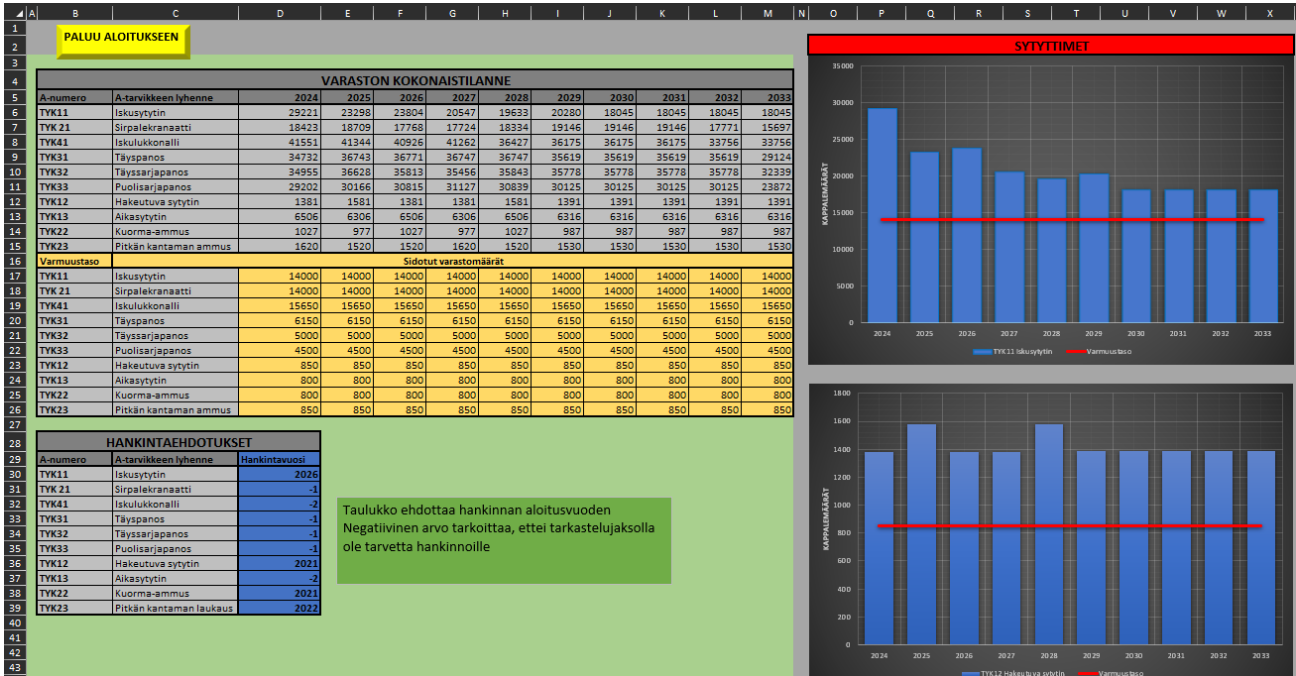
Kuvan 44 ylin työkalu mahdollistaa varastointiluokan muutoksen vaikutuksien tarkastelun niin kustannuksiin kuin myös elementtieron vanhenemiseen. Valitun erän perusteella haetaan nykyiset kustannustiedot sarakkeille P-S XHAKU-funktiolla samalta välilehdeltä. Työkalun toinen osa näkyy kuvassa 45 alla. Soluun U5 valitaan alasetovalikosta uusi varastointiluokka, jonka tiedot haetaan PHAKU-funktiolla Lisätiedot-välilehdeltä, ja uusi varastointikustannus esitetään solussa X5. Solussa Y5 esitetään nykyisen ja uuden varastointikustannuksen erotus. Soluun Z5 haetaan kyseessä olevan erän nykyinen elinkaaren päättymisvuosi PHAKU-funktiolla Vanheneminen-välilehdeltä, ja soluun AA5 haetaan uusi elinkaaren päättymisvuosi päivitetyllä varastointiluokalla. Kaava solussa AA5: $KOKONAISLUKU((Vanheneminen!B\$2)+((PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;10;0)-((PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;7;0))*(((PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;10;0))/(PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;4;0))))+PHAKU(\$U\$5;Lisätiedot!C\$26:\$E\$30;2;0)))/(PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;9;0)+(PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;10;0)/PHAKU(\$N\$5;Vanheneminen!D\$10:\$M\$109;4;0))))))$. Soluun AB5 tulostetaan uuden ja vanhan elinkaaren päättymisvuoden erotus vuosina.

