

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

PANSSARINTORJUNNAN SIMULOINTIMENETELMIEN TARKASTELU

Yleisesikuntaupseerikurssin diplomityö

Kapteeni
Vesa Kankare

Yleisesikuntaupseerikurssi 55
Maasotalinja

Elokuu 2011

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Yleisesikuntaupseerikurssi 55	Linja Maasotalinja
Tekijä Kapteeni Vesa Tapio KANKARE	
Tutkielman nimi PANSSARINTORJUNNAN SIMULOINTIMENETELMIEN TARKASTELU	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka MPKK:n kirjasto
Aika Elokuu 2011	Tekstisivuja 102 Liitesivuja 3
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Tutkimuksen tarkoituksena on vertailla panssarintorjunnan simulointiin ja mallintamiseen käytettävän kahden erilaisen matemaattisen menetelmän soveltuvuutta ja käytettävyyttä. Näiden työkalujen vertailun kautta pyritään tekemään johtopäätöksiä niiden soveltuvuudesta operaatioanalyysiin ja löytämään kehittämistarpeita menetelmien parantamiseksi ja jatkotutkimusten pohjaksi. Epäsuoran tulen vaikutus huomioidaan taistelun kulussa. Tutkimuksessa käytettävä skenaario on kummassakin menetelmässä sama, ja taistelut käydään neljässä vaiheessa, joihin osallistuvat joukot ja aseet ovat kummassakin tapauksessa samat.</p> <p>Tutkimuksessa käytetään konstruktiivista simulaatiota ja determinististä matemaattista mallia. Simulaatioon on sisälle ohjelmoitu epäsuoran tulen vaikutusmalli, mutta deterministisen mallin kanssa käytetään erillistä epäsuoran tulen vaikutusmallia. Panssarivaunujen taistelu toisia panssarivaunuja ja panssarintorjunta-aseita vastaan perustuu kummassakin menetelmässä tuhoamistodennäköisyyksiin. Tutkimuksessa annetaan esimerkki tuhoamistodennäköisyyksien määrittämisestä ja lasketaan tutkimuksessa käytettävät tuhoamistodennäköisyydet pääosin julkisista lähteistä saatavilla oleviin arvoihin perustuen.</p> <p>Tulosta laskettaessa taistelut aloitetaan kyseistä taisteluvaihetta varten vakioidulla tavalla esimerkiksi rajoittamalla taistelut käytäväksi vain tietyillä tuhoamistodennäköisyyden perustuvilla torjunta-alueilla. Simulaation ja matemaattisen mallin välisistä eroista johtuen tämä ei kaikissa vaiheissa täysin toteutunut. Keskeisimmät tulokset liittyvät havaintoihin menetelmien eroista panssarintorjunta-aseiden kulutuksessa ja epäsuoran tulen tehossa. Lisäksi tuloksena havaittiin, että menetelmien välillä ei tuhottujen vaunujen määrissä ole merkittäviä eroja. Matemaattisen menetelmän lopputulos on kuitenkin vahvasti riippuvainen tutkijan tekemistä valinnoista skenaariota rakentaessaan, eikä tämän tutkimuksen lopputulos ole kyseisen mallin kohdalta, joka mitä tästä samasta tilanteesta olisi voinut tulla.</p> <p>Kummankin menetelmän jatkokehittämiseksi löytyi tutkimuksen aikana tarpeita. Matemaattisen menetelmän kohdalla tarpeet painottuvat niin sanottujen kestäväkäyttöaseiden eli ladattavien asejärjestelmien välisten taisteluiden laskemisen parantamiseen. Simulaation osalta suurimmat kehitystarpeet ovat yksiköiden realistisemmän toiminnan kehittämisessä siten, että niiden reagointi taistelukentän ärsykeisiin olisi todenmukaisempaa.</p>	
<p>AVAINSANAT Panssarintorjunta, panssarintorjunta-aseet, sinkoaseet, taistelupanssarivaunu,</p>	

rynnäköpanssarivaunu, simulointi, panssarintorjuntaohjus, operaatioanalyysi,
mallintaminen, FLAMES, MATLAB.

DIPLOMITYÖN SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Aiheen esittely.....	1
1.2.	Käsittelytapa ja rajaukset	3
2.	KÄYTETTÄVÄT JOUKOT JA TAKTINEN TILANNE	4
2.1.	Taustaa	4
2.2.	Sininen joukko	5
2.2.1.	Yleistä	5
2.2.2.	Kokoonpano ja kalusto	6
2.3.	Punainen joukko.....	8
2.3.1.	Yleistä	8
2.3.2.	Kokoonpano ja kalusto	10
2.4.	Tutkimuksessa käytettävä taktinen tilanne.....	11
2.5.	Skenaarion ennakoitu lopputulos	19
3.	TUHOAMISTODENNÄKÖISYYDET JA SIMULOINTIMENETELMÄT	20
3.1.	Yleistä	20
3.2.	Osumatodennäköisyys.....	22
3.3.	Läpäisytodennäköisyys	23
3.4.	Vaikutustodennäköisyys	24
3.5.	Asejärjestelmän luotettavuus.....	25
3.6.	Tuhoamistodennäköisyys	26
3.7.	Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli	27
3.7.1.	Yleistä	27
3.7.2.	Aseen keskimääräinen panssarivaunujen tuhoamiskyky	27
3.7.3.	Joukon panssarivaunujen tuhoamiskyky	28
3.8.	Epäsuoran tulen MATLAB -pohjainen vaikutusmalli.....	29
3.8.1.	Yleistä	29
3.8.2.	Maalieditori	30
3.8.3.	Ampumatarvike-editori	31
3.8.4.	Ammuntaeditori	32
3.8.5.	Laskentalomake.....	33
3.9.	Simulaatio FLAMES -alustalla	35
3.9.1.	Yleistä	35
3.9.2.	Mallihierarkia	36
3.9.3.	Skenaario ja simulointi	38
4.	TAISTELUN TULOSTEN LASKENTA	41
4.1.	Yleistä	41
4.2.	Tuhoamistodennäköisyyksien laskeminen	41
4.3.	Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tulokset	52
4.3.1.	Taistelun vaiheet	59
4.3.2.	Vaihe 1	60
4.3.3.	Vaihe 2	61
4.3.4.	Vaihe 3	66
4.3.5.	Vaihe 4	73
4.3.6.	Yhteenveto	78
4.4.	FLAMES-pohjaisen simulaation tulokset	80
4.4.1.	Taistelun vaiheet	81
4.4.2.	Vaihe 1	81
4.4.3.	Vaihe 2	83
4.4.4.	Vaihe 3	85
4.4.5.	Vaihe 4	87
4.4.6.	Yhteenveto	90
5.	MENETELMIEN VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	91
5.1.	Yleistä	91
5.2.	Johtopäätökset	92
6.	KEHITYSTARPEET	100

PANSSARINTORJUNNAN SIMULOINTIMENETELMIEN TARKASTELU

1. JOHDANTO

1.1. Aiheen esittely

Tässä yleisesikuntaupseerikurssin diplomityössä tutkitaan ja vertaillaan operaatioanalyysiin hyödynnettävissä olevia menetelmiä. Operaatioanalyysi on tällä hetkellä saamassa lisää jalansijaa Suomessakin puolustusvoimien operatiivisen suunnittelun prosessissa[14]. Operaatioanalyysi on tieteellisten menetelmien soveltamista operatiivisten ongelmien tutkimiseen [21]. Operaatioanalyysin tavoitteena on tuottaa päätöksentekijöille ratkaisujen kvantitatiivisia perusteita [16]. Operaatioanalyysin työkaluina voidaan pitää muun muassa tilastotiedettä, optimointia, todennäköisyyslaskentaa, jonoteoriaa, matemaattista mallintamista ja simulointia.

Operaatioanalyysin tekeminen eri maiden asevoimissa on ollut jo pitkään tärkeällä sijalla. Ison-Britannian huoltoministeriön alaisuuteen perustettiin vuonna 1941 Sotilasoperaatioiden tutkimusyksikkö¹[21]. Se korvattiin vuonna 1946 sotaministeriön alaisella Armeijan operatiivisen tutkimuksen ryhmällä² [21]. Toisen maailmansodan aikaiselta operaatioanalyysityön alkutaipaleelta klassinen esimerkki liittyy sukellusveneiden vastaiseen sodankäyntiin. Iso-Britanniassa oli havaittu, että syvyyspommit upottavat sukellusveneitä oletettua huonommalla todennäköisyydellä, ja syyksi todettiin lentokonepudotteisiin syvyyspommeihin asennettu väärä kiinteä räjähdysvyvyys. Käytettävissä olevia tietoja analysoimalla onnistuttiin optimoimaan räjähdysvyvyys niin, että tiedustelutietojen mukaan saksalaisten tappiot kaksinkertaistuivat. Oli myös tutkittu mahdollisuutta kehittää herätesytytin, mutta tässä tapauksessa olemassa olevaa menetelmää optimoimalla päästiin nopeasti hyvään lopputulokseen. Tästä tapauksesta ja muustakin operaatioanalyysiin liittyvästä voi lukea lisää esimerkiksi N. K. Jaiswalin teoksesta *Military operations research: quantitative decision making*. [10] Noista ajoista on operaatioanalyysi kehittynyt paljon. Suuria kehitysaskleita tällä alalla on otettu muun muassa tietokoneiden laskentatehon kasvamisen myötä.

¹ Ministry of Supply, Operational Research Group

² War Office, Army Operational Research Group

Tässä työssä vertaillaan kahta erilaista operaatioanalyysin työkalua, joista toinen on simulaatiotyökalu ja toinen on yksinkertainen todennäköisyyksiin perustuva matemaattinen malli. Tähän matemaattisen malliin yhdistetään toinen hieman monimutkaisempi todennäköisyyslaskentaan perustuva epäsuoran tulen tappioiden arviointimalli.

Työn tarkoituksena on saada tietoa kummankin mallin käytettävyydestä ja soveltuvuudesta taisteluiden mallintamiseen sekä verrata mallien avulla saatuja tuloksia toisiinsa. Vertailussa ei kuitenkaan ole tarkoituksena asettaa menetelmiä paremmuusjärjestykseen. Vertailussa keskitytään enemmänkin pohtimaan lopputuloksiin johtaneita tekijöitä ja miettimään mistä mahdolliset erot voisivat johtua. Vertailu toteutetaan pohtimalla tutkimuksen edetessä saatuja havaintoja ja niiden vaikutusta lopputulokseen. Vertailun tuloksena nähdään kuinka hyvin käytetyt mallit vastaavat toisiaan ja sen pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä mallien toimivuudesta ja luotettavuudesta. Luotettavuuden arviointi on kuitenkin haastavaa, koska kumpikaan malleista ei vastaa todellisuutta. Lisäksi työn tuloksena esitetään kummastakin menetelmästä löydettyjä kehittämistarpeita esimerkiksi käytettävyyden ja parametrien osalta.

Tutkimuskysymykset, joihin työssä vastataan, ovat seuraavat:

1. Onko panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli yhdistettynä epäsuoran tulen vaikutuksen arviointimalliin käyttökelpoinen taisteluiden mallintamisen työkalu?
 - 1.1. Miten panssarintorjunnan yksinkertaista laskentamallia olisi mahdollista kehittää?
2. Saadaanko panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin avulla kaupalliseen ohjelmaan verrattavia tuloksia?
3. Miten FLAMES soveltuu operatiivisen suunnittelun tai suorituskykyjen kehittämisen apuna operaatioanalyysityökaluksi?
 - 3.1. Onko FLAMES-ohjelman käytössä tai lähtöarvoissa/parametreissa kehitettävää ja jos on niin mitä?

Taktiikan ja operaatiotaidon suhde sotatekniikkaan sotataidon tutkimuksessa on osittain kompleksinen. Tässä työssä käytettyjä matemaattisia malleja ja simulointimenetelmää sovelletaan taktiseen tilanteeseen, jolloin olisi mahdollista saada tuloksia myös taktiikan tutkimuksen näkökulmasta. Tässä työssä ei kuitenkaan pyritä saamaan vastauksia taktisiin kysymyksiin.

Tässä työssä käytettävää panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia on käytetty aikaisemmin ainakin majuri Markku Lainevirran Sotakorkeakoulun diplomityössä ”Esiitys jääkäriprikaatin panssarintorjunnan kehittämiseksi kustannus-tehokkuustarkastelun perusteella” vuodelta 1989 ja kapteeni Vesa Kankareen Esiupseerikurssin 62 tutkielmassa ”Venäläisen maahanlaskujoukon panssarikaluston torjuntamahdollisuudet” vuodelta 2010. FLAMES ja MATLAB-pohjainen epäsuoran tulen vaikutusmalli ovat olleet käytössä ainakin maavoimatutkimuksessa (MAATU), jota varten FLAMES on hankittu vuoden 2005 lopulla.

1.2. Käsittelytapa ja rajaukset

Tutkimuksen perusongelman, taistelun mallintamisen työkalujen käytettävyyden operaatioanalyysin välineenä, selvittämiseksi todellisuuteen verrattuna yksinkertaisilla menetelmillä, joudutaan tässä työssä tekemään osin isoja rajauksia. Panssareita voidaan torjua useilla erilaisilla järjestelmillä, muun muassa tykistön tavanomaisilla ja erikoisampumatarvikkeilla sekä miinoilla.

Tutkimuksen ulkopuolelle jätetään ilmasta maahan vaikuttaminen. Vain toinen malleista kykenee tällä hetkellä ottamaan ilmatulituen huomioon ja ilmasta vaikuttamisen mukaan otto tutkimukseen loisi näin ollen epäsuoran mallien välille. Tämä rajaus pitää mahdollisissa käytettävyysohjohtopäätöksissä ottaa tietenkin huomioon. Miinoitteiden vaikutus rajataan ainoastaan liikkeen pysäyttäväksi, samasta syystä kuin edellä. Ensisijaisesti tutkimuksen tarkoituksena on tutkia työkalujen käytettävyyttä panssarintorjunnan mallintamisessa. Tämän vuoksi tutkimuksessa painottuu panssarintorjuntaan soveltuvien aseiden käyttö ja esimerkiksi jalkaväkiryhmien keskinäiset taistelut jätetään huomioimatta.

Tiedustelutoiminnan toteutusta ei tutkimuksessa käytettävillä työkaluilla huomioida siten, että esimerkiksi tiedustelujoukon toiminta simulaatiossa perustuisi joukon johtajan tekemiin todellisuutta vastaaviin päätöksiin. Tästä syystä skenaariossa tapahtuva tiedustelutoiminta tullaan vakioimaan siten, että toiminnan toteutus ja tulokset ovat aina samanlaiset. Epäsuoran tulen käyttö toteutetaan saman periaatteen mukaan. Epäsuora tuli ammutaan aina vakioituihin kohteisiin. Näin päästään parhaiten vertailemaan epäsuoran tulen käytöstä johtuvia eroja työkalujen välillä.

Tutkimuksessa tarkasteltavat joukot ovat todellisuuteen pohjautuvia mutta vain yksinkertaistuksia oikeista joukoista. Tämä pätee niin organisaatioon kuin aseistukseenkin. Tutkimuksessa mukana olevien aseiden osalta rajaukset on tehty sillä perusteella, että käytetyt työkalut tukevat niitä sekä että aseista on olemassa tähän tutkimukseen riittävän luotettavaa julkista tietoa. Organisaatioiden osalta rajaukset on tehty taktisesti hyväksyttäviin taistelujärjestyksiin pohjautuen. Tätä kautta on tilanteessa toimivien joukkojen koko saatu pidettyä sellaisena, että näiden välinen taistelu on mahdollista mallintaa.

Tämänkaltaisessa tutkimuksessa olisi edullista, jos käytössä olisi jonkinlainen ”tyyppitaistelu”, johon tuloksia voisi verrata ja jonka perusteella voisi tutkimusta tulevaisuudessa laajentaa. Sellaista ei aiemmista tutkimuksista ole suoraan löytynyt. Tähän tutkimukseen rakennettava tilanne pyritään pitämään riittävän yksinkertaisena mutta taktisesti hyväksyttävänä, jolloin sen käyttö myöhemminkin olisi mahdollista.

2. KÄYTETTÄVÄT JOUKOT JA TAKTINEN TILANNE

2.1. Taustaa

Operaatioanalyysityökalujen tutkiminen ja vertailu on luonnollista tehdä tavalla, johon kyseiset työkalut ovat tarkoitettut. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimusta varten yritetään luoda uskottava todellisuutta jäljittelevä tilanne eli skenaario. Tilanteessa toimivat joukot muistuttavat olemassa olevia joukkoja niin kokoonpanojen kuin kalustonsakin osalta. Joukot eivät kuitenkaan edusta mitään oikeaa organisaatiota vaan ovat yleistyksiä harjoitusvahvuuksista ja yleisesti tiedossa olevista eri armeijoiden joukkotyypeistä. Joukkojen käyttämä kalusto on useiden maiden armeijoiden käyttämää asekalustoa, mikä sopii tämän tyyppisille joukoille ja ennen kaikkea tämän tyyppisen tutkimuksen tekemiseen. Tämä luku perustuu lähteisiin [12], [20] ja [25].

Tämän kaltaisessa tutkimuksessa on haasteena löytää riittävän tarkat kokoonpanot, aseiden suorituskykyarvot ja panssarikaluston suoja-arvot. Tutkimuksessa ei tietoturva-vaatimusten vuoksi kuitenkaan voida käyttää tutkittua tietoa esimerkiksi panssarivaunujen panssaroinnista tai aseiden todellisista läpäisyarvoista. Näiden tietojen ja niistä johdettujen parametrien osalta tässä tutkimuksessa tyydytään julkisiin lähteisiin sekä asiantuntijoiden yleisiin näkemyksiin ja likimääräisiin arvioihin.

Todellisuutta jäljittelevien toimintaperiaatteiden määrittäminen skenaariossa toimiville joukoille on helpompaa. Yleisten taktisten periaatteiden ja tutkimuksen lähteiden mukainen toiminta ei ylitä tietoturvakynnystä. Suorituskykyarvot ja suojan tasot ovat kuitenkin riittävän tarkkoja uskottavien tuloksien saamiseksi tämän tutkimuksen tarkoituksen mukaisesti. Kuten jo edelläkin on todettu, ei tässä tutkimuksessa pyritä saamaan tuloksia joukkojen suorituskyvystä valitussa skenaariossa joukkojen tai niiden toimintaperiaatteiden kehittämiseksi.

Tutkittavien mallien erilaisesta taistelun mallintamisen lähestymisnäkökulmasta johtuen on yleispätevän skenaarion rakentaminen haastavaa. Tilanteen pitäisi tukea kumpaakin menetelmää, mutta silti olla taktisesti ja toiminnallisesti uskottava. Luodussa skenaariossa onkin jouduttu tästä syystä tekemään kompromisseja ja yksinkertaistuksia. Toisaalta jossain määrin on myös hyödyksi se, että mallien eroista johtuen kaikkien tilanteiden käsittely ei onnistu molemmilla malleilla yhtä sujuvasti. Tätä kautta päästään kiinni tutkittavien menetelmien etuihin ja haittoihin sekä kehittämistarpeisiin.

2.2. Sininen joukko

2.2.1. Yleistä

Tutkimuksessa sinisenä puolena toimii Panssarijääkäripataljoona. Toimintaperiaatteidensa mukaisesti on pataljoona jaettu osastoihin hyökkäyksen toteutuksessa. Taistelujärjestys kohtaamistilanteessa koostuu tiedustelu- ja tulenkäyttöosastosta, suojaus- ja valmisteluosastosta ja pataljoonan pääosasta. Taistelujärjestyksen tavoitteena kohtaamistilanteessa on mahdollistaa muun muassa taistelun aloittaminen suoraan etenemisryhmyksestä, heikon vihollisen lyöminen tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston ja/tai suojaus- ja valmisteluosaston toimenpitein sekä pääosien hyökkäykseen ryhmittymisen suojaaminen. Sinisen joukon kokoonpano ja kalusto perustuvat lähteisiin [12] ja [22].

Tutkimuksessa ei ole skenaarion rajoitetun koon vuoksi mahdollista tarkastella kokonaisen panssarijääkäripataljoonan taistelua. Tästä syystä panssarijääkäripataljoonan organisaatiosta on tutkimuksessa mukana taistelujärjestyksen mukaiset kaksi ensimmäistä osastoa eli tiedustelu- ja tulenkäyttöosasto sekä suojaus- ja valmisteluosasto.

Taistelujärjestyksen mukaisten osastojen kokoonpano perustuu perustaistelumenetelmien mukaiseen toimintaan. Viime kädessä tarkka kokoonpano eri osastoilla riippuu kuitenkin aina tehtävästä, vihollisesta ja maastosta. Taistelujärjestyksen on joustavasti kyettävä vastaamaan eri tilanteisiin. Pataljoonan komentaja määrää omassa taistelukäskyssään lopullisen taistelujärjestyksen ja taistelujaotuksen.