	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1								
2								
3	VARASTOINTILUOKAN MUUTOS							
4	Valitse uusi luokka	VarastointikustannusLkak / kpl	Varastointikustannus / kpl	Uusi varastokustannus	Erotus €	Nykyinen elinkaaren päätös	Uusi elinkaaren loppu	Erotus v
5	1	50,00 €	2,00 €	125 476,00 €	-96 520,00 €	2045	2047	2

Kuva 45: Varastointiluokan muutoksen valintatyökalun toinen osio.

Yhteenveto

Tälle välilehdelle kootaan oleelliset tiedot 10 vuoden tarkastelujaksolta, jotka esitetään myös graafisina taulukkoina jokaisen elementtityypin osalta.



Kuva 46: Ote Yhteenveto-välilehdeltä.

Varaston kokonaistilanne-taulukko on koottu varastosaldot jokaisen elementtityypin osalta, jotka huomioivat vanhenemisen, kulutuksen ja hankinnat. Tiedot haetaan Tulos-välilehdeltä. Varastosaldot eivät huomioi sidottuja ja vapaita elementtilukumääriä, vaan sidottu määrät esitetään keltaisella alemmassa taulukossa riviltä 16 alkaen. Tämän taulukon tiedot haetaan LS-yhdistelmät-välilehdeltä. Taulukoiden tiedoista on tuotettu graafiset kuvaukset, joissa näkyy elementtityypeittäin ja vuosittain varastomäärät sekä sidottujen lukumäärien määrittämä varmuustaso.

Rivin 28 Hankintaehdotukset-taulukko on koottu työkalun ehdottamat hankintavuodet elementtityypeittäin, jotka haetaan Varmuustasot-välilehdeltä. Taulukko esittää joko hankintavuoden tai negatiivisen arvon, mikäli määreiden mukaan seuraavalla tarkastelujaksolla ei ole tarvetta täydennyshankinnoille.

Työkalun rajaukset ja oletukset

Työkalussa on käytetty seuraavia oletuksia ja sillä on seuraavia rajoituksia:

- Tarkastuksissa kulutettavia yksittäisiä elementtejä ei huomioida varastolaskennoissa, vaan ne oletetaan kulutetuiksi. Yksittäisillä kappaleilla ei kokonaisuuden kannalta ole merkitystä.
- Työkalussa oletetaan, että varastointiluokka on ollut sama koko elinkaaren ajan. Tällöin simuloidaan erän nykyinen varastointikestävyys.
- Työkalun käyttöhetkeksi oletetaan loppuvuosi, jolloin tarkastellaan seuraavaa vuotta.
- Rajataan käsittely, opetus ja harjoitustarvikkeet geneerisen datasetin ulkopuolelle.
- Varastointiluokan muutoksia historian aikana ei huomioida.
- Malli tunnistaa vain yhden tarkastusvälin, jolloin tarkastusten läpäisy yksinkertaistetaan yhteen valvontaväliin. Vain tarkasteluvuoden tarkastukset on järkevää huomioida. Muutoin huomioidaan varastoinnin vaikutus varastointikestävyyteen ja siten elementin elinikään.
- Tuotettu työkalu ei kykene priorisoimaan seuraavaksi käytettäviä eriä, vaan työkalun käyttäjän täytyy määrittää kulutukseen ohjattavat erät. Erien kulutukseen ohjaamiseen liittyy myös esimerkiksi varastointipaikan suhde käyttöpaikasta, jolloin on syytä tarkastella laajemmin, mikä erä on järkevää kuluttaa seuraavaksi.
- Työkalu ei huomioi ampumatarvikkeiden varastointikapasiteettejä.