Tässä tutkimuksessa esiintyvät osastot ovat vain esimerkkejä osastojen kokoonpanosta. Osastot voisivat todellisuudessa olla kokoonpanoltaan esitetyn kaltaisia. Näistä osastoista kuitenkin puuttuu sellaisia elementtejä, joita varsin usein taistelujaotuksessa osastoihin kuuluu. Puuttuvilla elementeillä ei kuitenkaan ole tämän tutkimuksen kannalta sellaista merkitystä, että ne olisi kannattanut ottaa mukaan.

2.2.2. Kokoonpano ja kalusto

Tiedustelu ja tulenkäyttöosaston tehtävä on selvittää vihollistilanne, maasto ja tiestö. Osasto aloittaa pataljoonan taistelun suora-ammuntatulella, panssarintorjuntaohjuksilla ja epäsuoralla tulella. Vihollista kohdatessaan tiedustelu- ja tulenkäyttöosasto pysäyttää vihollisen kärjen ja suuntaa tiedustelun vihollisen syvyyteen. Koko ajan aktiivisella tulenkäytöllä pyritään häiritsemään ja kuluttamaan vihollista niin kosketuksessa kuin syvyydessäkin. Tiedustelu- ja tulenkäyttöosastoon sijoitetaan tyypillisesti panssaritiedustelujoukkue tai -puolijoukkue sekä/tai panssarintorjuntaohjusjoukkue tai -puolijoukkue. Näiden lisäksi tiedustelu- ja tulenkäyttöosastoon voi kuulua esimerkiksi panssarijääkärijoukkue, panssarivaunujoukkue tai -puolijoukkue, panssaripioneeriryhmä tai suojelupartio.

Tässä tutkimuksessa tiedustelu- ja tulenkäyttöosasto koostuu panssaritiedustelupuolijoukkueesta (½ PSTIEDJ) ja panssarintorjuntaohjuspuolijoukkueesta (½ PSTOHJJ). Tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston kokoonpano ja kalusto on esitetty taulukossa 1. Panssarintorjuntaohjusryhmällä on yksi panssarintorjuntaohjus 2000 -ampumalaite ja siihen kahdeksan panssarintorjuntaohjusta. Puolijoukkueisiin kuuluvien taistelijoiden määrää ei ilmoiteta, koska niitä ei tutkimuksessa tarkastella. Kummankin joukkueen ajoneuvokalustona on rynnäkköpanssarivaunu CV9030 ja lisäksi panssarintorjunta-aseistuksena raskaita kertasingoja (APILAS) sekä kevyitä kertasingoja (KES). Tässä skenaariossa panssaritiedusteluosat eivät kuitenkaan osallistu taisteluun.

JOUKKO/ASE	CV9030	PSTOHJ 2000	APILAS	KES	HUOM
½ PSTIEDJ	2	0	2	4	Ei osallistu taisteluun
½ PSTOHJJ	2	2 (16)	2	2	

Taulukko 1: Tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston kokoonpano ja kalusto

Suojaus- ja valmisteluosaston tärkein tehtävä on nimensä mukaisesti suojata pataljoonan pääosien toiminta, esimerkiksi hyökkäykseen ryhtyminen, ja toteuttaa pääosien toimien vaatimat valmistelut. Mikäli hyökkäysreitillä kohdataan heikko vihollinen, se voidaan suojaus- ja valmisteluosaston taistelulla lyödä tehtävän toteuttamiseksi tai pataljoonan pääosien hyökkäysedellytysten luomiseksi. Kohdatessaan vahvan vihollisen suojaus- ja valmisteluosasto tyypillisesti suojaa ja opastaa pääosien ryhmittymisen hyökkäyksen lähtöasemaan. Suojaus- ja valmisteluosasto pyrkii aina tukemaan pääosien taistelua tulenkäytöllä.

Suojaus- ja valmisteluosaston kokoonpano vaihtelee tilanteen, tehtävän ja maaston mukaan. Kokoonpanon määrää pataljoonan komentaja. Osastoon tyypillisesti kuuluu panssarijääkäri- tai panssarivaunukomppania, pataljoonan komentaja, tulenjohtokomentaja sekä taistelunjohto-osa. Lisäksi osastoon kuuluu pääosiin kuuluvien yksiköiden päälliköt komento-osineen sekä näiden yksiköiden tiedustelu- ja valmisteluosastot. Osastoon kuuluu myös kranaatinheitinkomppanian pääosat. Näiden lisäksi osastoon voi kuulua esimerkiksi erilaisiin reservitehtäviin käskettyjä osia kuten panssarintorjuntareservi sekä aselajijoukkoja.

Tutkimuksessa käytettävässä tilanteessa suojaus- ja valmisteluosastoon kuuluu panssarivaunukomppanian kanssa ristiinalistettu panssarijääkärikomppania eli kaksi panssarijääkärijoukkuetta (PSJJ) ja yksi panssarivaunujoukkue (PSVJ) sekä kranaatinheitinkomppanian toinen tulijoukkue (TULIJ). Panssarijääkärijoukkue liikkuu rynnäkköpanssarivaunu CV9030:llä ja lisäksi joukkueen varustukseen kuuluu kevyitä ja raskaita kertasinkoja. Panssarivaunujoukkueen taistelupanssarivaunuina on Leopard 2A4 taistelupanssarivaunut. Lisäksi suojaus- ja valmisteluosaston taistelua tukevat tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston panssaritorjuntaohjuspuolijoukkue ohjustulella ja panssaritiedustelu-puolijoukkue epäsuoran tulen käytöllä sekä prikaatin tykistö patteriston yksi tulipatteri (TULIPTRI). Muut suojaus- ja valmisteluosaston mukana tyypillisesti hyökkäävät osat eivät ota tässä tilanteessa osaa taisteluun, ja siksi niitä ei mallinneta tilanteeseen. Kranaatinheitinkomppanian tulijoukkueen kalustona ovat 120 millimetrin AMOS-kranaatinheitinpanssariajoneuvot ja tykistö patteriston tulipatterin kalustona ovat 155K98-kenttätykit. Sekä tulijoukkueella että tulipatterilla on lähteen [12] mukaan jonkin verran kevyitä kertasinkoja, mutta koska nämä joukot eivät tässä skenaariossa joudu lähitaisteluun, ei niitä oteta huomioon.

JOUKKO/ASE	CV9030	LEO 2A4	AMOS	K98	APILAS	KES
1PSJJ	3	0	0	0	6	20
2PSJJ	3	0	0	0	6	20
PSVJ	0	4	0	0	0	0
TULIJ	0	0	2	0	0	0
TULIPTRI	0	0	0	6	0	0

Taulukko 2: Suojaus- ja valmisteluosaston kokoonpano ja kalusto

2.3. Punainen joukko

2.3.1. Yleistä

Punainen joukko tässä tutkimuksessa on moottoroitu jalkaväkipataljoona. Moottoroitu jalkaväkipataljoona on yksi erillisen moottoroidun jalkaväkiprikaatin joukkoyksiköistä, ja moottoroidut jalkaväkipataljoonat muodostavat prikaatin keskeisimmän taisteluosan. Punaisen joukon kokoonpano ja käyttöperiaatteet perustuvat lähteisiin [9], [20] ja [25]. Muut lähteet mainitaan tekstissä erikseen.

Pataljoonien rungon muodostavat kolme moottoroitua jalkaväkikomppaniaa. Moottoroitujen jalkaväkipataljoonien ja -komppanioiden taistelujoukkoina ja tärkeimpinä tulitukiaseina toimivat rynnäköpanssarivaunut. Moottoroitujen jalkaväkikomppanioiden käyttämiä rynnäköpanssarivaunuja on monia eri malleja ja niiden versioita. Tähän tutkimukseen rynnäköpanssarivaunumalliksi on valittu BMP-2. BMP-2:n aseistukseen kuuluu 30 millimetrin konekivääri lisäksi myös lankaohjattu toisen sukupolven AT-5-panssarintorjuntaohjus. Panssarintorjuntaohjuksia kussakin BMP-2-vaunussa on neljä kappaletta. Panssarintorjunta-aseiksi on valittu RPG-7- ja RPG-26-singot. RPG-7-sinkoon on saatavilla useita erilaisia ampumatarvikkeita. Tässä tutkimuksessa käytetään PG-7VR-kaksoisontelokranaattia. Kuhunkin RPG-7-sinkoon on käytössä neljä kranaattia. Taulukoissa 3–5 esitettävä RPG-7-sinkojen lukumäärä on käytössä olevien kaksoisontelokranaattien lukumäärä. Lähteen [33] mukaan on lähteessä [20] mainittu RPG-18 jo poistunut käytöstä ja RPG-26 on sen tilalla yleisesti käytössä. Koska Mättölän tutkimus on jo melko iäkäs, niin tässä tutkimuksessa käytetään lähteen [33] mukaista tietoa.

Hyökkäystehtävässä erillisen moottoroidun jalkaväkiprikaatin etujoukkona toimiva osasto muodostetaan useimmiten vahvennetusta moottoroidusta jalkaväkipataljoonasta. Moottoroitua jalkaväkipataljoonaa on tällöin vahvennettu esimerkiksi panssarivaunukomppanialla, jonka kalustona tässä tutkimuksessa on taistelupanssarivaunu mallia T-90. Etujoukon tehtävänä on toimia prikaatin marssinsuojausosastona. Etujoukko on tarkoitettu tuhoamaan etenemisurallaan oleva vihollisen tiedustelu, tuhoamaan kohtaamistaiistelulla vihollisen etenemisliikkeen suojaus, sitomaan vihollisen päävoimat taisteluun ja suojaamaan oman pääjoukon taisteluun ryhtymistä.

Etujoukko suojaa oman marssinsa vahvennetun komppanian kokoisella etujoukon varmistusosastolla. Etujoukon varmistusosasto etenee noin 20–30 minuuttia ja 5–10 kilometriä etujoukon edellä. Varmistusosaston edelle asetetaan yleensä taistelutiedustelupartio. Taistelutiedustelupartio toimii 3–10 kilometrin etäisyydellä etujoukon varmistusosastosta. Tällöin etujoukon varmistusosaston mukana olevat epäsuoran tulen joukot kykenevät tukemaan taistelutiedustelupartion taistelua. Ensimmäisenä prikaatin hyökkäysreiteillä etenee tiedustelupartioita. Ne voivat olla joko prikaatin tiedustelukomppaniasta tai jonkin reitillä etenevän pataljoonan tiedustelu- tai moottoroituja jalkaväkijoukkueita tai niiden osia. Ne etenevät noin 25–30 kilometriä muun hyökkäävän joukon edellä.

Tähän tutkimukseen valitut osastojen kokoonpanot, niiden välimatkat ja toimintaperiaatteet ovat vain esimerkkejä. Osastojen kokoonpanot voivat vaihdella ja niiden toimintakin riippuu annetusta tehtävästä. Valitut osastot palvelevat tutkimuskysymysten ratkaisua eivätkä suoraan anna vastauksia kyseisenlaisen tilanteen taktiseen tutkimukseen.

2.3.2. Kokoonpano ja kalusto

Tiedustelupartion (TIEDP) kokoonpano ja kalusto riippuvat siitä, mistä joukosta se on irrotettu. Tässä tutkimuksessa käytetään kahden ryhmän vahvuista tiedustelupartiota, jonka kalustona on sama taistelujoneuvo ja samat panssarintorjunta-aseet, jotka kuuluvat myös moottoroidun jalkaväkijoukkueen kokoonpanoon. Tiedustelupartion tehtävä liittyy hyökkäyksessä esimerkiksi vihollisen joukkojen sijainnin ja kunnan sekä maaston tiedusteluun. Tiedustelupartioiden pyrkivät välttämään taistelua ja sitoutuvat taisteluun ainoastaan tärkeitä kohteita vastaan.

JOUKKO/ASE	BMP-2	T-90	RPG-7	RPG-26
TIEDP	2	0	8	8

Taulukko 3: Tiedustelupartion kokoonpano ja kalusto

Taistelutiedustelupartio (TSTTIED) on esimerkiksi etujoukkopataljoonan tai etujoukon varmistusosastossa toimivan komppanian asettama noin joukkueen vahvuinen osasto, kuten tässä tilanteessa on tehty. Osastoa tyypillisesti vahvennetaan pioneeri- tai suojelutiedusteluosilla. Niillä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa ole vaikutusta tilanteeseen, ja siksi ne on jätetty pois. Taistelutiedustelupartiota saatetaan vahventaa myös taistelupanssarivaunuilla, mutta tässä tilanteessa näin ei ole tehty.

Taistelutiedustelupartion tehtävänä on ennakkovaroituksen saaminen etenevistä vihollisen joukoista ja vihollisen suora-ammunta-aseiden ja miinoitteiden paikallistaminen. Yleensä taistelutiedustelupartiokin pyrkii välttämään taistelua, mutta se voi aloittaa taistelun heikoiksi arvioimiaan vihollisosastoja vastaan. Tällöin se pyrkii tunkeutumaan suojaavien osien läpi ja paikallistamaan vihollisen päävoimat. Taistelutiedustelupartiota voidaan tukea etujoukon varmistusosaston ja etujoukon epäsuoran tulen joukoilla.

JOUKKO/ASE	BMP-2	T-90	RPG-7	RPG-26
TSTTIED	3	0	12	12

Taulukko 4: Taistelutiedustelupartion kokoonpano ja kalusto

Etujoukon varmistusosasto (VAROS) asetetaan etujoukon marssin suojaksi. Varmistusosasto on vahvuudeltaan yleensä noin kolmannes etujoukon vahvuudesta eli noin vahvennettu komppania. Prikaatikokoonpanossa voi joukko-osasto suojata etenemisensä pelkästään vahvennetun komppanian vahvuisella etujoukolla.

Etujoukon varmistusosastolla pyritään saamaan etujoukolle sen tarvitsema aika taisteluryhmytykseen ryhmittymiseen ja taistelun aloittamiseen. Etujoukon varmistusosastona toimivaa kärkikomppaniaa vahvennetaan tyypillisesti esimerkiksi panssarivaunujoukkueella (PUNPSVJ). Jos kärkikomppania on panssarivaunukomppania, sitä yleensä vahvennetaan moottoroidulla jalkaväkijoukkueella (MTJVJ). Muita vahvennuksia voivat olla esimerkiksi panssarihaupitsipatteri (PSHPTRI), kranaatinheitinpatteri (KRHPTRI) sekä pioneeri- ja ilmatorjuntaosia. Panssarihaupitsipatterin ampuvana tykkikalustona on venäläisvalmisteinen tela-alustainen 122 millimetrin 2S1-panssarihaupitsi. Kranaatinheitinpatterin kaksi tulijoukkuetta on varustettu yksiputkisilla 120 millimetrin 2S9-kranaatinheitinpanssariajoneuvoilla ja yksi tulijoukkue on varustettu 82 millimetrin 2B9-kranaatinheitinajoneuvoilla. 2S9-heittämiä on yhteensä kuusi kappaletta ja 2B9-automaattikranaatinheitinheittämiä on kolme kappaletta.

JOUKKO/ASE	BMP-2	T-90	RPG-7	RPG-26	2S1	2S9	2B9
1MTJVJ	4	0	12	12	0	0	0
2MTJVJ	4	0	12	12	0	0	0
PUNPSVJ	0	4	0	0	0	0	0
KRHPTRI	0	0	0	0	0	6	3
PSHPTRI	0	0	0	0	6	0	0

Taulukko 5: Etujoukon varmistusosaston kokoonpano ja kalusto

2.4. Tutkimuksessa käytettävä taktinen tilanne

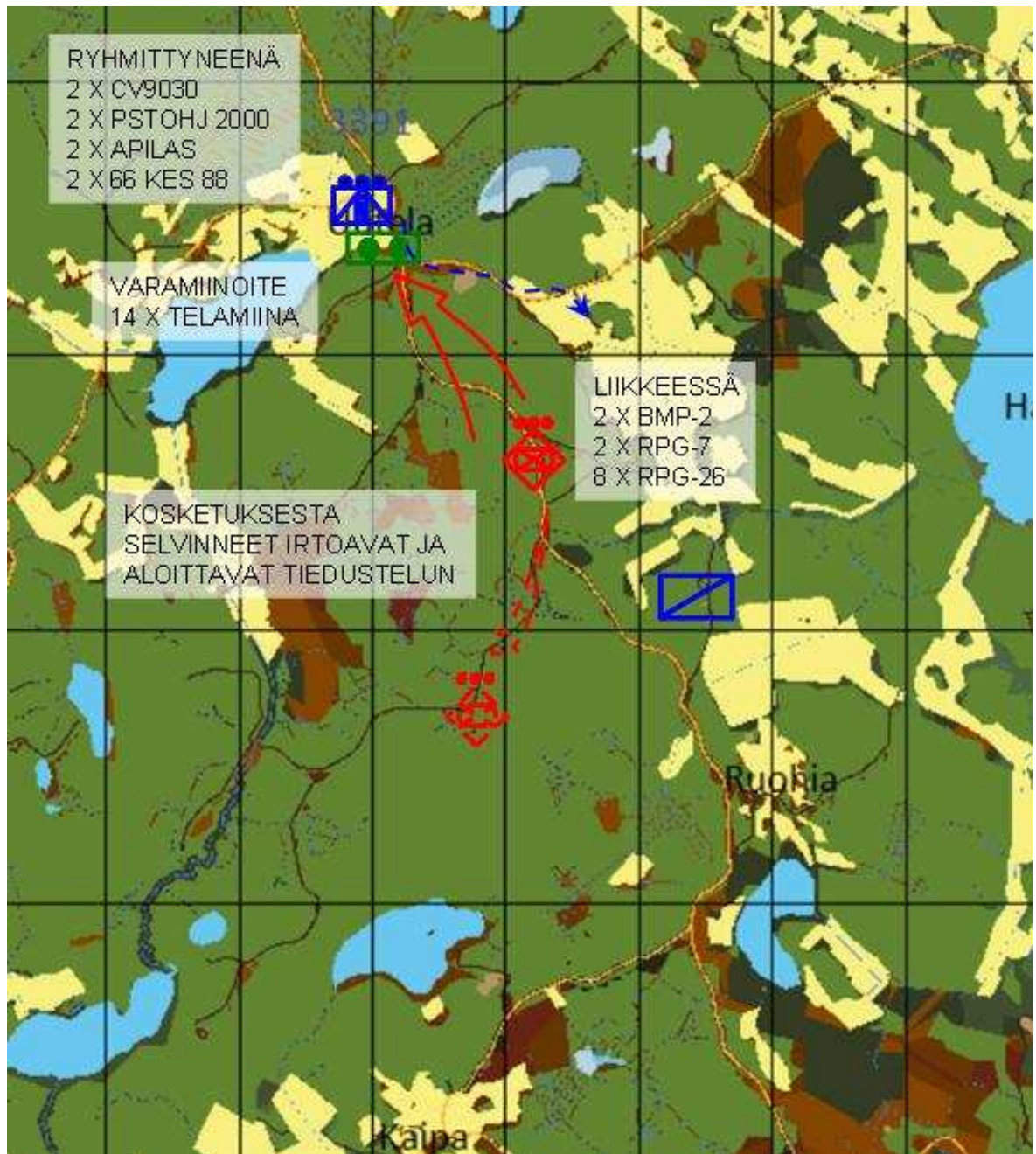
Tutkimukseen laadittu taktinen tilanne eli skenaario on pyritty pitämään yksinkertaisena. Vaatimuksena tilanteelle on, että samaa tilannetta voidaan vertailukelpoisesti simuloida ja

mallintaa tutkimuksen kohteena olevilla työkaluilla. Tästä syystä on osin jouduttu tekemään yksinkertaistuksia niin joukkojen kokoonpanoissa kuin niiden toiminnassakin. Tutkimuksen lopputuloksen kannalta tilanteen todenmukaisuus ei ole ratkaisevin osatekijä, ja siksi tilanteen yksinkertaistaminen on helposti perusteltavissa. Tästä huolimatta skenaarion rakenne on sellainen, että joukot ja tilanteen kehittyminen voisivat oikeastikin olla skenaarion kaltaisia. Skenaario on rakennettu hyödyntäen lähteitä [25], [20], [22], [8] ja [9].

Tilanteen kehittyminen on jaettu neljään vaiheeseen. Eri vaiheissa toimivat joukot ovat osin samoja. Vaiheilla on kuitenkin onnistuttu synnyttämään taistelupareja sekä voiman kasvun mukaan että alueittain. Näiden taisteluparien muodostaminen on varsinkin panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin kannalta välttämätöntä.