F. Työkalun geneerinen aineisto

	A-numero	A-tarvikkeen lyhenne	Eränumero	Erävuosi	Lukumäärä	Odotettu elinikä (v)	Varastointiluokka (1-5)
1	TYK11	Iskusytytin	S110186	1986	2394	40	3
2	TYK11	Iskusytytin	S110287	1987	2323	40	3
3	TYK11	Iskusytytin	S110389	1989	2031	40	2
4	TYK11	Iskusytytin	S110490	1990	2378	40	3
5	TYK11	Iskusytytin	S110593	1993	2023	40	3
6	TYK11	Iskusytytin	S110695	1995	2240	40	2
7	TYK11	Iskusytytin	S110799	1999	2369	40	4
8	TYK11	Iskusytytin	S110801	2001	2309	40	5
9	TYK11	Iskusytytin	S110904	2004	2363	40	2
10	TYK11	Iskusytytin	S111006	2006	2496	40	3
11	TYK11	Iskusytytin	S111108	2008	2387	40	3
12	TYK11	Iskusytytin	S111211	2011	2425	40	4
13	TYK11	Iskusytytin	S111313	2013	2400	40	4
14	TYK11	Iskusytytin	S111417	2017	2066	40	3
15	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210186	1986	1908	50	2
16	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210287	1987	1883	50	4
17	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210389	1989	1578	50	3
18	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210490	1990	2366	50	3
19	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210593	1993	2360	50	4
20	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210695	1995	2344	50	3
21	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210799	1999	1769	50	2
22	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210801	2001	2412	50	3
23	TYK 21	Sirpalekranaatti	A210904	2004	2495	50	3
24	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211006	2006	2409	50	4
25	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211108	2008	1872	50	3
26	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211210	2010	1583	50	2
27	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211312	2012	1967	50	4
28	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211416	2016	2398	50	3
29	TYK 21	Sirpalekranaatti	A211518	2018	1835	50	3
30	TYK41	Iskulukkonalli	N410186	1986	2672	40	3
31	TYK41	Iskulukkonalli	N410288	1988	2619	40	4
32	TYK41	Iskulukkonalli	N410390	1990	2803	40	3
33	TYK41	Iskulukkonalli	N410493	1993	2791	40	2
34	TYK41	Iskulukkonalli	N410597	1997	2771	40	4
35	TYK41	Iskulukkonalli	N410699	1999	2687	40	5
36	TYK41	Iskulukkonalli	N410702	2002	2633	40	2
37	TYK41	Iskulukkonalli	N410803	2003	2921	40	3
38	TYK41	Iskulukkonalli	N410905	2005	2826	40	5
39	TYK41	Iskulukkonalli	N411007	2007	2574	40	4
40	TYK41	Iskulukkonalli	N411109	2009	2621	40	2
41	TYK41	Iskulukkonalli	N411211	2011	2533	40	5
42	TYK41	Iskulukkonalli	N411313	2013	2658	40	4
43	TYK41	Iskulukkonalli	N411415	2015	2836	40	3
44	TYK41	Iskulukkonalli	N411516	2016	2547	40	2