Skenaariossa on kyseessä kohtaamistilanne hyökkävään panssarijääkäripataljoonan ja niin ikään hyökkäystehtävässä olevan moottoroidun jalkaväkipataljoonan välillä. Kummastakin joukosta taisteluun tämän tilanteen kuluessa ottaa osaa vain pääjoukon edessä hyökkääviä osia. Tiedustelutoiminnan toteutus ja tuloksellisuus ei kummassakaan menetelmässä jää työkalun simuloimaksi tai mallintamaksi, koska sen mallinnus on puutteellista. Skenaariota luotaessa on päätetty, mitä toimintoja tiedustelijat toteuttavat, mitä ne havaitsevat ja miten havaintoihinsa reagoivat. Sulutteiden ja miinoitteiden osuutta panssarintorjuntaan ei tässä tutkimuksessa tutkita. Sen takia varamiinoitteiden rooliksi skenaariossa jää miinoitteen kohdanneen joukon pysäyttäminen. Mikäli hyökkäysreitti on päällystettyä tietä, ei skenaarion joukoilla edes olisi mahdollisuutta piilottaa miinojaan tiehen, ja siksi todennäköisesti varamiinoite havaittaisiin ennen sen sisään ajamista.

Skenaarion ensimmäisessä vaiheessa (kuva 1) sinisen puolen tiedustelu- ja tulenkäyttöosasto on edennyt hyökkäysreitillään kohti kaakkoa tiedustellen etukäteen käskettyjä alueita. Toimintaperiaatteena on edetä käskettyä reittiä ja tiedustella etukäteen käsketyt tärkeät alueet tarkemmin. Tiedusteluosien tiedustellessa aluetta on panssarintorjuntaosa ryhmittyneenä uran suunnassa edellisellä alueella ja on valmiina pysäyttämään reitillä mahdollisesti hyökkävään vihollisen kärjen. Ensimmäisessä vaiheessa panssaritiedusteluosat tiedustelevat käskettyä aluetta Ruohian pohjoispuolella ja panssarintorjuntaohjuspuolijoukkue on ryhmittynyt Uutelan alueelle.

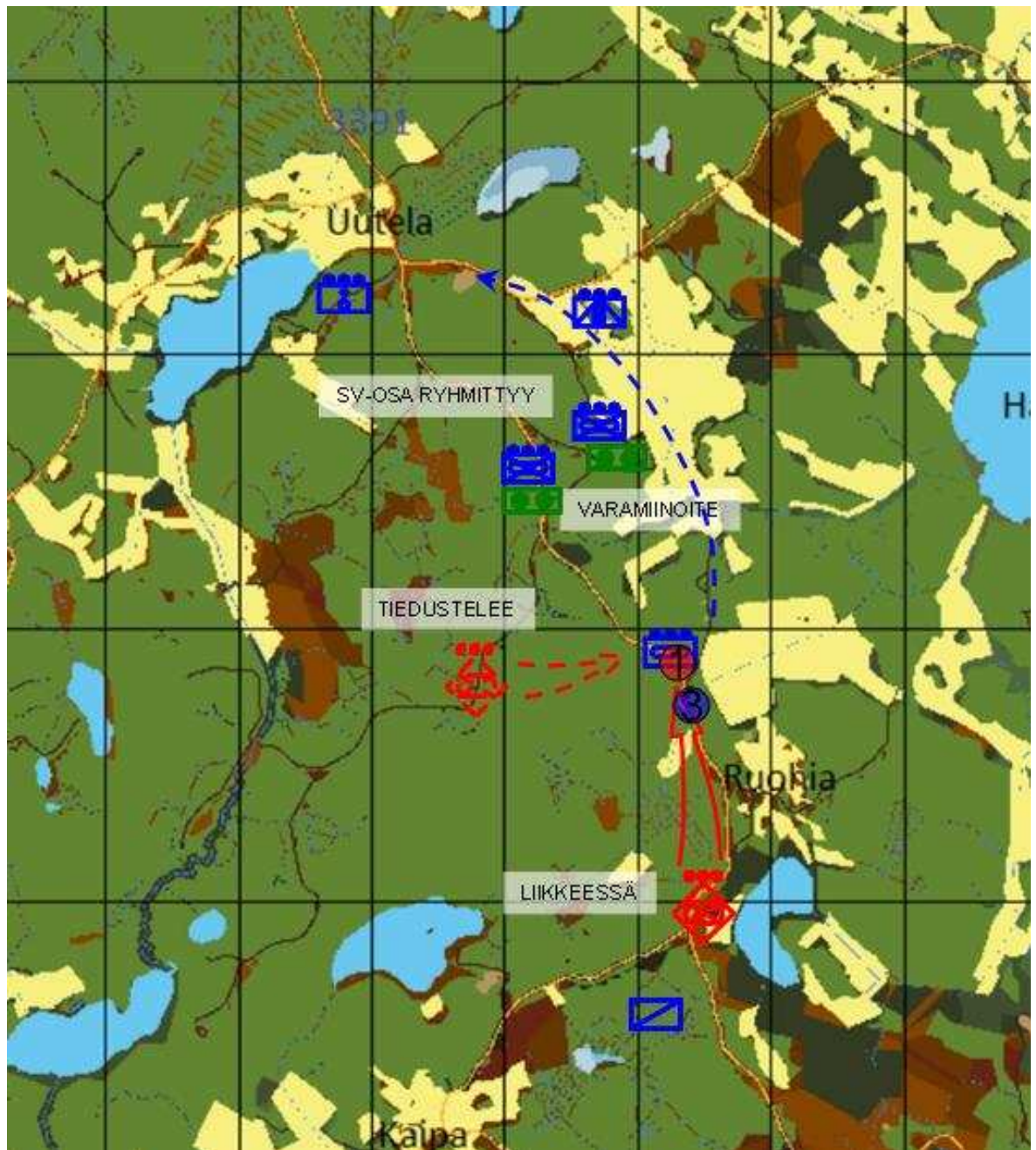


Kuva 1: Skenaarion ensimmäinen vaihe

Sinisen tiedustelijat havaitsevat etenevän punaisen tiedustelupartion ja ilmoittavat siitä radiolla panssarintorjuntaohjusryhmille. Sinisen tiedusteluryhmät eivät tässä tilanteessa paljastu punaiselle vaan kykenevät jatkamaan tiedustelutehtäväänsä. Punaisen tiedustelijat etenevät reitillä, kunnes kohtaavat sinisen panssarintorjuntaohjusryhmät. Kosketuksen saatuaan punainen irtoaa, väistää pääuralta ja aloittaa tiedustelun jalan.

Skenaarion toisessa vaiheessa (kuva 2) sinisen suojaus- ja valmisteluosasto on kärjellään edennyt Ruohian pohjoispuolisen peltoaukean länsipäähän noin viisitoista minuuttia ennen

punaisen taistelutiedustelupartion tuloa alueelle. Sinisen panssarivaunujoukkue ryhmittyy nopeasti risteyksen alueelle.

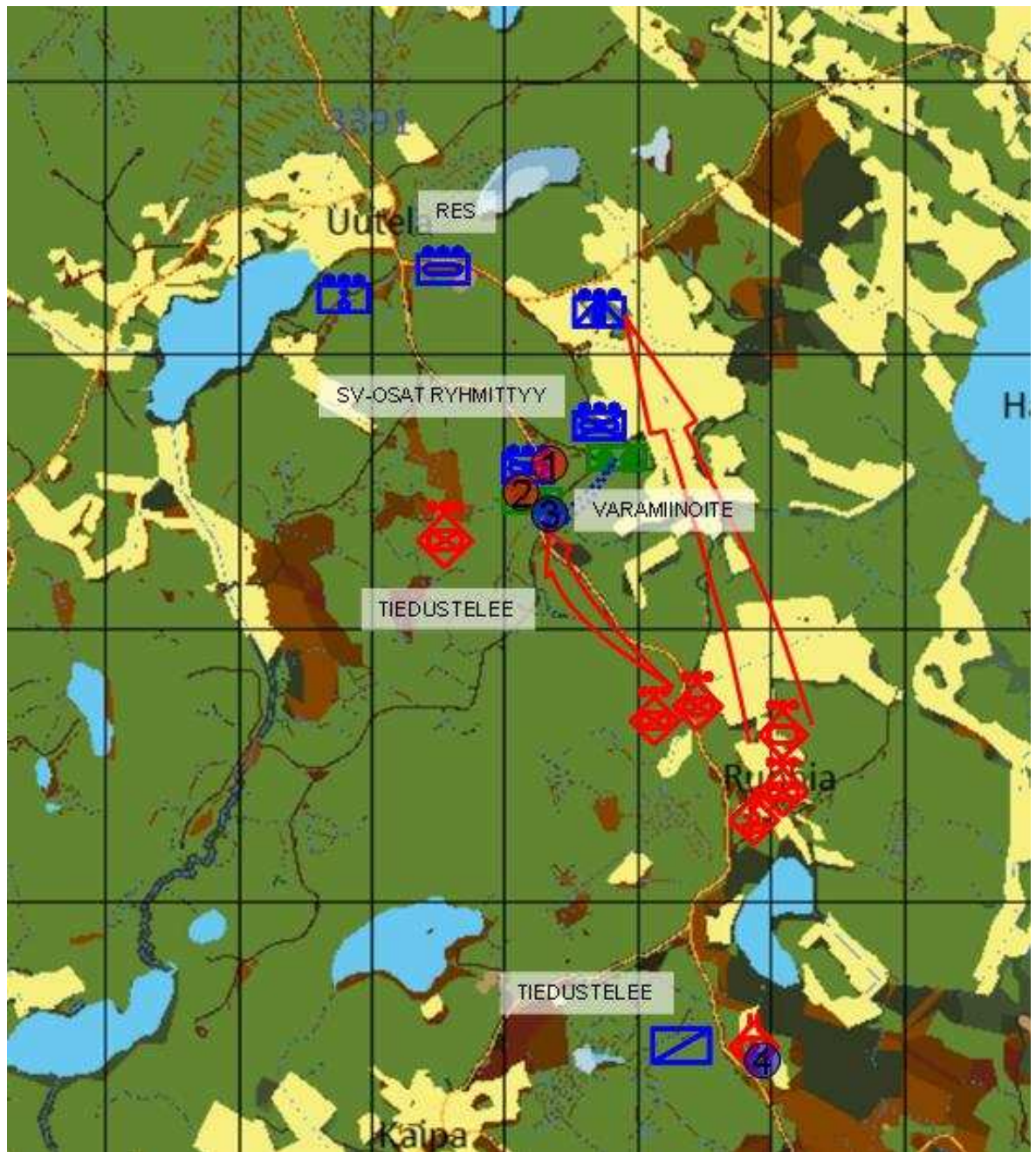


Kuva 2: Skenaarion toinen vaihe

Punaisen tiedustelupartio on havainnut sinisen panssarivaunujoukkueen tulon risteyksen alueelle. Punaisen panssarihaupitsipatteri on varmistusosaston kanssa edennyt jo kantaman päähän, ja punaisen tiedustelupartio ampuu panssarivaunujoukkueen ryhmytykseen epäsuoraa tulta (punainen 1) yhteensä 36 kappaletta 122 millimetrin sirpalekranaatteja.

Punaisen taistelutiedustelupartio hyökkää jo valmiiksi jalkautuneena, sillä se on saanut omalta tiedustelupartioltaan varoituksen alueella olevasta sinisen joukosta. Sinisen joukkueen tehtävänä on pysäyttää vihollisen kärki, ja se irtautuukin lyhyen taistelun jälkeen osaston reserviksi. Sininen ampuu irtautuessaan omalla kranaatinheitinkomppanian tulijoukkueellaan iskun punaisen aseisiin (sininen 3) [27]. Kohtaamisen jälkeen punaisen joukkueen jäljelle jääneet osat varmistavat risteyksen eivätkä jatka eteenpäin.

Skenaarion kolmannessa vaiheessa (kuva 3) punaisen etujoukon varmistusosasto jatkaa hyökkäystä tien suunnassa kahden moottoroidun jalkaväkijoukkueen voimin. Toinen joukkue hyökkää tien kummallakin puolella ja toinen tien itäpuolella tien ja pellon välissä. Tien suunnassa hyökkäävän joukkueen mukana on myös moottoroidun jalkaväkikomppanian päällikkö, joten joukkueen vahvuus on neljä rynnäköpanssarivaunua. Jalkaväki hyökkää jalkautuneena. Sinisen suojaus- ja varmistusosaston kaksi panssarijääkärijoukkuetta ovat ryhmittyneet puolustukseen risteyksen ja pellon väliselle alueelle. Toinen joukkue on ryhmittynyt pääuran varteen ja toinen pääuralta poikkeavan sivutien ja pellolle johtavan tien risteykseen.



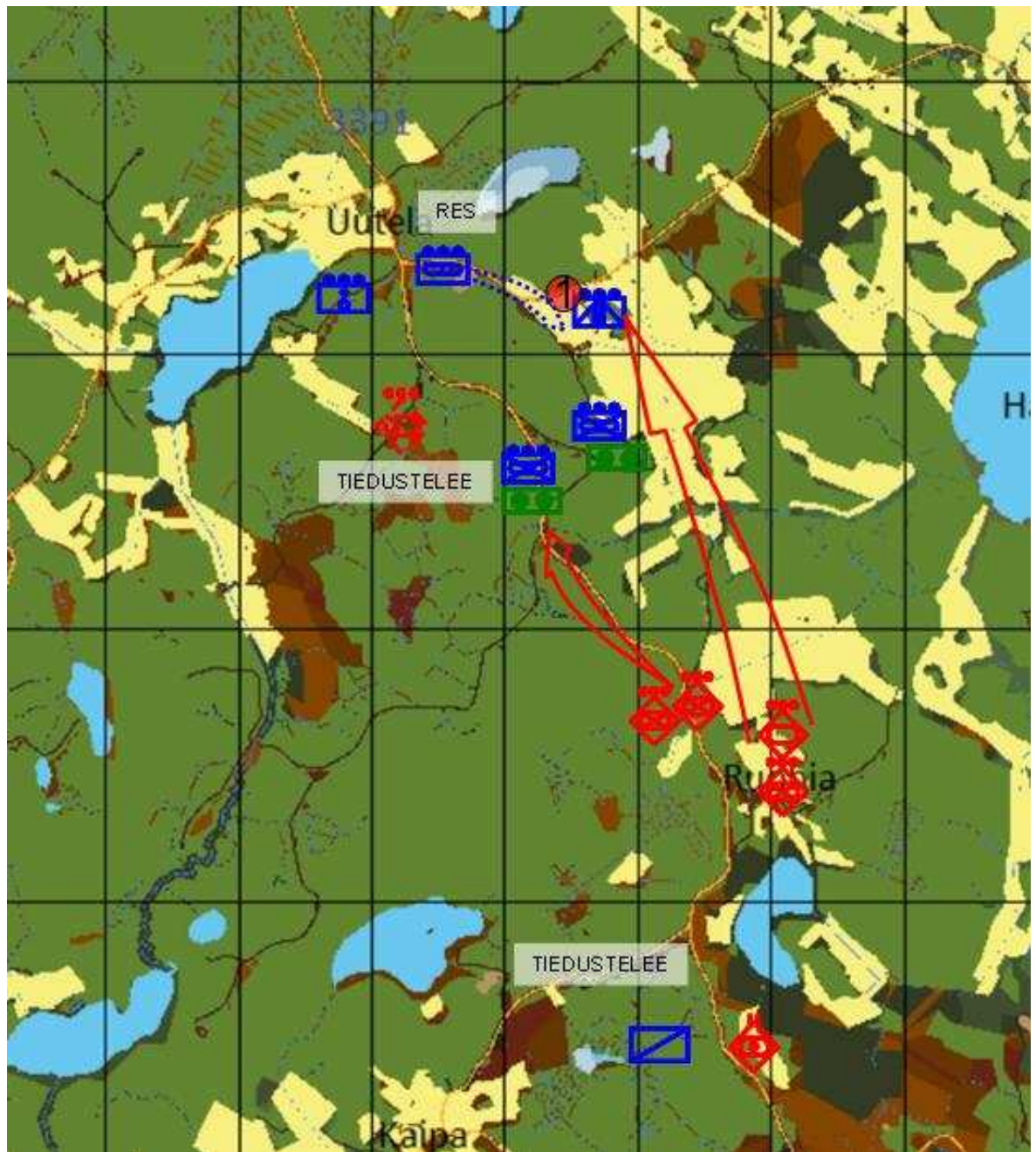
Kuva 3: Skenaarion kolmas vaihe

Kolmannessa vaiheessa taistelu alkaa epäsuoran tulen käytöllä. Epäsuoran tulen käytön aloittaa punainen, joka ampuu panssarihaupitsipatterillaan kuusi kertaa ja kranaatinheitinpatterillaan kahdeksan (120 millimetriä) sekä 12 (82 millimetriä) kertaa risteysalueella olevaa sinistä joukkuetta (punainen 1 ja 2). Tulta johtaa punaisen tiedustelupartio. Tämän jälkeen sinisen puolustukseen ryhmittynyt joukkue ampuu tulijoukkueen iskun [27] liikkeessä olevan ja hyökkäävän punaisen ryhmitykseen (sininen 3). Sinisen tiedusteluosasto ampuu paikantamiinsa panssarihaupitsipatterin tuliasemiin (sininen 4) tulipatterilla kahdeksan kertaa, sirpalekranaatteja ja kuorma-ammuksia. Yhteensä ammutaan 43 kappaletta 155 millimetrin

sirpalekranaattia ja viisi kuorma-ammusta, joiden tytärammukset ovat sekä sirpale- että ontelovaikutteisia. Valmistajasta ja ampumaetäisyydestä riippuen kuorma-ammuksessa voi olla 49 - 72 tytärammusta. Tässä tilanteessa käytetään kuorma-ammuksia, joissa on 49 tytäkranaattia.

Epäsuoran tulen käytön aikana punaisen joukkueet etenevät kosketukseen. Hyökkäyksen painopiste on pääuran suunnassa.

Vaihe neljä (kuva 4) tapahtuu vaiheen kolme kanssa osittain ajallisesti limittäin, mutta mallinnuksen selkeyttämisen takia vaiheet pidetään erillään. Vaiheessa neljä punaisen etujoukon varmistusosaston panssarivaunujoukkue ja vaiheesta kaksi selvinnyt taistelutiedustelupartiona toiminut moottoroitu jalkaväkijoukkue, komppanian varapäälliköllä vahvennettuna, hyökkäävät peltoaukeiden suunnassa tavoitteenaan Uutelan risteysalue. Jalkaväki on hyökkäyksen ajan vaunuissaan.



Kuva 4: Skenaarion neljäs vaihe

Taistelu alkaa sinisen tiedustelu- ja tulenkäyttöosaston mukana edenneen panssarintorjuntaohjuspuolijoukkueen toimesta. Kosketuksen jälkeen punainen ampuu havaittujen ohjusasemien alueelle (punainen 1) kranaatinheitinpatterillaan kahdeksan kertaa 2S9-heittimillä ja 12 kertaa 2B9-heittimillä ja jatkaa etenemistään epäsuoran tulen turvin. Punaisen edessä peltoaukean suunnassa aloittaa Uutelassa reservinä oleva, vaiheessa kaksi taistellut, panssarivaunujoukkue vastahyökkäyksen aukean suuntaan. Vaihe ja koko skenaario päättyy siihen, kun punainen joko tuhoetaan tai se pääsee Uutelan risteysalueelle.

2.5. Skenaarion ennakoitu lopputulos

Operatiivista suunnittelua tehtäessä tai taisteluiden todennäköistä kulkua analysoitaessa ei aina ole käytössä operaatioanalyysityökaluja tai simulointiohjelmistoa eikä usein myöskään henkilökunnan osaaminen tai käytössä oleva aika riitä monimutkaisten mallinnusten tai simulointien toteuttamiseen. Näissä tilanteissa joudutaan tekemään arvioita henkilöstön näkemykseen ja ammattitaitoon perustuen. Tässä alaluvussa ennen tulosten laskemista esitän oman oletukseni tutkimukseen valitun skenaarion kulusta ja lopputuloksesta.

Punaisen tiedustelupartion kohdatessa sinisen panssarintorjuntaohjuspuolijoukkueen sininen onnistuu tuhoamaan punaisen kärkivaunun. Tuhoaminen tapahtuu todennäköisesti singoilla, koska varamiinoite, johon vaunu pysähtyy, on vielä metsän sisässä eikä panssarintorjuntaohjuksen käyttö tässä tilanteessa välttämättä onnistu. Punaisen toisena edennyt vaunu avaa tulen sinisen sinkopartiota vastaan ja irtautuu. Sinisen sinkopartio kokenee pienet tappiot.

Toisessa vaiheessa punaisen ampuma epäsuora tuli vaurioittaa sinisen panssarivaunuja, mutta ei tuhoa niistä yhtään, ja vaunut kykenevät epäsuoran tulen jälkeen vielä taistelemaan. Punaisen jalkautunut jalkaväki onnistuu RPG-7-singoilla tuhoamaan yhden sinisen taistelupanssarivaunun. Sinisen taistelupanssarivaunut kykenevät kuitenkin tulellaan pysäyttämään punaisen hyökkäyksen ja tuhoavat kaksi punaisen rynnäköpanssarivaunua. Irtautuessaan sinisen ammuttama kranaatinheitintuli tuhoaa yhden moottoroidun jalkaväkiryhmän panssarintorjuntaosat.

Kolmannessa vaiheessa punainen tuhoaa epäsuoralla tulellaan yhden sinisen rynnäköpanssarivaunun ja yhden panssarijääkäriryhmän panssarintorjuntaosat. Sinisen epäsuora tuli aiheuttaa punaisen vasemman puoleiselle joukkueelle sinkopartion tappiot. Tähän vaiheeseen ottaa osaa kummaltakin puolelta noin kahden joukkueen voimat, ja lopputuloksena punaiselta tuhoutuu viisi vaunua seitsemästä ja siniseltä kolme vaunua kuudesta. Lisäksi taistelussa tuhoutuu tai käytetään noin 2/3 kummankin puolen panssarintorjunta-aseista. Punainen pääsee risteyksen alueelle, mutta ei kykene lyömään sinistä kokonaan pois eikä jatkamaan eteenpäin.

Vaiheessa neljä punaisen neljä taistelupanssarivaunua tuhotaan peltoaukealle siten, että kolme T-90-vaunua tuhoutuu panssarintorjuntaohjusten tullessa ja yksi vaunu tuhotaan LEO 2A4:n tulella. Hyökkäykseen mukaan liittyneet rynnäkköpanssarivaunut niin ikään tuhotaan peltoaukealle sinisen taistelu- ja rynnäkköpanssarivaunujen tulella. Siniselle puolelle tulee tappioita siten, että yksi panssarintorjuntaohjusampumalaite tuhoutuu epäsuorassa tullessa ja yksi taistelupanssarivaunu sekä rynnäkköpanssarivaunu punaisen taistelupanssarivaunujen toimesta.

Lopputuloksena punaiselta tuhoutuu kymmenen rynnäkköpanssarivaunua kolmestatoista ja kaikki neljä taistelupanssarivaunua. Suurin osa rynnäkköpanssarivaunuista tuhotaan panssarijääkäriryhmien singoilla, koska peitteisessä maastossa ampuma- ja tähytysetaisyydet jäävät lyhyiksi eikä panssarintorjuntaohjusten ja rynnäkkövaunujen pääaseiden suurta kantamaa päästä hyödyntämään. Sinisen tiedustelijoiden punaisen panssarihaupitsipatterin tuliasemiin ammuttama epäsuora tuli tuhoaa yhden panssarihaupitsin. Siniselle puolelle tulee kahden taistelupanssarivaunun tappiot neljästä ja neljän rynnäkköpanssarivaunun tappiot kuudesta. Nämäkin vaunut tuhoutuvat pääosin sinkojen osumista. Panssarivaunun tuhoutuminen tässä yhteydessä sisältää myös sellaiset vauriot, joiden seurauksena vaunu ei kykene enää jatkamaan taistelua vaan se esimerkiksi vetäytyy taakse tai miehistö hylkää vaununsa.

3. TUHOAMISTODENNÄKÖISYYDET JA SIMULOINTIMENETELMÄT

3.1. Yleistä

Tutkimuksessa tarkasteltavien joukkojen panssarintorjunta-aseistuksen suorituskykyä vastustajan joukkoja vastaan olisi mahdollista tarkastella usean eri mallin avulla. Eräs mallien yleisluokittelu on seuraavanlainen:

- sanallinen esitys,
- kuvaesitys,
- topologiset mallit (esimerkiksi organisaatiokaavio, tietojen esittäminen kartalla,...),
- aritmeettiset mallit (matemaattiset yhtälöt, simulointiohjelmat,...), ja
- analogiset mallit (mekaaniset mallit, pelien soveltaminen talousteorioihin [peliteoria],...) [18].

Tässä työssä torjuntakyky selvitetään kahdella aritmeettisella mallilla. Yksi tapa on jakaa aritmeettinen mallintaminen analyttiseen mallintamiseen, jota voidaan käyttää yksinkertaisen ongelman ratkaisussa, ja simulointiin, jota käytetään, kun ongelma on monimutkainen. Sotilaalliset ongelmat ovat yleensä monimutkaisia. Simulointi voi olla determinististä, jossa ei käytetä satunnaislukuja, vaan laskenta tapahtuu esimerkiksi Lanchesterin yhtälöillä. Vaihtoehtoisesti simulointi voi olla stokastista³, esimerkiksi satunnaislukuja käyttävää Monte-Carlo simulointia⁴. Tässä työssä panssarintorjunnan tehokkuutta selvitetään deterministisen matemaattisen, tuhoamistodennäköisyyksiin perustuvan, mallin ja stokastisen simuloinnin avulla. Epäsuoran tulen vaikutuksen laskemiseksi käytetään simulointiympäristöön ohjelmoitua mallia, mutta deterministisen mallin rinnalla käytetään erillistä epäsuoran tulen stokastista simulointi- ja laskentamallia. Näiden käytettävyyttä ja soveltuvuutta vertaillaan ja arvioidaan. Kaikki tutkimuksessa käytettävät mallit esitellään tässä luvussa. Kummankin työkalun perusta rakentuu tuhoamistodennäköisyyksille. Tässä luvussa ennen varsinaisten menetelmien esittelyä selvitetään yksi tapa laskea aseiden tuhoamistodennäköisyys. Kyseinen menetelmä pohjautuu lähteeseen [17]. Seuraavassa luvussa kerrotaan, mitä poikkeuksia tähän tapaan on tämän tutkimuksen tekemiseksi tehty.

Asejärjestelmien tuhoamistodennäköisyyksien määrittäminen luo perustan panssarintorjunnan mallintamiselle. Tässä työssä käytettävien menetelmien tärkeimpinä parametreina hyödynnetään asejärjestelmien tuhoamistodennäköisyyksiä. Tuhoamistodennäköisyyksiä voidaan laskea eri tavoin, mutta niiden tulee jollain tavalla aina pohjautua ammuksen tehoon ja maalina olevan vaunun panssaroinnin suoja-arvoon. Panssarivaunujen tuhoamisen mallintamiseksi mahdollisimman tarkasti on edellytyksenä, että käytössä ovat oikeat panssareiden suoja-arvot ja eri aseiden läpäisykyvyt. Tämän työn tietoturvaluokan takia todennäköisyyksiä laskettaessa ja parametreja määritettäessä on pääasiassa tyydytty julkisiin lähteisiin tai jo aiemmin muissa yhteyksissä määriteltyihin arvoihin, joita tässä työssä sovelletaan ilman alkuperäislähteitä. Näin saadut arvot eivät varmasti ole tieteellisen tarkkoja, mutta riittävän hyvin suuntaa antavia työn tarkoitusperät huomioiden. Todennäköisyyksien likimääräisenkin määrittäminen siten, että tulokset ovat vertailukelpoisia eri vaunutyypeille ja aseille, on varsin haastava prosessi.

³ Stokastinen: satunnainen, sattumanvarainen. Sanaa käytetään etenkin matematiikassa tutkittaessa satunnaisilmiöiden ominaisuuksia.

⁴ Monte-Carlo simulointi on stokastista mallintamista, jossa toistetaan tapahtumia muuttaen syy- ja seurauksiin perustuva tiettyjen tilastollisten sääntöjen mukaisesti. Tulos lasketaan keskimääräisenä käyttäytymisenä. <http://www.tut.fi/units/me/ener/kurssit/ENER-7200/simulointi.pdf>

Menetelmien vertailun helpottamiseksi tässä tutkimuksessa kummassakin panssarintorjuntamallissa käytetään samoja tuhoamistodennäköisyyksiä. Tässä luvussa esitetään yksi tapa miten asejärjestelmän tuhoamistodennäköisyys tiettyä panssarivaunua vastaan voidaan määrittää.

Tässä luvussa esiteltävä tuhoamistodennäköisyyden laskentamenetelmä perustuu lähteisiin [15] ja [17]. Lähde [15] on majuri Markku Lainevirran Sotakorkeakoulun diplomityö, vuodelta 1989, jossa Jääkäriprikaatin panssarintorjunta-aseistuksen kehittämistä varten laadittiin kustannustehokkuusanalyysi. Lähde [17] on Maanpuolustuskorkeakoulun sotatekniikan laitoksen moniste, joka perustuu lähteessä [15] käytettyihin ja siinä laskettuihin panssarintorjunta-aseiden eri todennäköisyyksiin. Näiden lisäksi on luvussa neljä hyödynnetty Kaksipuolisen taistelun simulaattorijärjestelmän (KASI) parametritietoja niiltä osin kuin edellä olleiden lähteiden ei ole katsottu enää riittäneen. KASI-järjestelmässä käytettävät todennäköisyydet, joita tässä työssä hyödynnetään, eivät ole tarkkojen todellisten lähtötietojen perusteella määritettyjä. Näissä KASI-järjestelmän todennäköisyyksissä on lisäksi otettu huomioon myös koulutuksellisia näkökulmia. KASI-järjestelmän parametrien ja niiden pohjalta laskettujen tuhoamistodennäköisyyksien käyttö ei nosta tämän työn tietoturvaluokitusta.

Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli pohjautuu tuhoamistodennäköisyyksien laskentaan, ja tuhoamistodennäköisyydet ovat tärkeä osa myös Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen (PVTT) FLAMES-ympäristössä toimivaa simulointimallia. Tuhoamistodennäköisyyden laskemiseen tarvittavia lähtötietoja ovat osumatodennäköisyys, läpäisy-todennäköisyys, vaikutustodennäköisyys sekä asejärjestelmän luotettavuus.

3.2. Osumatodennäköisyys

Panssarintorjunta-aseella ammutun laukauksen osumatodennäköisyys tiettyyn maaliin voidaan laskea asejärjestelmän hajonnan ja systemaattisen virheen perusteella. Systemaattisena virheenä voidaan pitää esimerkiksi aseiden kohdistusvirhettä kohdistuksien välisinä aikoina. Hajonnan laskemisessa voidaan huomioida esimerkiksi ruudin ominaisuuksien riippuvuus lämpötilasta, putken lämpötaipuma, sääolojen vaikutus ja ampujan virheet. Toinen tapa määrittää asejärjestelmän osumatodennäköisyys on koeammuntojen

suorittaminen, myös hajonta voidaan määrittää koeammunnoissa. Hyvä tapa määrittää panssarintorjunta-aseen osumatodennäköisyys on suorittaa riittävä määrä luotettavia koeammuntoja eri etäisyyksille oikean kokoisiin maaleihin.

3.3. Lämpäisytodennäköisyys

Lämpäisytodennäköisyys riippuu maalin panssaroinnin raaka-aineesta, sen paksuudesta, mahdollisesta lisäpanssaroinnista, syntyvästä iskukulmasta ja panssarintorjunta-aseen läpäisykyvystä. Panssarivaunujen rungossa on pääsääntöisesti erivahvuinen panssarointi edessä, sivuilla ja tornissa. Tässä työssä panssarintorjunta-aseiden maaleina ovat BMP-2-, CV-9030-, T-90- ja LEO 2A4 -panssarivaunut. Lämpäisytodennäköisyys voidaan laskea kaavalla

$$P_2 = \frac{A_2}{A_1}, \text{ jossa}$$

A_1 = maalin haavoittuva pinta-ala ja

A_2 = haavoittuvan pinta-alan läpäistävissä oleva pinta-ala.

Taulukossa kaksi ja kolme esitettävät läpäisytodennäköisyydet perustuvat NATO:n käyttämään standardoituun rynnäköpanssarivaunun maalimalliin: etusektorista $2,3 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 4,6 \text{ m}^2$ (ei huomioida teloja) ja sivulta $4,6 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 9,2 \text{ m}^2$. BMP-2:n todelliset pinta-alat ovat etusektorista $4,88 \text{ m}^2$ ja sivulta $12,94 \text{ m}^2$ [8], CV9030 vastaavat ovat $7,02 \text{ m}^2$ ja $17,69 \text{ m}^2$ [3]. Suuri ero johtuu CV9030:n selkeästi suuremmasta korkeudesta. Todellisuudessa CV:hen osuminen on näin ollen jonkun verran helpompaa. Tässä tutkimuksessa ei oteta huomioon suuremman koon mahdollista vaikutusta läpäisytodennäköisyyteen taulukon arvoja hyödynnettäessä.. Taulukoissa kaksi ja kolme esitettävät todennäköisyydet taistelupanssarivaunujen osalta perustuvat myös asekehittelyssä standardoituihin taistelupanssarivaunun mittoihin.

Onteloammuksen läpäisykyky (mm)	Rynnäköpanssarivaunu		Taistelupanssarivaunu	
	Edestä	Sivulta	Edestä	Sivulta
< 45	0,00	0,00	0,00	0,00
45 – 100	0,00	0,90	0,00	0,00
100 – 180	0,95	0,90	0,00	0,00
180 – 350	0,95	0,90	0,00	0,68
350 – 520	0,95	0,90	0,00	0,90
520 – 740	1,00	1,00	0,57	0,90
>740	1,00	1,00	0,95	0,90

Taulukko 6: Onteloammuksen läpäisykyky ja läpäisytodennäköisyys

Iskuammuksen läpäisykyky (mm)	Rynnäköpanssarivaunu		Taistelupanssarivaunu	
	Edestä	Sivulta	Edestä	Sivulta
< 30	0,00	0,00	0,00	0,00
30 – 65	0,00	0,90	0,00	0,00
65 – 120	0,95	0,90	0,00	0,00
120 – 230	0,95	0,90	0,00	0,68
230 – 340	0,95	0,90	0,00	0,90
340 – 480	1,00	1,00	0,57	0,90
>480	1,00	1,00	0,95	0,90

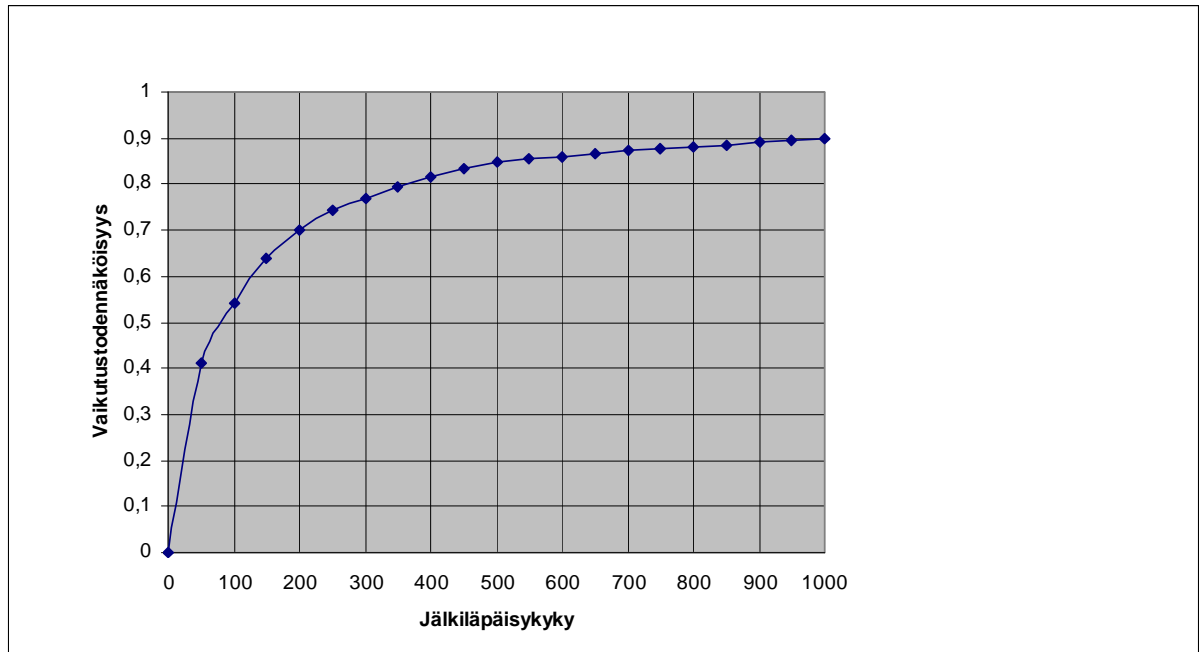
Taulukko 7: Iskuammuksen läpäisykyky ja läpäisytodennäköisyys

Panssarivaunujen varsinaisen panssarin lisäksi suojaa antavat rungon ja tornin ulkopuolella oleva materiaali, telat, telapyörät ja mahdollinen lisäsuojamateriaali, esimerkiksi suojakilvet. Näiden yhteisvaikutus suojaa parantavana tekijänä otetaan läpäisykykyä laskettaessa huomioon siten, että ammuttaessa rynnäköpanssarivaunua onteloammuksella, jonka läpäisykyky on vähemmän kuin 520 millimetriä, vähennetään läpäisytodennäköisyyttä edestä 5 % ja sivulta 10 %.

3.4. Vaikutustodennäköisyys

Onteloammuksen jälkivaikutuskyky perustuu ammuksen läpäisyenergiaan. Vaikutustodennäköisyyttä voidaan arvioida ammuksen jälkivaikutuskyvyn perusteella. Oy Bofors

Ab:n 1960-luvun vaihteessa suorittamien kokeiden tuloksiin on lisätty kertoimena nykyaikaisempien panssarivaunujen paremman panssaroinnin antama lisäsuoja siten, että näiden kokeiden ja kertoimen perusteella on laskettu kuvaajan yksi mukainen vaikutustodennäköisyyden riippuvuus jälkiläpäisykyvystä.



Kuva 5: Vaikutustodennäköisyyden riippuvuus jälkiläpäisykyvystä

Vaikutustodennäköisyydestä tehdyt testit suoritettiin onteloammuksilla. Isku- ja täryammuksilla tehdyistä testeistä ei tiettävästi ole annettu tuloksia julkisuuteen. Vaikutustavasta johtuen on oletettavaa, että näiden ammusten vaikutustodennäköisyys on vähintään onteloammuksen suuruinen.

3.5. Asejärjestelmän luotettavuus

Asejärjestelmät koostuvat monista laukaustapahtumiin osallistuvista komponenteista. Näiden komponenttien luotettavuustodennäköisyyksien tulosta saadaan koko asejärjestelmän luotettavuus. Matemaattisesti se voidaan ilmaista kaavalla

$$P_4 = K_1 * K_2 * K_3 \dots * K_n, \text{ jossa}$$

K = komponentin luotettavuustodennäköisyys ja

n = komponenttien lukumäärä.

Asejärjestelmien luotettavuuden lisäämiseksi on olemassa erilaisia keinoja. Voidaan esimerkiksi varmentaa kriittisiä toimintoja rinnakkaisilla komponenteilla, vähentää tarvittavien komponenttien lukumäärää tai kasvattaa komponenttien luotettavuutta. Oikein ja oikeaan aikaan suoritettu järjestelmähuolto on luotettavuuden kannalta myös erittäin keskeinen asia.

Asejärjestelmien komponenttien luotettavuuden matemaattinen mallintaminen on kuitenkin varsin hankalaa, ja siksi luotettavuustodennäköisyyksien arviointiperusteina onkin tarkoituksenmukaista käyttää laajoista ja monipuolisista eri olosuhteissa tapahtuneista koeammunnoista kerättyä tietoa.

3.6. Tuhoamistodennäköisyys

Edellä esitettyjen todennäköisyyksien perusteella lasketaan asejärjestelmän tuhoamistodennäköisyys (P) eri etäisyyksille

$$P = P_1 * P_2 * P_3 * P_4, \text{ jossa}$$

P = Tuhoamistodennäköisyys

P_1 = Osumatodennäköisyys

P_2 = Läpäisytodennäköisyys

P_3 = Vaikutustodennäköisyys

P_4 = Luotettavuus.

Maalin vaurioitumisen asteita on useita, mutta yleisesti maali katsotaan tuhoutuneeksi silloin, kun se on menettänyt sekä liikunta- että tulituskykynsä. Yhden laukauksen keskimääräisenä tuhoamistodennäköisyytenä käytetään etu- ja sivusektorista ammuttaessa muodostuvien tuhoamistodennäköisyyksien keskiarvoa.