45	TYK41	Iskulukkonalli	N411618	2018	2750	40	5
46	TYK41	Iskulukkonalli	N411719	2019	2885	40	3
47	TYK41	Iskulukkonalli	N411820	2020	2560	40	2
48	TYK41	Iskulukkonalli	N411921	2021	2528	40	4
49	TYK41	Iskulukkonalli	N412022	2022	2912	40	3
50	TYK31	Täyspanos	P310186	1986	2242	50	5
51	TYK31	Täyspanos	P310288	1988	2212	50	4
52	TYK31	Täyspanos	P310390	1990	2286	50	3
53	TYK31	Täyspanos	P310494	1994	2073	50	3
54	TYK31	Täyspanos	P310597	1997	2427	50	2
55	TYK31	Täyspanos	P310601	2001	2097	50	4
56	TYK31	Täyspanos	P310704	2004	2196	50	3
57	TYK31	Täyspanos	P310806	2006	2232	50	2
58	TYK31	Täyspanos	P310909	2009	2007	50	4
59	TYK31	Täyspanos	P311012	2012	2259	50	2
60	TYK31	Täyspanos	P311115	2015	2442	50	3
61	TYK32	Täyssarjapanos	P320186	1986	2239	50	5
62	TYK32	Täyssarjapanos	P320288	1988	2442	50	4
63	TYK32	Täyssarjapanos	P320392	1992	2173	50	3
64	TYK32	Täyssarjapanos	P320494	1994	2390	50	3
65	TYK32	Täyssarjapanos	P320597	1997	2235	50	2
66	TYK32	Täyssarjapanos	P320699	1999	2009	50	4
67	TYK32	Täyssarjapanos	P320702	2002	2155	50	3
68	TYK32	Täyssarjapanos	P320804	2004	2490	50	2
69	TYK32	Täyssarjapanos	P320906	2006	2062	50	4
70	TYK32	Täyssarjapanos	P321009	2009	2084	50	2
71	TYK32	Täyssarjapanos	P321112	2012	2042	50	3
72	TYK33	Puolisarjapanos	P330186	1986	2383	50	3
73	TYK33	Puolisarjapanos	P330288	1988	2255	50	4
74	TYK33	Puolisarjapanos	P330390	1990	2443	50	5
75	TYK33	Puolisarjapanos	P330494	1994	2382	50	2
76	TYK33	Puolisarjapanos	P330597	1997	2398	50	3
77	TYK33	Puolisarjapanos	P330699	1999	2103	50	2
78	TYK33	Puolisarjapanos	P330703	2003	2425	50	4
79	TYK33	Puolisarjapanos	P330808	2008	2432	50	3
80	TYK33	Puolisarjapanos	P330910	2010	2164	50	2
81	TYK12	Hakeutuva sytytin	S120119	2019	465	30	2
82	TYK12	Hakeutuva sytytin	S120218	2018	475	30	1
83	TYK12	Hakeutuva sytytin	S120320	2020	429	30	1
84	TYK12	Hakeutuva sytytin	S120421	2021	432	30	2
85	TYK12	Hakeutuva sytytin	S120522	2022	379	30	2
86	TYK13	Aikasytytin	S130198	1998	575	40	2
87	TYK13	Aikasytytin	S130204	2004	686	40	4
88	TYK13	Aikasytytin	S130309	2009	586	40	3
89	TYK13	Aikasytytin	S130413	2013	529	40	3
90	TYK13	Aikasytytin	S130517	2017	517	40	3
91	TYK22	Kuorma-ammus	A220115	2015	225	30	1
92	TYK22	Kuorma-ammus	A220216	2016	228	30	2
93	TYK22	Kuorma-ammus	A220317	2017	179	30	2
94	TYK22	Kuorma-ammus	A220418	2018	155	30	1
95	TYK22	Kuorma-ammus	A220519	2019	237	30	2
96	TYK23	Pitkän kantaman ammus	A230118	2018	283	30	1
97	TYK23	Pitkän kantaman ammus	A230219	2019	292	30	2
98	TYK23	Pitkän kantaman ammus	A230320	2020	261	30	2
99	TYK23	Pitkän kantaman ammus	A230421	2021	328	30	1
100	TYK23	Pitkän kantaman ammus	A230522	2022	283	30	2