3.7. Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli

3.7.1. Yleistä

Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia voidaan käyttää yksinkertaisissa tilanteissa esimerkiksi panssarintorjunnan tehokkuuden arvioimiseksi. Menetelmää käytettäessä on maastoon sitoen pyrittävä löytämään panssarivaunuista ja panssarintorjunta-aseista muodostuvia kaksintaistelupareja, joiden kesken taistelut käydään. Mitä tarkemmin osallistuvat aseet ja käytetyt ampumaetäisyydet kyetään määrittämään, sitä tarkempiin tuloksiin on mahdollista päästä.

Menetelmää on aiemmin sovellettu vain panssarintorjunta-aseiden ja panssarivaunujen välisiin taisteluihin. Tässä tutkimuksessa panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia sovelletaan myös panssarivaunujen välisiin taisteluihin.

3.7.2. Aseen keskimääräinen panssarivaunujen tuhoamiskyky

Panssarintorjunta-aseen keskimääräinen tuhoamiskyky eri torjunta-alueilla vaihtelee ja on riippuvainen ampumaetäisyydestä. Majuri Markku Lainevirran mallia on sotatekniikan laitoksen monisteeseen kehitetty määrittämällä puolustus- ja hyökkäystaistelulle erilaiset tuhoamiskyvyt samoille etäisyyksille. Keskimääräinen tuhoamiskyky puolustustaistelussa eri torjunta-alueille lasketaan tuhoamistodennäköisyyden perusteella kolmelta eri etäisyydeltä siten, että keskimmäisin etäisyys lasketaan painokertoimella kaksi. Hyökkäystaistelussa tuhoamiskyky lasketaan keskimmäisen ja pisimmän ampumamatkan tuhoamistodennäköisyyksien keskiarvona. Näin otetaan huomioon se, että hyökkäystehtävässä jouduttaneen keskimäärin ampumaan pidemmille etäisyyksille. Lähitorjunnassa etäisyydet ovat 100, 200 ja 300 metriä, keskitorjunnassa 600, 800 ja 1000 metriä sekä kaukotorjunnassa 1000, 2000 ja 3000 metriä.

Kaikille panssarintorjunta-aseille yhden asepanssarivaunujen tuhoamiskyky on edellisen kappaleen perusteella lasketun keskiarvon mukainen. Lisäksi voidaan määrittää ladattavalle panssarintorjunta-aseelle eli niin sanotulle kestokäyttöaseelle ja panssarivaunulle yhden asepanssarivaunujen tuhoamiskyky ja ammuttujen laukausten lukumäärän keskiarvo. Nämä lasketaan kaksintaistelumallin avulla. Mallissa otetaan huomioon asepanssarivaunujen tuhoamiskyky yhden laukauksen

keskimääräinen tuhoamistodennäköisyys edellisen kappaleen mukaisesti, samaa maalia tulittavien aseiden lukumäärä, aseiden havaitsemistodennäköisyys ja maalin tuhoamistodennäköisyys.

Kaksintaistelu alkaa panssarintorjunta-aseiden tulenaloituksella. Mallissa käytetään kolmea vuoroa, joissa kumpikin osapuoli toimii vuorotellen. Lähitorjunnassa samaa maalia tulittavia aseita on kaksi, keskitorjunnassa puolitoista ja kaukotorjunnassa yksi. Kaksintaistelumalli on esitetty liitteessä 1.

3.7.3. Joukon panssarivaunujen tuhoamiskyky

Laskentamallissa on määritettävä kummankin osapuolen taisteluun osallistuvien panssarintorjunta- ja panssarivaunuasejärjestelmien lukumäärät, toimintasuunnat, taisteluvaiheet ja voiman kasvu maastoon sitoen siten, että pystytään muodostamaan taistelupareja osapuolten välille. Näiden taisteluparien välisten taisteluiden tarkastelun kautta saadaan selville joukon kyky tuhota panssarivaunuja tietyssä tilanteessa. Mitä pienempiin tarkasteluihin kyetään menemään, sitä luotettavampia tuloksia on mahdollista saada.

Edellisen alaluvun mukaisesti määritettyjen aseiden tuhoamiskykyjen avulla saadaan laskettua joukon teoreettinen panssarivaunujen maksimituhoamiskyky kaavalla

$$E_{\max} = k_1 * E_{ase}, \text{ jossa}$$

k_1 = joukon aseiden lukumäärä

E_{ase} = yhden aseiden tuhoamien panssarivaunujen odotusarvo.

Kestokäyttöäseen E_{\max} arvoa laskettaessa voidaan E_{ase} -arvona käyttää joko ampumalaitteen elinkaaren aikaista tuhoamiskykyä tai yhden ammuksen tuhoamiskykyä. Mikäli oletetaan ammuksia olevan äärettömästi tai käytössä olevien ammusten tuhoamiskyky on isompi kuin ampumalaitteen tuhoamiskyky, voidaan käyttää ampumalaitteen tuhoamiskykyä. Jos ammuksia on tarkasti rajattu määrä, niin täytyy käyttää ammuksen tuhoamiskykyä.

Laskettaessa joukon panssarivaunujen tuhoamiskykyä tiettyyn tilanteeseen sitoen pitää maksimituhoamiskykyä E_{\max} vähentää tekijöillä, joita ovat:

- osallistumisparametri (k_2),
- kohdentumisparametri (k_3),
- alueparametri (k_4),
- kykenemisparametri (k_5) ja
- monitulitusparametri (k_6).

Osallistumisparametrillä otetaan huomioon taisteluun osallistuvien aseiden lukumäärä. Kohdentumisparametrillä ilmaistaan, kuinka paljon aseiden tuesta kohdistuu rynnäkö- tai taistelupanssarivaunuihin. Alueparametrillä otetaan huomioon eri torjunta-alueilla, lähi-, keski- ja kaukotorjunta-alueella, taistelevien aseiden määrät. Kykenemisparametri ilmaisee, kuinka suuri osa aseista on tuhoutumatta kyseisessä taisteluvaiheessa. Monitulitusparametri ilmaisee, kuinka moni kertakäyttöaseista tulittaa muiden aseiden jo tuhoamia vaunuja, kestokäyttöaseilla monitulitusparametriä ei käytetä.

Tiettyyn tilanteeseen, torjunta-alueeseen ja maalityyppiin sidottu tuhoamistodennäköisyys lasketaan kaavalla

$$E_{tuh} = k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * k_6 * E_{max} .$$

Parametrien arvot ovat välillä 0–1. Kaikissa tilanteissa ei jokaisen parametrin käyttö ole tarpeellista. Tällöin tulomuodosta johtuen voidaan kyseinen parametri jättää pois tai antaa sille arvoksi 1.

3.8. Epäsuoran tulen MATLAB -pohjainen vaikutusmalli

3.8.1. Yleistä

Epäsuoran tulen vaikutuksen arviointiin kuorma-ammusten kustannustehokkuusprojektia varten on diplomi-insinööri Tapio Heininen Puolustusvoimien teknillisessä tutkimuslaitoksessa kehittänyt simulointimallin. Malli soveltuu myös sirpalekranaateille. Malli on ohjelmoitu MATLAB-ohjelmistolla. MATLAB (matrix laboratory) on numeeriseen laskentaan tarkoitettu ohjelmisto ja siinä käytettävä ohjelmointikieli. MATLAB-ohjelmaa on mahdollista käyttää matriisien laskentaan, funktioiden ja datan visualisointiin ja algoritmien luomiseen. Ohjelman kehittäminen on alkanut jo 1970-luvulla[31].

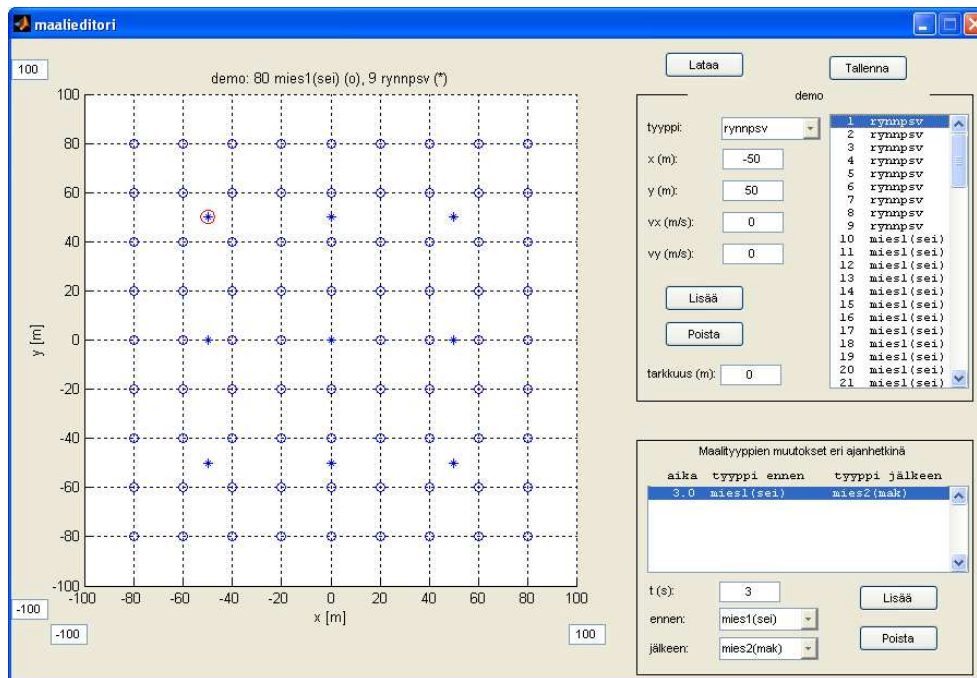
Epäsuoran tulen vaikutukseen tehty ohjelma on MATLAB compiler:lla käännetty itsenäiseksi ohjelmaksi ja se voidaan jakaa ilman MATLABia. Ohjelman käyttö ei vaadi MATLAB -lisenssiä. Ohjelman käyttöliittymä on graafinen, ja se on helposti omaksuttavissa. Epäsuoran tulen vaikutusmalli on Monte-Carlo-simulointiin perustuva, missä luonteeltaan stokastinen ammuttilanne toistetaan useita kertoja. Toistojen tulosten perusteella lasketaan keskimääräiset tulokset eli aiheutetut tappiot.

Laskenta toteutetaan arpomalla jokaisen kranaatin tai tytärammuksen iskemäpiste. Iskemien hajonta voidaan määrittää itse tai laskettaa ohjelmalla normaalien tykistöammuntojen hajontarvojen perusteella. Laskentaa varten täytyy määrittää maalimalli, ampumatarvike ja ammunta. Näiden määrittäminen tehdään jokainen omalla editorillaan. Lopuksi nämä yhdistetään laskentalomakkeelle, jolla varsinainen laskenta toteutetaan. Tuloksista piirretään kuvaaja laukausmäärän funktiona joko lukumääräisinä tai prosentteina. Tappioita voidaan tarkastella myös jakaumassa, josta nähdään millä todennäköisyydellä tietty tappiomäärä on mahdollinen.

Epäsuoran tulen vaikutusmallia on tulevaisuudessa tarkoitus kehittää. Tällä hetkellä maalin tuhoutumistodennäköisyys on vaikutusetäisyyden sisällä riippuvainen vain tarvittavien osumien määrästä ja vaikutusetäisyyden rajalla todennäköisyys tippuu nolnaan. Parempi vaikutusmalli voisi olla sellainen, jossa tuhoutumistodennäköisyys pienenesi matkan funktiona vähitellen ykkösestä nolnaan. Laskentamallin esittely perustuu lähteeseen [24].

3.8.2. Maalieditori

Maalieditorin avulla luodaan, muokataan ja tallennetaan maalimallit. Maalieditori on esitetty kuvassa 6. Maalieditorilla määritetään kunkin maali-alkion paikka ja maali-alkioiden lukumäärä. Näitä voidaan jälkikäteenkin muuttaa. Maalieditorilla voidaan ottaa huomioon maali-alkioiden tilan muutos, esimerkiksi suojautuminen ammunnan alettua. Tämä toteutetaan ammunnan aikana ajanhetkeen sitoen.

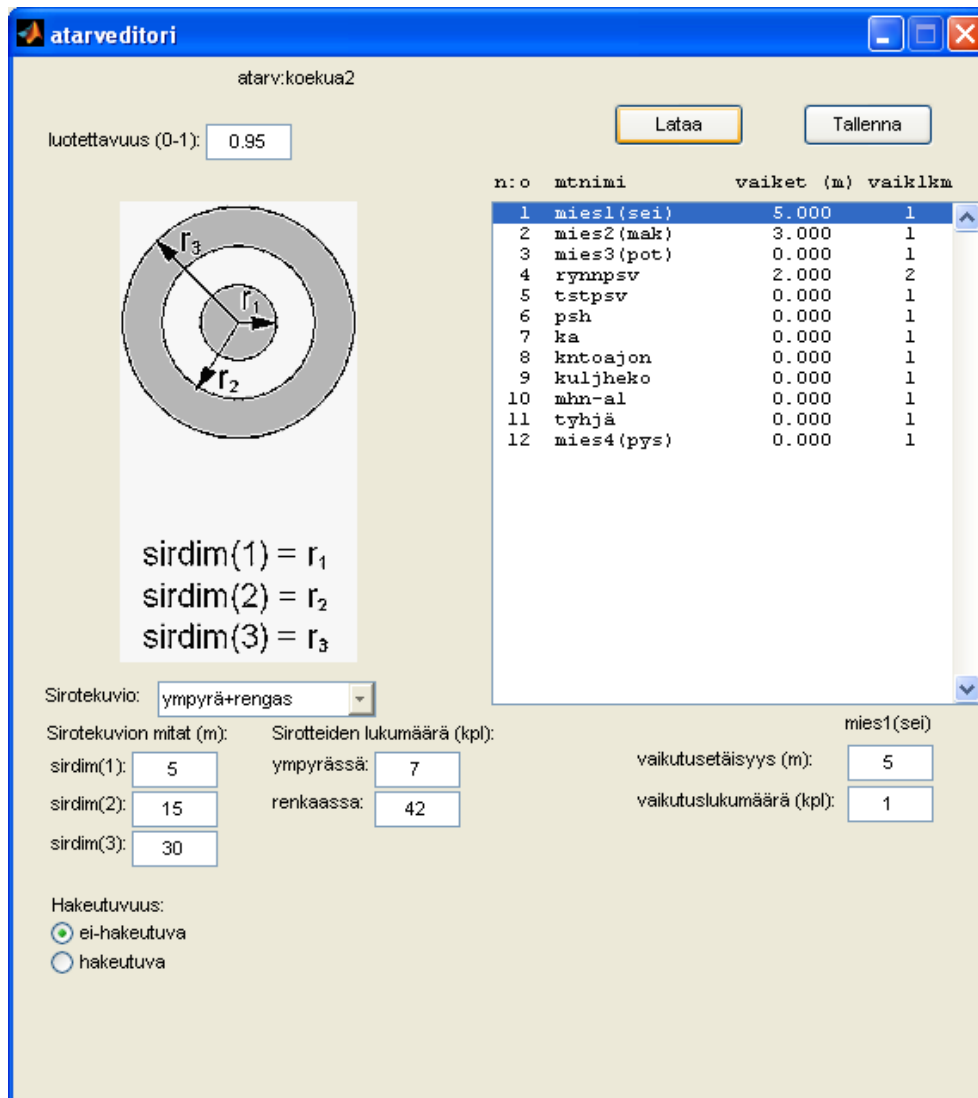


Kuva 6: Maalieditori

3.8.3. Ampumatarvike-editori

Ampumatarvike-editori (atarveditori) on esitetty kuvassa 7. Tällä editorilla määritetään ampumatarvikkeen tärkeimmät tiedot. Ampumatarvike nimetään, sille annetaan luotettavuusarvo ja vaikutusetäisyys eri maalialkioihin. Jokaiselle ampumatarvikkeelle annetaan myös vaikutuslukumäärä. Vaikutuslukumäärä kuvaa sitä, kuinka monta kyseisen ampumatarvikkeen osumaa mikäkin maalialkio tarvitsee tuhoutuakseen. Ampumatarvike lasketaan osuneeksi, kun se osuu korkeintaan vaikutusetäisyyden päähän maalialkiosta.

Kuorma-ammuksen sirotekuviota voi muuttaa määrittämällä kuvion mitat ja tytärmmusten määrät, jotka osuvat näiden mittojen sisälle. Ampumatarvike voidaan myös määrittellä hakeutuvaksi. Tällöin vaikutusetäisyys vastaa sen hakuympyrän sädettä. Hakeutuva ampumatarvike osuu sen hakuympyrän sisällä olevaan maaliin todennäköisyydellä, joka vastaa sen luotettavuutta. Yhdellä hakeutuvalla ampumatarvikkeella tai tytärmmuksella voidaan tuhota vain yksi maalialkio.



Kuva 7: Ampumatarvike-editori

3.8.4. Ammuntaeditori

Luodut ampumatarvikkeet yhdistetään ammuntaan ammuntaeditorilla (kuva 8). Ammuntaeditorilla luotuja ammuntoja voidaan myöhemminkin muokata. Yhdessä ammunnessa voidaan käyttää useaa eri ampumatarviketta.

Ammunnassa iskemät osuvat määritetyn iskemäkeskipisteen (maalin keskikohdan) ympärille kaksiulotteisen normaalijakauman mukaisesti. Hajonta määritellään manuaalisesti tai se voidaan antaa ammuntaeditorin laskettavaksi. Iskemäkeskipisteessä on oma vaihtelunsa, jolla kuvataan maalin paikannuksen virhettä. Iskemäkeskipiste ei muutu yhden ammunnan aikana, mutta muuttuu ammuntojen välillä.

ammuntaeditori

Maalin paikannuksen keskihajonnat: Ammunta: demo_koekua2

Paikannuksen pituussuuntaan (m): 0 Paikannuksen suunta (*): 0

Paikannuksen leveysuuntaan (m): 0

Lataa

Liitä toinen ammunta

n:o	t (s)	ampumatavike	lsikm	cumlkam	kpx	kpy	ams	s_pit	s_lev
1	0.0	koekua2	6	6	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
2	0.0	koekua2	6	12	0.0	0.0	180	44.5	9.6
3	0.0	koekua2	6	18	50.0	0.0	180	44.5	9.6
4	12.0	koekua2	6	24	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
5	12.0	koekua2	6	30	0.0	0.0	180	44.5	9.6
6	12.0	koekua2	6	36	50.0	0.0	180	44.5	9.6
7	24.0	koekua2	6	42	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
8	24.0	koekua2	6	48	0.0	0.0	180	44.5	9.6
9	24.0	koekua2	6	54	50.0	0.0	180	44.5	9.6
10	36.0	koekua2	6	60	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
11	36.0	koekua2	6	66	0.0	0.0	180	44.5	9.6
12	36.0	koekua2	6	72	50.0	0.0	180	44.5	9.6
13	48.0	koekua2	6	78	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
14	48.0	koekua2	6	84	0.0	0.0	180	44.5	9.6
15	48.0	koekua2	6	90	50.0	0.0	180	44.5	9.6
16	60.0	koekua2	6	96	-50.0	0.0	180	44.5	9.6
17	60.0	koekua2	6	102	0.0	0.0	180	44.5	9.6
18	60.0	koekua2	6	108	50.0	0.0	180	44.5	9.6

t (s) ampumatavike lsikm kpx (m) kpy (m) ams (*) s_pit (m) s_lev (m) amet (km) amosa

0 koekua2 6 -50 0 180 44.4774 9.6368 valitse

Laske hajonnat

Muuta atav koko ammunnessa

dt (s): 0

Kopioi viimeiset 1 riviä

Poista viimeiset

Maalimalli Näytä ammunta maalin Näytä paikannusellipst: 50 % osumista Näytä ammuntaellipst:

D:\MATLAB\TULVIAIK\fun_gui\maallidemo.mat

Tallenna

Kuva 8: Ammuntaeditori

3.8.5. Laskentalomake

Laskentalomakkeella valitaan käytettävä maalimalli ja ammunta sekä suoritetaan simulointi. Laskentalomake on kuvassa 9. Laskennan jälkeen on mahdollista piirtää tappiot kuvaajina joko prosentteina tai kappalemäärinä (kuva 10). Lomakkeessa määritellään Monte-Carlo -simuloinnissa käytettävien toistojen lukumäärä.

laskentalomake

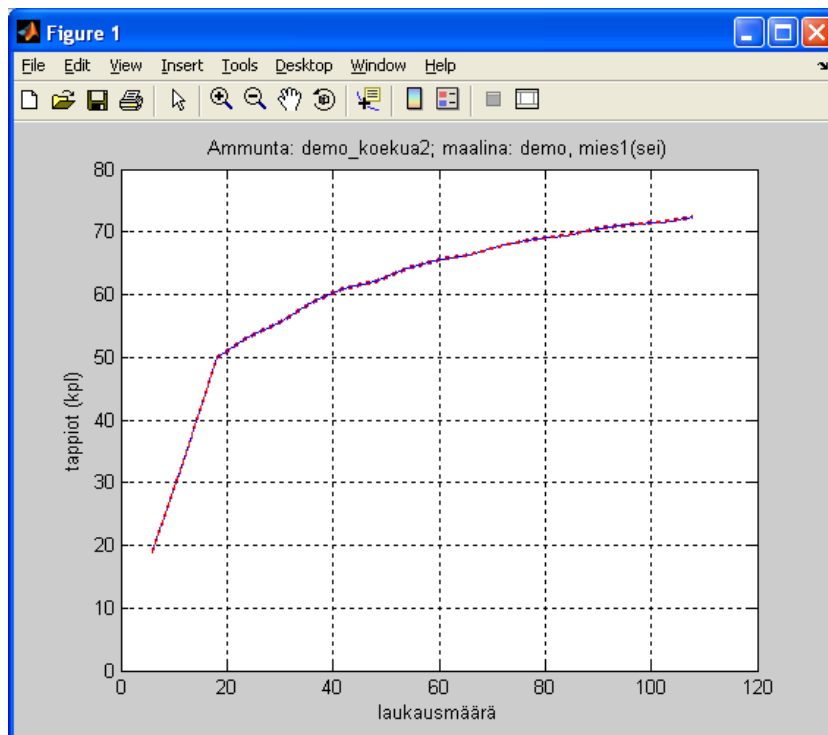
Maalimalli
 D:\MATLAB\TULIVAIK\fun_gui\maalit\demo.mat
 Avaa Näytä

Ammunta
 D:\MATLAB\TULIVAIK\fun_gui\ammunna\demo_koekua2.mat
 Avaa Näytä

Tulos
 Tiedoston nimi: demo_koekua2_tulos
 Lataa Toistomäärä: 1000 Käynnistä

Maalikiotyypit: 1 Piirrä tappiot (kpl) Ammuntakerta: 18
 Xmax: 0 Piirrä tappiot (%)
 Ymax: 0
 laukausmäärän funktiona
 ajan funktiona
 Piirrä jakauma

Kuva 9: Laskentalomake



Kuva 10: Tappioiden esitys graafisesti laukausmäärän funktiona

3.9. Simulaatio FLAMES -alustalla

3.9.1. Yleistä

FLAMES (Flexible Analysis, Modelling, and Exercise System) on yhdysvaltalaisen Ternion Corporationin valmistama ja markkinoima simulointialusta. Alusta on tarkoitettu konstruktiivisten⁵ ja virtuaalisten⁶ simulaatioiden kehittämiseen. Puolustusvoimien Teknillisessä Tutkimuslaitoksessa on kehitetty FLAMES-alustalle konstruktiivinen korkean resoluution simulaatio. Korkean resoluution simuloinnilla tarkoitetaan yleisesti simulointia, jossa simuloitavat yksiköt on mallinnettu lavetti- ja järjestelmätasolla.

Simuloinnissa on usein päämääränä saada tietoa käytettyjen parametrien vaikutuksesta simulaation lopputulokseen. Konstruktiivisen simulaation käyttäminen mahdollistaa simulaatioiden toistamisen mielivaltaisen monta kertaa, jolloin on mahdollista tutkia eri parametriarvojen vaikutusta. Toistamalla simulaatio riittävän monta kertaa saadaan laskettua tuloksista todennäköisyysjakauma, jonka avulla voidaan huomioida ilmiöiden satunnaisuus ja parametriarvojen epävarmuudet. Satunnaislukuja käyttävää toistoihin perustuvaa stokastista simulointia kutsutaan yleisesti Monte-Carlo-simuloinniksi.

FLAMES -alustalle tehtyjen simulaatioiden etuna on muun muassa tehtyjen mallien käytettävyyden useissa eri käyttötarkoituksissa. Korkean resoluution simuloinnissa käytettävät mallit ovat pääasiassa järjestelmämalleja. Muita käytettäviä malliluokkia ovat kognitio- eli toimintamallit sekä ympäristömallit. Järjestelmämalleilla kuvataan yksiköiden fyysisten järjestelmien toimintaa. Malleihin on ohjelmoitu esimerkiksi yksiköiden aseiden ja sensorien toimintaa sekä asevaikutuksia. Ympäristömalleilla kuvataan esimerkiksi ilmakehää ja maastoa. Kognitiomalleilla kuvataan yksiköiden käyttäytymistä ja niiden reagoitua erilaisiin havaintoihin ja tapahtumiin.

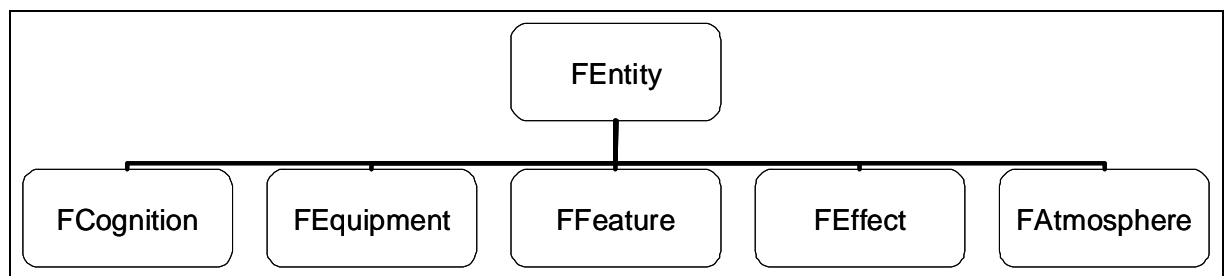
⁵ *Konstruktiivinen (constructive)* simulaatio tapahtuu pääasiallisesti tietokoneen ohjaamana. Ihminen antaa järjestelmälle syötteitä, muttei suoranaisesti vaikuta lopputulokseen (esim. strategiset simulaatiot, joissa simulaattorin käyttäjä (=ihminen) ohjaa suurta joukkoa tietokoneen ohjaamia yksiköitä, joissa reaaliaikavaatimukset eivät aina ole oleellisia) [26].

⁶ *Virtuaalinen (virtual)* simulaatio tarkoittaa simulaattoreita, joita ohjaa ihminen, mutta maailma on tietokoneen luoma (esim. ajoneuvosimulaattorit) [26].

Tässä alaluvussa esitetään PVTT:n kehittämän simulaation toimintaa ja sen käyttöä mahdollisimman ymmärrettävällä tavalla. Tarkoituksena on samalla antaa kuva siitä, mitä vaatimuksia FLAMES-alustalle tehdyn simulaation hyödyntäminen puolustusvoimien tutkimustoiminnassa työn teettäjälle asettaa. Alaluku perustuu lähteisiin [23] ja [5].

3.9.2. Mallihierarkia

FLAMES -mallien tekemiseen käytetään olio-ohjelmointia. Olio on kokonaisuus, joka tietää millainen se on, mitä se tekee ja mitä palveluita se pyytää muilta olioilta [18]. FLAMES-maailmassa olioita ovat esimerkiksi taistelupanssarivaunu, jalkaväkiryhmä ja telatykki. Ohjelmointikielenä on ANSI⁷ standardoitu C- tai C++-kieli. Mallit perustuvat FLAMES:n päämalliluokkiin, ja ne ovat erillisiä sekä riippumattomia toisistaan. Lähes kaikki mallit perustuvat FEntity-luokkaan⁸. FEntity on hyvä esimerkki, kun haluaa esittää yksinkertaisesti, miten FLAMES-alustalla mallien välinen hierarkia ja suhteet toimivat. Järjestelmä, joka perustuu FEntity luokkaan, sisältää malliluokat, jotka määrittelevät kyseisen järjestelmän toimintaa, varusteita, ominaisuuksia, vaikutusta ja ympäristöä. Nämä muodostavat kokonaisuuden, joka kertoo miten järjestelmä toimii ja käyttäytyy, mitä komponentteja siihen kuuluu ja miten se kykenee vaikuttamaan kohteisiinsa.



Kuva 11: FLAMES-mallien luokkahierarkia

Järjestelmämalliluokkaan kuuluvat muun muassa sensorimalli, suora-ammunta-asemalli ja epäsuoran tulen asemalli. Sensorimallilla kuvataan ihmisen kykyä havaita ja tunnistaa kohteita sekä elektro-optisten ja muiden sensoreiden suorituskykyä. Havaintotodennäköisyys kullakin aika-askeleella lasketaan sensorien ominaisuuksien, sääolosuhteiden, kohteen herätteen ja havainnointiajan perusteella. Sensorimalli huomioi metsämaaston aiheuttaman

⁷ ANSI (lyhenne sanoista *American National Standards Institute*) on Yhdysvaltalainen voittoa tavoittelematon yksityinen organisaatio joka valvoo erilaisten standardien kehittymistä Yhdysvalloissa. ANSI vahvistaa organisaatioiden, yritysten ja muiden tahojen kehittämää standardeja. <http://fi.wikipedia.org/wiki/ANSI>

⁸ Luokka määrittelee jonkun tietyn oliojoukon yhteiset piirteet. [http://fi.wikipedia.org/wiki/Olio_\(ohjelmointi\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Olio_(ohjelmointi))

katveen, ja näkyvyys metsässä on säädettävissä. Näkyvysetäisyys kumuloituu siten, että esimerkiksi metsän keskellä olevan pellon yli näkee, kunnes asetettu maksiminäkyvysetäisyys metsässä tulee täyteen. Jos yksikkö on valmistelluissa puolustusasemissa, näkyvyyttä voidaan kasvattaa kuvaamaan tulialueen raivaamista. Ajoneuvojen torneissa sijaitsevien sensoreiden havaintosektori on sensorin ominaisuuksien lisäksi riippuvainen tornin asennosta.

Suora-ammunta-aseiden malli kuvaa aseiden ominaisuuksia. Tuhoamistodennäköisyys voidaan jakaa aseiden hajonnan perusteella laskettavaan osumatodennäköisyyteen ja yksikkötyypeittäin määriteltävään tuhoamistodennäköisyyteen. Toinen tapa on toteuttaa tuhoamistodennäköisyys pelkällä yhdelle laukaukselle määritellyllä tuhoamistodennäköisyydellä yksikkötyypeittäin, kuten tässä tutkimuksessa on tehty.

Epäsuoran tulen asemallissa osumatarkkuus lasketaan pituus- ja leveyshajonnan perusteella. Lähteenä on käytetty Kenttätykistöopas I:tä. Kranaattien vaikutus lasketaan kranaatin vaikutusetäisyyden funktiona. Kullakin kranaatilla on yksikkötyypeittäin määritellyt vaikutustodennäköisyydet etäisyyden funktiona. Vaikutustodennäköisyys laskee räjähdysetaisyyden kasvaessa lineaarisesti suurimmasta vaikutustodennäköisyydestä vaikutusetäisyyden maksimiin, jonka ulkopuolella vaikutustodennäköisyys on nolla.

Toimintamallit koostuvat jalkaväkimallista, vaunumallista, tulenjohtomallista sekä maalin- ja aseentalintamallista. Jalkaväki- ja vaunumalleihin on ohjelmoitu käyttäytymismalleja erilaisten taistelussa esiintyvien tilanteiden varalta. Näitä ovat esimerkiksi panssarintorjuntayksiköiden vara-asemiin siirtyminen ampumisen jälkeen, jalkaväkiryhmän nouseminen vaunusta ja koukkaaminen havaitun vihollisen sivustaan.

Maalin- ja aseentalintaan jalkaväki- ja vaunumallit käyttävät siihen erikseen tehtyä mallia. Aseen- ja maalinvalintamallissa on luotu säännöt, joiden mukaan yksiköt valitsevat maalinsa ja aseensa, jolla siihen vaikutetaan. Eri yksikkötyypeille on annettu arvot, joiden mukaan sitä vastaan toimittaessa valinta tehdään. Yksikkötyypin arvo riippuu myös tunnistuksen tasosta: onnistutaanko se vain luokittelemaan vai tunnistamaan. Jos yksikkö havaitsee samanaikaisesti useita samanarvoisia kohteita, niin lopullisen maalin valinnan tekee yksikön varsinainen toimintamalli. Perussääntönä esimerkiksi jalkaväkiyksikömallilla on se, että ensin ammutaan lähintä maalia. Käytettävä ase ja ampumatarvike määräytyvät maalin tunnistuksen mukaan.

Tulenojohtomallissa on mallinnettu tulenojohtajan toimintaa. Tulta voidaan johtaa joko maalialueille tai havaittuja vihollisyksiköitä kohti. Puolustuksessa tulenojohtaja tekee ampumis päätöksen ennalta käsketyillä maalialueilla havaittujen vihollisyksiköiden arvokkuuden perusteella. Hyökkäyksessä tulenojohtaja johtaa tulta suoraan havaintojensa perusteella, maalien arvokkuuteen perustuen. Hyökkäyksessä maalialueiden ei tarvitse olla ennalta määrättyjä vaan tulenojohtaja tilaa tulta kohteen koordinaatteihin perustuen.

Muita malleja ovat tilamalli, ilmakehämalli ja herätemalli. Nämä mallit kuvaavat ympäristöä ja jonkin yksikön ominaisuuksia, joita ei ole mallinnettu järjestelmämalleissa, sekä asioita joilla ei ole fyysikaalista vastinetta. Tilamallilla kuvataan yksikön tilaa simulaation aikana. Tilalla tässä tarkoitetaan sitä, onko yksikkö liikkeessä, paikallaan, suojautunut, linnoittautunut, tulituksen kohteena tai lamaantunut. Näillä tiloilla on oma vaikutuksensa muun muassa osumatodennäköisyyteen. Ilmakehämallilla mallinnetaan sää- ja valaistusolosuhteet. Näillä on oma vaikutuksensa sensorien suorituskykyyn. Herätemallilla mallinnetaan yksikön ja tapahtumien lähettämiä herätteitä kuten visuaalista herätettä ja lämpöherätettä. Herätteen suuruus lasketaan kohteen koon ja katselukulman sekä taustaa vastaan olevan kontrastieron perusteella. Lämpöherätteellä kontrastiero syntyy kohteen ja taustan välisestä lämpötilaerosta. Herätteen suuruus riippuu myös yksikön tilasta, suojautuneella kohteella voi esimerkiksi olla pienempi heräte kuin liikkuvalla.

3.9.3. Skenaario ja simulointi

FLAMES-ympäristö tarjoaa erilaisia työkaluja mallien ja skenaarioiden luomiseen ja ajamiseen sekä tulosten analysointiin. Käytettävät mallit luodaan ja käännetään ohjelmointityökalulla. FLAMES-ympäristöön kuuluvalla FORGE-nimisellä ohjelmalla luodaan skenaario ja määritetään malleille kyseisessä skenaariossa käytettävät parametrit. FORGE:lla voidaan myös ajaa simulaatio ja muokata tarvittaessa skenaarion rakennetta havaittujen puutteiden korjaamiseksi.

Erilaisia järjestelmiä, kuten esimerkiksi panssarivaunuja, tehdään määrittelemällä sille alusta, aseet, ammusten laatu ja määrä, toimintamallit, sensorit sekä käyttöliittymää varten näytöllä näkyvä ikoni. Alustan kautta määritellään muun muassa kyseisen alustan heräte, koko, nopeus ja havainnon tason perusteella saatava tunnistus. Asejärjestelmässä määritetään muun muassa tornin tähytyskorkeus ja kääntymisnopeus sekä kaikki kyseisessä mallissa olevat eri aseet ja

niiden käyttämät ammuksset. Aseiden parametreina annetaan esimerkiksi maksimi-ampumaetäisyys ja latausaika. Ampumatarvikkeille määritetään niiden käyttämä vaikutusmalli eli käytännössä tuhoamistodennäköisyys ampumaetäisyyden funktiona, mikä voidaan lisäksi eritellä tarkasti maalin tyyppin mukaan. Samat tuhoamistodennäköisyydet ovat käytössä kaikilla samaa ampumatarviketta ampuvilla aseilla.

Malleja luotaessa ja muokattaessa on käytössä runsas määrä erilaisia parametreja. Simulaatiota tutkimuksessa ajettaessa on pyrkimyksenä löytää ne parametrit, jotka vaikuttavat lopputuloksiin eniten. Tällä tavoin on tulevaisuudessa mahdollista keskittyä niiden parametrien hiomiseen, joiden vaikutus lopputulokseen on merkittävin. Tällaisenaan simulaatiomallien luominen on haastavaa, eikä siihen ohjelmointitaidoton kykene ilman perusteellista koulutusta. Lyhyemmällä tutustumisella on kuitenkin jo mahdollista muuntaa tiettyjä parametreja ja täten yrittää löytää syy-seuraussuhteita.

Skenaariota luotaessa on ensin tehtävä yksiköt, joita skenaariossa tarvitaan. Yksikköä luotaessa siihen liitetään aiemmin tehty järjestelmämalli, esimerkiksi taistelujoukko. Yksikön tarvitsee tietää roolinsa omassa joukossaan, joukon etenemismuoto ja yksikön sijainti. Tämän jälkeen yksikkö tarvitsee tiedon, minne se liikkuu ja millä vauhdilla. Jokaisella simuloinnin aika-askeleella yksikkö tarkistaa sensoriensa välityksellä, onko sillä havaintoja vihollisesta tai tapahtumista. Mikäli se saa havainnon, niin yksikkö toimii siihen liitetyn kognitiomallin mukaisesti. Liiketiljoja ja muodostelmia voi muuttaa skenaarion aikana pakotetusti tai jättää muuttamisen kognitiomallin hoidettavaksi esimerkiksi etenemismaaston vaihtuessa.

Epäsuoran tulen käytön voi jättää täysin skenaariossa toimivien tulenjohtajien kognitiomallien varaan tai sen voi liittää osaksi skenaarion rakennetta, niin kuin tässä tutkimuksessa on tehty. Epäsuoraa tulta varten pitää skenaariossa olla yksiköt, jotka ampuvat, niiden käyttämät ampumatarvikkeet sekä maali, johon tuli ammutaan. Näiden parametreja säätämällä saadaan epäsuoran tulen käyttö vastaamaan oikeaa tapaa ja tilannetta.

Simuloinnin yhteydessä tulokset taltioituvat esimerkiksi Excel-ohjelmalla luettavissa oleviin taulukoihin. Taulukosta, johon tallennetaan aseiden vaikutus, voidaan lukea kaikki kyseiseen tapahtumaan liittyvät tiedot kuten ampuja, kohde, ase, käytetty ampumatarvike ja niin edelleen. FORGE:lla simulaatiota ajettaessa skenario ajetaan yleensä kerran ja katsotaan tulokset. Varsinaiseen tutkimuskäyttöön FORGE:lla ajettava simulointi ei sovellu kovinkaan

hyvin. Tästä syystä tutkimuskäyttöä varten on simulaation ajamiseksi ja tulosten esittämiseksi sekä analysoimiseksi kehitetty vaihtoehtoinen toimintatapa.

Tutkimuskäytössä FLAMES -simulaatioiden ajaminen ja tulosten esittäminen toteutetaan sitä varten erikseen tehdyllä työkalulla. FLAMES:iin on rakennettu Experiment design -sovellus, jolla luodaan tehtävällä tutkimukselle koesuunnitelma. Koesuunnitelmassa voidaan malleihin sisälle rakennettujen todennäköisyyksien lisäksi lisätä skenaarion satunnaisuutta määrittämällä vaihteluväli skenaarioparametreille, esimerkiksi tiettyjen aseiden ammusmäärälle. Simulaatioajojen väillä voi näin ollen olla eroja esimerkiksi siinä, montako kevyttä kertasinkoa jääkäriyhmällä on taistelussa mukana.

Koesuunnitelmassa määritetään simulaation toistokerrat. Simulaatiota ajettaessa tulokset tallentuvat kovalevylle samanlaiseen taulukkoon kuin FORGE-ajoissakin. Tiedostosta tulokset ovat tulkittavissa esimerkiksi Excelillä. Koesuunnitelman tulosten tulkintaan ja esittämiseen käytetään kuitenkin Excelin sijasta tilastotieteelliseen laskentaan tehtyä R-sovellusympäristön ohjelmaa. Tulosten tulkinta ja esitys -sovellus on tehty PVTT:llä. Sovelluksella voidaan esittää tulokset erilaisina graafisina esityksinä esimerkiksi kumuloituvina tappiomäärinä tai tappiojakaumina. R-ympäristössä voidaan tulosten analysointiin ja esittämiseen tehdä skriptejä eli lyhyitä tulkattavia tietokoneohjelmia jotka käsittelevät datan. Skriptien avulla tulokset voidaan esittää halutussa muodossa. Niiden tekeminen vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista sekä R-ohjelmointikielen ja -ympäristön hallintaa.

PVTT:llä on kehitetty useita malleja aiempien tutkimustöiden tarpeita varten. Uusien aseiden ja asejärjestelmien vieminen malliksi vaatii yleensä merkittävän määrän työtä. Tämä siitä huolimatta, että tällä hetkellä samantyyppinen järjestelmä mitä luultavimmin on jo mallinnettu. Tutkimustyön tilaajan onkin tärkeää olla hyvissä ajoin liikkeellä, jotta tutkimuksen tekeminen on mahdollista. Uusien mallien tekemiseksi tarvitaan aina mahdollisimman tarkat tiedot sen sensoreista, ampumatarvikkeista, yleisistä ominaisuuksista sekä kyseisen yksikön käyttäytymisestä erilaisissa tilanteissa. Skenaarion tekeminen mallien rakentamisen jälkeen on kuitenkin se, mikä on lähes täysin riippuvainen työn tilaajasta. Skenaarion varsinainen rakentaminen tehdään PVTT:llä, mutta muuten skenaario tarvitsee mahdollisimman tarkkaan miettiä etukäteen, jotta sitä ei tarvitse työn edetessä koko ajan muuttaa.

4. TAISTELUN TULOSTEN LASKENTA

4.1. Yleistä

Taisteluiden mallintamisessa ja siihen liittyvässä tutkimuksessa ovat halutut tulokset usein laskettavissa vastapuolelle tuotettujen tappioiden muodossa. Muita haluttuja tuloksia voivat olla esimerkiksi ennusteet taistelun lopputuloksesta.

Tässä luvussa esitetään miten tässä tutkimuksessa käytetyt tuhoamistodennäköisyydet eri aseille on laskettu. Työn luonteesta, tietoturvaluokasta ja käytössä olevan lähdemateriaalin niukkuudesta johtuen on tuhoamistodennäköisyyden määrittämisprosessia jouduttu osin soveltamaan luvussa kolme esitetystä mallista.

Tuhoamistodennäköisyyksien laskemisen jälkeen tutkimukseen tehdyn skenaarion perusteella lasketaan tulokset eli tuotetut tappiot. Seuraavassa luvussa tulokset analysoidaan ja menetelmien vertailun yhteydessä tehdään tulosten perusteella johtopäätöksiä menetelmien käytettävyydestä ja soveltuvuudesta panssarintorjunnan simulointiin ja mallintamiseen.

Tässä työssä käytetyt todennäköisyydet ja parametrit eivät ole sellaisia, joita kannattaa ilman kritiikkiä suoraan ottaa käyttöön esimerkiksi oikeita operaatioanalyysjä tehtäessä. Tässä työssä tarkoituksena ei ole kehittää mahdollisimman tarkkoja lähtöarvoja operaatioanalyysille vaan vertailla kahta menetelmää riittävän oikeansuuntaisia lähtöarvoja hyödyntäen.

4.2. Tuhoamistodennäköisyyksien laskeminen

Kuten luvussa kolme esitettiin, voidaan tuhoamistodennäköisyyden laskemiseen käyttää osumatodennäköisyyden, läpäisytodennäköisyyden, vaikutustodennäköisyyden ja aseiden tai ampumatarvikkeen luotettavuuden tuloa. Tässä alaluvussa pohditaan sitä, miten kyseiset todennäköisyydet voidaan johtaa julkisista lähteistä tai muuhun simulaattorikehitykseen tehdystä materiaalista. Tuhoamistodennäköisyyden laskeminen tapauksessa 125 millimetrin nuoliammus vastaan Leopard 2A4 ja APILAS vastaan BMP-2 esitetään tarkemmin. Näillä kahdella esimerkillä saadaan kuvattua tätä tutkimusta tehtäessä käytetty tuhoamistodennäköisyyden laskemisprosessi.

Osumatodennäköisyyksien määrittelyyn on käytetty neljää eri menetelmää. Niiden suora-ammunta aseiden osalta, jotka ovat olleet mukana jo majuri Markku Lainevirran tutkimuksessa, on suoraan hyödynnetty siihen tutkimukseen määritettyjä todennäköisyyksiä. Panssarintorjuntaohjus 2000:n sekä kaikkien panssarivaunuaseiden osumatodennäköisyydet perustuvat koeammunnoissa ja taisteluammunnoissa mukana olleiden asiantuntijoiden haastatteluihin [19], [7] ja [11]. T-90-panssarivaunun todennäköisyydet perustuvat samojen asiantuntijoiden kokemuksiin T-72-vaunusta ja arvioihin näiden kahden vaunun erosta. Koeammuntatuloksissa ei ole eritelty osumatodennäköisyyden eroa mitatun ja arvioidun etäisyyden eikä sivu- ja etuosuman välillä. Keskihajonnan laskemisessa etäisyyden arvioinnin voisi ottaa huomioon samalla approksimaatiolla kuin on tehty lähteen [15] tutkimuksessa. Koska mitään muitakaan keskihajontaan vaikuttavia arvoja ei ole käytössä, tässä tutkimuksessa osumatodennäköisyyksinä eri etäisyyksillä pidetään koeammuntatuloksista saatuja todennäköisyyksiä eikä mitatun ja arvioidun etäisyyden tai sivu- ja etuosuman välille tehdä eroja. Tästä syystä aiemmassakin tutkimuksessa lasketuista tuhoamistodennäköisyyksistä huomioidaan vain mitattuun etäisyyteen perustuvat. Kolmantena menetelmänä on käytetty lähteessä [8] olevaa taulukkoa RPG-7:n osumatodennäköisyyksistä eri etäisyyksille. Neljäntenä menetelmänä on arvioitu RPG-26 osumatarkkuudeltaan ja käytettävyydeltään likimain samanlaiseksi kuin 66KES88, mikä johtuu aseiden selkeästä samankaltaisuudesta, ja siitä syystä niille on annettu samat osumatodennäköisyysarvot.

Läpäisy- ja vaikutustodennäköisyyden määrittämisessä edellä kuvatulla menetelmällä ensimmäinen ratkaistava asia on haavoittuvan pinta-alan määrittelmä. Panssarivaunun haavoittuvan pinta-alan käsitettä voidaan lähestyä ainakin kahdella eri tavalla. Haavoittuvana pinta-alana voidaan pitää pinta-alaa, joka muodostuu pinnoista, joiden takana panssarin suojassa on sellaisia laitteita tai materiaalia, joiden vaurioituminen osumasta johtaa vaunun tuhoutumiseen tai rikkoontumiseen. Tällöin ei ole merkitystä sillä, onko kyseinen kohta panssarissa ylipäänsä juuri kyseisellä aseella läpäistävissä. Toinen näkökulma on se, että haavoittuva pinta-ala koostuu vain pinnoista, jotka kyseinen ase kykenee läpäisemään ja sen jälkeen aiheuttamaan vaunun vaurioitumisen käyttökelvottomaksi. Tässä tapauksessa haavoittuviksi pinnoiksi ei lasketa pintoja, joita ei kyetä läpäisemään, vaikka läpäisyn tullessa vaunu vaurioituisikin käyttökelvottomaksi. Voidaan myös kysyä, onko sellainen pinta osa haavoittuvaa pinta-alaa, jonka läpäisyn jälkeen vaunu menettää liikuntakykynsä, mutta ei tuhoudu ja kykenee jatkamaan tulitoimintaa?

Aikaisemmissa yksinkertaistettua panssarintorjunnan laskentamallia hyödyntäneissä opinnäytetöissä on panssarintorjunta-aseiden läpäisytodennäköisyys määritetty hyvin yleiselle tasolle. Maalina on ollut vain yleinen taistelupanssarivaunu tai rynnäköpanssarivaunu, edestä tai sivulta. Tässä tutkimuksessa sovelletaan läpäisytodennäköisyyksiä, joissa pyritään huomioimaan taistelupanssarivaunujen etupään ja sivun panssaroinnin eroista tulevia vaihteluita. Muussa tapauksessa sovellettaessa taulukoiden 6 ja 7 mukaisia läpäisytodennäköisyyksiä T-90:n etupanssarin vahvuuksiin (>800 mm) [2] ei etusektorista saataisi läpäisyä ollenkaan. Panssaroinnin suoja-arvon vaihtelun huomioiminen toteutetaan lähteitä [6] ja [13] hyödyntäen. Taulukoiden 6 ja 7 takana oleva laskentamalli perustuu erilaiselle lähestymistavalle kuin lähteen [13] taulukko. Lähdettä [13] soveltamalla on kuitenkin mahdollista luoda riittävän tarkka ja toimiva läpäisymalli tämän tutkimuksen käyttöön.

Haavoittuva pinta-ala tässä tutkimuksessa lasketaan maalipinnoista, jotka sijaitsevat vaunun haavoittuvien osien suojana, eli tämä alue on sama jokaiselle aseelle. Kunkin pinnan läpäisy määritetään lähteen [13] taulukosta siten, että läpäistävissä ovat pinnat, joihin osuttaessa tuhoamistodennäköisyys on suurempi kuin 0, tai vaurioitumisen todennäköisyys on suurempi kuin 0,5. Vaurioiksi tässä lasketaan liikuntakyvyttömäksi (mobility kill) vaurioituminen ja aseiden vaurioituminen. Tämän jälkeen läpäisytodennäköisyyden kaavalla lasketaan maalina olevan vaunun etu- tai sivusektorin kyseisellä aseella läpäistävissä olevan haavoittuvan pinta-alan suhde haavoittuvaan pinta-alaan ja tämä on läpäisytodennäköisyys. Rynnäköpanssarivaunujen osalta KASI -taulukon perusteella laskettuja arvoja sovelletaan vain toista rynnäköpanssarivaunua vastaan, koska kaikki varsinaiset panssarintorjunta-aseet, taistelupanssarivaunujen pääaseet mukaan luettuina, läpäisevät rynnäköpanssarivaunun joka suunnasta. Muiden aseiden kuin vastustajan rynnäköpanssarivaunun pääaseen todennäköisyys läpäistä rynnäköpanssarivaunua luetaan taulukoista 6 ja 7.

Laskettaessa läpäisy- ja vaikutustodennäköisyyksiä taistelupanssarivaunuille on kuvaajan yksi käyttö monissa tapauksissa haastavaa. Taistelupanssarivaunun panssaroinnin paksuus vaihtelee vaunun etuosassa merkittävästi. Etusektorissa on paljon alueita, joita ei pysty läpäisemään käytännössä ollenkaan, ja sitten taas toisaalta paikkoja, joista panssaroinnin läpäisee muullakin kuin taistelupanssarivaunun pääaseen nuoliammuksella. Tällöin jäännösläpäisyä määritettäessä on tällä mallilla mahdoton saada todellista edes likimain vastaavaa tulosta. Sivusektorissa vaikutustodennäköisyyden määrittämiseen voitaisiin käyttää kuvaajaa yksi, koska rungon ja tornin panssaroinnin suoja-arvot ovat paremmin arvioitavissa,

panssarin paksuuden vaihtelu sivulla on vähäisempää ja läpäisyyn on useimmilla panssarintorjunta-aseilla ja -ammuksilla hyvät mahdollisuudet.

Vaikutustodennäköisyyden määrittämiseksi taistelupanssarivaunuja vastaan hyödynnetään KASI-simulaattoria varten laadittuja maalikuvioita ja vaikutustodennäköisyysarvioita [13] [6]. Taulukosta on luettavissa, mikä tuhoamistodennäköisyys kullakin ampumatarvikkeella haavoittuvalle alueelle osuessaan osuman jälkeen kyseisessä kohdassa on. Taulukossa on määritetty todennäköisyydet myös muille vaunulle tuleville vaurioille, kuten esimerkiksi viestivälinevaurioille, vaunun liikuntakyvyttömäksi saattavalle vauriolle ja aseelle tulevalle vauriolle. Kaikkien tässä tutkimuksessa käsiteltävien aseiden läpäisy- ja vaikuttamistodennäköisyydet eivät ole suoraan laskettavissa KASI-tilaukosta, koska kyseisiä aseita ei ole taulukkoon määritetty. Tästä syystä RPG-7-kaksoisontelolaukaukselle, jonka läpäisy julkisten lähteiden mukaan on 600–700 millimetriä panssariterästä (Rolled Homogeneous Armor, RHA), on määritetty samat arvot kuin APILAS-singolle, jonka läpäisyksi on ilmoitettu 650–700 millimetriä. RPG-26:n läpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet on määritetty 120 ALIK:n mukaan. RPG-26:n läpäisy on 440 millimetriä RHA ja 120 ALIK:n läpäisy ammuttaessa etäisyydellä 2 500–3 000 metriä on ilmoitettu olevan 450 millimetriä.

Vaikutustodennäköisyydessä voisi ottaa huomioon pelkästään esimerkiksi KASI-tilaukon tuhoutumistodennäköisyysarvon. Tässä työssä aseiden tai ampumatarvikkeen katsotaan vaikuttavan vaunuun sen käytön estävästi silloin kun vaunu joko tuhoutuu, menee liikuntakyvyttömäksi tai ei enää voi käyttää pääasettaan. Näistä kaikista tapahtumista seuraa, että vaunu ei enää kykene jatkamaan taistelua. Vaikutustodennäköisyyksiä laskettaessa otetaan huomioon vaunun haavoittuvalla alueella olevat maali-alkiot, jotka ovat edellä esitetyn mukaisesti läpäistävissä. Näiden läpäisyn jälkeisistä todennäköisyyksistä, joko tuhoutua, vaurioitua liikuntakyvyttömäksi tai aseelle tulla vaurio, otetaan huomioon korkein arvo. Poikkeuksena on se, että jos pelkän vaurion todennäköisyys on 0,5 tai alle niin käytetään tuhoutumistodennäköisyyttä. Näistä alueista lasketaan etusektorille pinta-aloittain painotettu todennäköisyyksien keskiarvo. Lähteenä olevat taulukot ovat kauppasopimuksen nojalla luottamuksellisia (company confidential), eikä niiden tarkempi käsittely tässä tutkimuksessa ole siksi mahdollista [6].

Asejärjestelmien luotettavuus on määritettävissä koeammunnoissa. Tähän tutkimukseen ei ole kuitenkaan käytössä kattavia koeammuntaraportteja. Luotettavuusarvoiksi on valittu Tulen vaikutus ja teho -monisteen [17] taulukon 13 arvot. Poikkeuksena on, että kaikki

panssarivaunujen pääaseet saavat saman arvon kuin taulukossa oleva panssarintorjuntatykki ja PSTOHJ 2000:n luotettavuusarvo perustuu majuri Matti Honkelan haastattelutietoon [7].

T-90-taistelupanssarivaunun pääaseen nuoliammuksen tuhoamistodennäköisyys maalin ollessa Leopard 2A4 on määritetty seuraavalla tavalla: Osumatodennäköisyys LEO 2A4:n etusektoriin eri etäisyyksille perustuu asiantuntijahaastatteluun, ja on esimerkiksi 1 000 metrin etäisyydelle arvioitu olevan 0,99. Varsin korkea todennäköisyys johtuu siitä, että nykyaikaisen taistelupanssarivaunun ammunnanhallintajärjestelmä, ammuttaessa mitatulla etäisyydellä paikallaan olevaa maalia, on erittäin tarkka. Lämpäisytodennäköisyys 1 000 metrille on määritetty KASI-maalikuvion perusteella siten, että 125 millimetrin nuoliammuksen läpäisyenergia riittää läpäisemään 79 % prosenttia LEO 2A4:n etusektorin haavoittuvasta pinta-alasta ja siten läpäisytodennäköisyys on 0,79. Näiden läpäistävissä olevien pintojen pinta-aloittain painotettu keskimääräinen todennäköisyys LEO 2A4:lle vaurioitua toimintakyvyttömäksi tai tuhoutua on taulukosta laskettuna 0,26. Luotettavuus luetaan Tulen vaikutus ja teho -monisteen taulukosta 13, ja se on taistelupanssarivaunun pääaseelle 0,95. Määritetyt arvot kerrotaan keskenään, jolloin saadaan etusektorista tuhoamistodennäköisyydeksi 0,19. Samalla tavalla määritetään arvot sivusektorista ammuttaessa. Etu- ja sivusektorin tuhoamistodennäköisyyksistä lasketaan keskiarvo ja näin saadaan T-90-taistelupanssarivaunulle tuhoamistodennäköisyydeksi 1 000 metrin etäisyydeltä LEO 2A4 -vaunua ammuttaessa 0,41.

Tuhoamistodennäköisyyden määrittäminen APILAS-singolle ammuttaessa BMP-2-rynnäköpanssarivaunua on tehty hieman eri tavalla. APILAS-singon ontelokranaatin läpäisy- ja vaikutustodennäköisyys on sama ampumaetäisyydestä riippumatta, koska ammuksen lennon aikaisella liike-energialla ei ole käytännön vaikutusta projektiilin läpäisyenergiaan. Tästä syystä tuhoamistodennäköisyys muuttuu käytännössä vain osumatodennäköisyyden mukaan, mikä tässä tapauksessa laskee matkan pidetessä. Ammuttaessa 200 metrin etäisyydeltä BMP-2-vaunua, on osumatodennäköisyys majuri Markku Lainevirran tutkimuksen mukaan mitattuun etäisyyteen perustuen etu- ja sivusektorin keskiarvona 0,71. Läpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet ovat etäisyydestä riippumatta samat. Etusektoriin osuvan ontelokranaatin todennäköisyydet läpäistä ja vaikuttaa BMP-2 vaunuun luetaan majuri Lainevirran tutkimuksen pohjalta tehdystä Tulen vaikutus ja teho monisteen liitteen 4 taulukosta. Taulukosta saadaan läpäisytodennäköisyydeksi 1,0 ja vaikutustodennäköisyydeksi 0,86. Samasta taulukosta luetaan myös luotettavuus, joka on 0,95. Näiden tulona saadaan tuhoamistodennäköisyydeksi etusektorista 200 metrin ampumaetäisyydellä 0,58. Samalla

tavalla lasketaan sivuosumalle tuhoamistodennäköisyys, joka BMP-2:n tapauksessa on sama. Tuhoamistodennäköisyyksien keskiarvo edestä ja sivulta on 0,58. Se on lopullinen tässä tutkimuksessa käytettävä APILAS-singon tuhoamistodennäköisyys 200 metrin ampumaetäisyydeltä BMP-2-vaunua ammuttaessa.

Alla olevissa taulukoissa 8–18 on esitetty tässä tutkimuksessa käytettävät tuhoamistodennäköisyyksien laskentaan vaikuttavat parametrit P_1 , P_2 , P_3 ja P_4 ja itse tuhoamistodennäköisyydet P . Arvot on laskettu edellä esitetyn mukaisesti ja niiltä osin, kuin se on ollut mahdollista, kerätty aikaisemmista tutkimuksista.

ASE / AMPUJA	OSUMATODENNÄKÖISYYS P_1							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
LEO 2A4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,70
CV9030	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,90	0,40	0,10
APILAS	0,95	0,66	0,32	-	-	-	-	-
KES	0,87	0,63	0,34	-	-	-	-	-
PSTOHJ 2000	0,00	0,60	0,80	0,90	0,94	0,95	0,95	0,95
T-90	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,90	0,60
BMP-2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,83	0,31	0,06
AT-5 / BMP-2	0,90	0,70	0,70	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
RPG-7	0,91	0,52	0,27	-	-	-	-	-
RPG-26	0,87	0,63	-	-	-	-	-	-

Taulukko 8: Osumatodennäköisyydet eri etäisyyksillä ammuttaessa taistelupanssarivaunua

ASE / AMPUJA	OSUMATODENNÄKÖISYYS P_1							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
LEO 2A4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,70
CV9030	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,90	0,40	0,10
APILAS	0,98	0,71	0,34	-	-	-	-	-
KES	0,92	0,66	0,36	-	-	-	-	-
PSTOHJ 2000	0,00	0,60	0,80	0,90	0,94	0,95	0,95	0,95
T-90	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,90	0,60
BMP-2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,83	0,31	0,06
AT-5 / BMP-2	0,90	0,70	0,70	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
RPG-7	0,91	0,52	0,27	-	-	-	-	-
RPG-26	0,92	0,66	-	-	-	-	-	-

Taulukko 9: Osumatodennäköisyydet eri etäisyyksillä ammuttaessa rynnäköpanssarivaunua

LÄPÄISY- JA VAIKUTUSTODENNÄKÖISYYDET (P_2 JA P_3)						
AMMUTTAESSA T-90-TAISTELUPANSSARIVAUNUA						
ASE / AMPUJA	AMET (m)	LÄPÄISY (mm)	T-90			
			Edestä		Sivulta	
			P_2	P_3	P_2	P_3
LEO 2A4	0 - 750	550	0,56	0,63	0,81	0,81
LEO 2A4	750 - 1500	530	0,56	0,62	0,81	0,81
LEO 2A4	1500 - 2500	500	0,56	0,61	0,81	0,79
LEO 2A4	2500 - 3000	450	0,41	0,81	0,79	0,78
CV9030	0 - 500	115	0,00	0,00	0,11	0,30
CV9030	500 - 1500	100	0,00	0,00	0,11	0,05
CV9030	1500 - 3000	85	0,00	0,00	0,00	0,00
APILAS	0 - 300	650 - 700	0,56	0,64	0,81	0,82
KES	0 - 300	300	0,31	0,32	0,55	0,53
PSTOHJ 2000	0 - 3000	700	1,00	0,86	1,00	0,85

Taulukko 10: Läpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet ammuttaessa T-90-vaunua

Panssarinläpäisykyky PSTOHJ 2000:lla on 700 millimetriä panssariterästä. PSTOHJ 2000:n hyökkäysprofiili on ylhäältä päin (top attack), jolloin ne osuvat panssarivaunun heikoimmin suojattuun osaan. Tästä syystä P_2 on katsottu olevan 1. PSTOHJ 2000:n P_3 on luettu kuvasta 1 ja oletuksena on, että T-90:n kattopanssarin vahvuus on K5-reaktiivipanssari huomioituna noin 200 millimetriä [1]. Arvio on kuitenkin todennäköisesti yläkanttiin oikeasta.

LÄPÄISY- JA VAIKUTUSTODENNÄKÖISYYDET (P_2 JA P_3)						
AMMUTTAESSA LEO 2A4 -TAISTELUPANSSARIVAUNUA						
ASE / AMPUJA	AMET (m)	LÄPÄISY (mm)	LEO 2A4			
			Edestä		Sivulta	
			P_2	P_3	P_2	P_3
T-90	0 – 750	600	1,00	0,40	1,00	0,67
T-90	750 – 1500	570	0,79	0,26	1,00	0,67
T-90	1500 – 2500	530	0,79	0,24	1,00	0,66
T-90	2500 – 3000	480	0,79	0,21	1,00	0,63
BMP-2	0 – 1000	50	0,00	0,00	0,00	0,00
BMP-2	1000 – 3000	40	0,00	0,00	0,00	0,00
AT-5 / BMP-2	0 – 3000	650 - 925	1,00	0,66	1,00	0,70
RPG-7	0 - 300	600 – 700	1,00	0,74	1,00	0,70
RPG-26	0 - 200	440	0,79	0,12	1,00	0,63

Taulukko 11: Läpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet ammuttaessa LEO 2A4 -vaunua

AT-5-panssarintorjuntaohjuksen P_2 ja P_3 arvot ovat korkeat verrattuna majuri Lainevirran omassa tutkimuksessaan käyttämiin kevyen panssarintorjuntaohjuksen (PSTOHJ 82) arvoihin. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että AT-5-ohjusta on Lainevirran tutkimuksen jälkeen kehitetty ja parhaalla AT-5-ohjusversiolla väitetään olevan jopa yli 900 millimetrin läpäisy [4].

LÄPÄISY- JA VAIKUTUSTODENNÄKÖISYYDET (P_2 JA P_3)						
AMMUTTAESSA BMP-2-RYNNÄKKÖPANSsarIVAUNUA						
ASE / AMPUJA	AMET (m)	LÄPÄISY (mm)	BMP-2			
			Edestä		Sivulta	
			P_2	P_3	P_2	P_3
LEO 2A4	0 - 750	550	1,00	0,85	1,00	0,85
LEO 2A4	750 – 1500	530	1,00	0,84	1,00	0,85
LEO 2A4	1500 – 2500	500	1,00	0,83	1,00	0,84
LEO 2A4	2500 - 3000	450	1,00	0,81	1,00	0,82
CV9030	0 – 500	115	0,92	0,71	0,97	0,65
CV9030	500 – 1500	100	0,92	0,71	0,97	0,65
CV9030	1500 - 3000	85	0,92	0,71	0,97	0,65
APILAS	0 – 300	650 – 700	1,00	0,86	1,00	0,86
KES	0 – 300	300	0,95	0,71	0,90	0,75
PSTOHJ 2000	0 - 3000	700	1,00	0,87	1,00	0,87

Taulukko 12: Läpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet ammuttaessa BMP-2-vaunua

LÄPÄISY- JA VAIKUTUSTODENNÄKÖISYYDET (P_2 JA P_3)						
AMMUTTAESSA CV9030-RYNNÄKKÖPANSsarIVAUNUA						
ASE / AMPUJA	AMET (m)	LÄPÄISY (mm)	CV9030			
			Edestä		Sivulta	
			P_2	P_3	P_2	P_3
T-90	0 – 750	600	1,00	0,86	1,00	0,86
T-90	750 – 1500	570	1,00	0,85	1,00	0,86
T-90	1500 – 2500	530	1,00	0,84	1,00	0,85
T-90	2500 – 3000	480	1,00	0,82	1,00	0,83
BMP-2	0 – 1000	50	0,22	0,15	0,67	0,15
BMP-2	1000 – 3000	40	0,22	0,01	0,67	0,12
AT-5 / BMP-2	0 – 3000	650 - 925	1,00	0,86	1,00	0,87
RPG-7	0 - 300	600 – 700	1,00	0,86	1,00	0,87
RPG-26	0 - 200	440	0,95	0,80	0,95	0,82

Taulukko 13: Lämpäisy- ja vaikutustodennäköisyydet ammuttaessa CV9030-vaunua

KASI-taulukosta lasketuissa lämpäisy- ja vaikutustodennäköisyyksissä on rynnäköpanssari-vaunujen pääaseen ammusten todennäköisyyksissä otettu huomioon niiden kyky ampua sarjatulta käyttämällä taulukon sarjatullelle määritettyjä arvoja. Yksittäisten laukausten todennäköisyydet ovat pienemmät kuin CV9030:n ja BMP-2:n pääaseiden P_2 ja P_3 ovat taulukoissa 12 ja 13.

Asejärjestelmien luotettavuudet ovat Tulen vaikutus ja teho -monisteen liitteen 4 taulukon ja haastatteluissa saatujen arvojen mukaiset. Arvot on esitetty taulukossa 14.

ASEJÄRJESTELMÄN LUOTETTAVUUS P_4	
ASE	P_4
LEO 2A4	0,95
CV9030	0,95
APILAS	0,95
KES	0,95
PSTOHJ 2000	0,96
T-90	0,95
BMP-2 PÄÄASE	0,95
AT-5 / BMP-2	0,92
RPG-7	0,95
RPG-26	0,95

Taulukko 14: Asejärjestelmien luotettavuudet

Edellä olevien taulukoiden 8–14 perusteella on mahdollista laskea kullekin aseelle tuhoamistodennäköisyydet eri maaleille ja etäisyyksille. Näitä arvoja käytetään suoraan FLAMES-pohjaisessa simulaatiossa. Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia varten tuhoamistodennäköisyydet pitää vielä laskea torjunta-alueittain.

ASE	TUHOAMISTODENNÄKÖISYYS P							
	MAALINA T-90							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
LEO 2A4	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,44	0,32
CV9030	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
APILAS	0,46	0,32	0,15	-	-	-	-	-
KES	0,16	0,12	0,06	-	-	-	-	-
PSTOHJ 2000	0,00	0,49	0,66	0,74	0,77	0,78	0,78	0,78

Taulukko 15: Tuhoamistodennäköisyys maalina T-90

ASE	TUHOAMISTODENNÄKÖISYYS P							
	MAALINA LEO 2A4							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
T-90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,41	0,41	0,37	0,23
BMP-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RPG-7	0,62	0,36	0,18	-	-	-	-	-
RPG-26	0,30	0,22	0,00	-	-	-	-	-
AT-5 / BMP-2	0,58	0,45	0,45	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62

Taulukko 16: Tuhoamistodennäköisyys maalina LEO 2A4

ASE	TUHOAMISTODENNÄKÖISYYS P							
	MAALINA BMP-2							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
LEO 2A4	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,75	0,54
CV9030	0,60	0,60	0,60	0,60	0,58	0,55	0,24	0,06
APILAS	0,80	0,58	0,27	-	-	-	-	-
KES	0,59	0,42	0,23	-	-	-	-	-
PSTOHJ 2000	0,00	0,50	0,67	0,75	0,79	0,79	0,79	0,79

Taulukko 17: Tuhoamistodennäköisyys maalina BMP-2

ASE	TUHOAMISTODENNÄKÖISYYS P							
	MAALINA CV9030							
	100 m	200 m	300 m	600 m	800 m	1000 m	2000 m	3000 m
T-90	0,81	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,72	0,47
BMP-2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	0,00
RPG-7	0,75	0,43	0,22	-	-	-	-	-
RPG-26	0,67	0,48	0,00	-	-	-	-	-
AT-5 / BMP-2	0,72	0,56	0,56	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76

Taulukko 18: Tuhoamistodennäköisyys maalina CV9030

4.3. Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tulokset

Ennen kuin tutkimukseen luotua taktista tilannetta voidaan ryhtyä laskemaan auki panssarintorjunnan yksinkertaistetulla laskentamallilla, pitää edellisessä alaluvussa laskettuja tuhoamistodennäköisyyksiä hyödyntäen vielä laskea kullekin aseelle keskimääräinen panssarivaunujen tuhoamiskyky. Luvussa 3.7.2. on esitetty, miten keskimääräinen panssarivaunujen tuhoamiskyky lasketaan. Kaikille aseille tuhoamiskyky on laskettavissa suoraan tuhoamistodennäköisyyksien perusteella. Kestokäyttöaseille ja panssarivaunuille lasketaan ammuksen tuhoamiskyvyn lisäksi ampumalaitteen elinkaaren aikainen tuhoamiskyky ja ammuttujen laukausten lukumäärän keskiarvo liitteen 1 kaksintaistelumallin avulla.

Kestokäyttöaseiden tapauksessa valitaan tilannekohtaisesti joko ampumalaitteen elinkaaren aikainen tuhoamiskyky tai ammuksen tuhoamiskyky sen mukaan, paljonko ammuksia on ja miten niiden tuhoamiskyky suhtautuu ampumalaitteen tuhoamiskykyyn. Seuraavissa taulukoissa esitetään tässä tutkimuksessa käytettävien aseiden, ampumalaitteiden ja ammusten keskimääräiset tuhoamiskyvyt.

MAALINA T-90			
TUHOAMISKYKY PUOLUSTUKSESSA			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
LEO 2A4	0,47	0,47	0,42
CV9030	0,02	0,00	0,00
APILAS	0,31	-	-
KES	0,11	-	-
PSTOHJ 2000	0,41	0,77	0,78

Taulukko 19: Tuhoamiskyky puolustuksessa maalina T-90

MAALINA T-90			
TUHOAMISKYKY HYÖKKÄYKSESSÄ			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
LEO 2A4	0,47	0,47	0,38
CV9030	0,02	0,00	0,00
APILAS	0,24	-	-
KES	0,09		
PSTOHJ 2000	0,57	0,78	0,78

Taulukko 20: Tuhoamiskyky hyökkäyksessä maalina T-90

MAALINA LEO 2A4			
TUHOAMISKYKY PUOLUSTUKSESSA			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
T-90	0,50	0,43	0,34
BMP-2	0,00	0,00	0,00
RPG-7	0,38	-	-
RPG-26	0,18	-	-
AT-5	0,49	0,62	0,62

Taulukko 21: Tuhoamiskyky puolustuksessa maalina LEO 2A4

MAALINA LEO 2A4			
TUHOAMISKYKY HYÖKKÄYKSESSÄ			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
T-90	0,50	0,41	0,30
BMP-2	0,00	0,00	0,00
RPG-7	0,27	-	-
RPG-26	0,11	-	-
AT-5	0,45	0,62	0,62

Taulukko 22: Tuhoamiskyky hyökkäyksessä maalina LEO 2A4

MAALINA BMP-2			
TUHOAMISKYKY PUOLUSTUKSESSA			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
LEO 2A4	0,80	0,80	0,71
CV9030	0,60	0,58	0,27
APILAS	0,56	-	-
KES	0,42	-	-
PSTOHJ 2000	0,42	0,78	0,79

Taulukko 23: Tuhoamiskyky puolustuksessa maalina BMP-2

MAALINA BMP-2			
TUHOAMISKYKY HYÖKKÄYKSESSÄ			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
LEO 2A4	0,80	0,80	0,65
CV9030	0,60	0,56	0,15
APILAS	0,43	-	-
KES	0,33	-	-
PSTOHJ 2000	0,58	0,79	0,79

Taulukko 24: Tuhoamiskyky hyökkäyksessä maalina BMP-2

MAALINA CV9030			
TUHOAMISKYKY PUOLUSTUKSESSA			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
T-90	0,81	0,81	0,68
BMP-2	0,06	0,06	0,02
RPG-7	0,46	-	-
RPG-26	0,41	-	-
AT-5	0,60	0,76	0,76

Taulukko 25: Tuhoamiskyky puolustuksessa maalina CV9030

MAALINA CV9030			
TUHOAMISKYKY HYÖKKÄYKSESSÄ			
ASE / AMPUJA	<i>lähi</i>	<i>keski</i>	<i>kauko</i>
T-90	0,81	0,80	0,60
BMP-2	0,06	0,05	0,01
RPG-7	0,32	-	-
RPG-26	0,24	-	-
AT-5	0,56	0,76	0,76

Taulukko 26: Tuhoamiskyky hyökkäyksessä maalina CV9030

Kaksintaistelumallissa taistelun aloittaa yleensä puolustava osapuoli. Hyökkääjälle määritetään todennäköisyys, jolla se huomaa tulenavauksen. Majuri Lainevirran tutkimuksessa tulenavauksen havaitsemistodennäköisyys hyökkääjällä on panssarintorjunta-aseille 0,6 ja panssarintorjuntatykeille 0,4. Tässä työssä käytetään PSTOHJ 2000:n havaitsemistodennäköisyytenä 0,4 ja panssarivaunujen havaitsemistodennäköisyytenä 0,6.

RPG-7 käsitellään tässä yhteydessä tavallisena sinkona eikä käytetä kaksintaistelumallilla laskettua elinkaaren aikana ammuttujen laukausten lukumäärää eikä ampumalaitteen tuhoamiskykyä missään tilanteessa. RPG-7:n ampujalla on käytössään vain neljä laukausta, ja se on vähemmän kuin mihin kaksintaistelumallilla päädytään, kun lasketaan ampumalaitteen elinkaaren aikana ammuttujen laukausten lukumäärä. Kaksintaistelumallilla laskettu hyökkäystilanteessa elinkaaren aikana ammuttujen laukausten lukumäärä on 4,54 kappaletta.

Kaksintaistelumallia käytettäessä tarvitsee myös tulenavauksen kohteeksi joutuneelle määrittää todennäköisyys, jolla se onnistuu havainnon tehtyään tuhoamaan yhden vastustajistaan. Koska tässä työssä ei ole laskettu panssarivaunuille tuhoamistodennäköisyyksiä panssarintorjunta-aseita ammuttaessa, niin kaksintaistelumallissa panssarintorjuntaohjus 2000:lle käytetään majuri Lainevirran tutkimuksessa käytettyjä todennäköisyyksiä. Lähitorjunta-alueella käytetään todennäköisyyttä 1,00, keskitorjunta-alueella todennäköisyys on 0,95 ja kaukotorjunta-alueella 0,5. Panssarivaunujen välisissä kaksintaisteluissa käytetään tuhoamistodennäköisyyksinä niille alueittain määritettyä keskimääräistä tuhoamiskykyä.

PSTOHJ 2000	AMPUMALAITTE		OHJUKSIA/ AMPUMALAITTE	
	BMP-2	T-90	BMP-2	T-90
KAUKOTORJUNTA				
- puolustus	18,99	17,73	23,99	22,73
- hyökkäys	18,99	17,73	23,99	22,73
KESKITORJUNTA				
- puolustus	13,34	12,78	17,16	16,60
- hyökkäys	14,23	13,58	18,07	17,41
LÄHITORJUNTA				
- puolustus	2,42	2,34	5,82	5,71
- hyökkäys	5,95	5,51	10,20	9,67

Taulukko 27: Kaksintaistelumallin tulokset panssarintorjuntaohjus 2000 -järjestelmälle

Laskettaessa Leopard 2A4:n kaksintaistelua BMP-2:a vastaan, tilanteessa jossa LEO 2A4 toimii ensin, tulee BMP-2:lle antaa nolasta poikkeava todennäköisyys Leopardin tuhoamiselle. Muussa tapauksessa kaksintaistelumallista ei saada tulosta. Tapa, jolla tässä tutkimuksessa tuhoamistodennäköisyys on laskettu, on sikäli kyseenalainen, että BMP-2:n konetykillä todellisessa taistelussa on pieni mahdollisuus rikkoa esimerkiksi Leopardin tykin putki. Tällöin tuhoamistodennäköisyys, niin kuin se tässä työssä ymmärretään, olisi suurempi kuin nolla. Sama epäkohta on myös CV9030:n taistelussa T-90:tä vastaan keski- ja kaukotorjunta-alueella. CV9030:n tapauksessa keski- ja kaukotorjunta-alueen tuhoamiskykynä käytetään kaksintaistelumallissa 0,001. BMP-2 on varustettu myös AT-5-panssarintorjuntaohjuksella ja kaksintaistelumallissa käytetäänkin BMP-2:n pääaseen sijasta

AT-5:n tuhoamiskykyä. Havaitsemistodennäköisyys panssarintorjuntaohjuksen ampuvalle BMP-2:lle on sama 0,6 niin kuin muutenkin panssarivaunuilla.

LEO 2A4	VAUNU		LAUKAUKSIA / VAUNU	
KAUKOTORJUNTA	BMP-2 (AT-5)	T-90	BMP-2 (AT-5)	T-90
- puolustus	6,58	4,02	9,27	9,58
- hyökkäys	4,99	3,00	7,68	7,91
KESKITORJUNTA				
- puolustus	15,77	4,77	19,71	10,15
- hyökkäys	15,77	4,55	19,71	9,67
LÄHITORJUNTA				
- puolustus	44,44	4,27	55,56	9,08
- hyökkäys	26,85	2,84	33,56	6,05

Taulukko 28: Kaksintaistelumallin tulokset LEO 2A4 -vaunulle

CV9030	VAUNU		LAUKAUKSIA / VAUNU	
KAUKOTORJUNTA	BMP-2	T-90	BMP-2	T-90
- puolustus	61,64	0,00	228,31	2,78
- hyökkäys	14,71	0,00	98,04	2,45
KESKITORJUNTA				
- puolustus	62,76	0,00	108,20	2,50
- hyökkäys	47,92	0,00	85,58	2,47
LÄHITORJUNTA				
- puolustus	72,92	0,04	121,53	2,12
- hyökkäys	8,25	0,04	13,76	1,90

Taulukko 29: Kaksintaistelumallin tulokset CV9030-vaunulle

T-90	VAUNU		LAUKAUKSIA / VAUNU	
	CV9030	LEO2A4	CV9030	LEO2A4
KAUKOTORJUNTA				
- puolustus	3541,67	2,26	5208,33	6,65
- hyökkäys	2500,00	1,70	4166,67	5,67
KESKITORJUNTA				
- puolustus	10460,86	3,50	12914,64	4,32
- hyökkäys	9777,78	3,21	12222,22	7,83
LÄHITORJUNTA				
- puolustus	1112,53	5,32	1373,50	10,64
- hyökkäys	43,63	3,40	53,86	6,80

Taulukko 30: Kaksintaistelumallin tulokset T-90-vaunulle

Kaksintaistelumallilla laskettaessa BMP-2:n taistelu LEO 2A4:ta vastaan käytetään BMP-2:n tuhoamiskykyä AT-5:n tuhoamiskykyä. AT-5:n tuloksia LEO 2A4:ta vastaan ei esitetä erikseen. BMP-2:n ja CV9030:n välisissä taisteluissa ei tässä skenaariossa käytetä panssarintorjuntaohjuksia, koska ne on tarkoitettu käytettäväksi taistelupanssarivaunuja vastaan.

BMP-2	VAUNU		LAUKAUKSIA / VAUNU	
	CV9030	LEO2A4	CV9030	LEO2A4
KAUKOTORJUNTA				
- puolustus	0,23	4,18	11,34	6,75
- hyökkäys	0,06	3,83	6,24	6,18
KESKITORJUNTA				
- puolustus	0,23	4,69	3,84	7,56
- hyökkäys	0,18	4,69	3,66	7,56
LÄHITORJUNTA				
- puolustus	0,18	2,96	3,05	6,05
- hyökkäys	0,14	2,13	2,29	4,74

Taulukko 31: Kaksintaistelumallin tulokset BMP-2-vaunulle

4.3.1. Taistelun vaiheet

Taistelun eri vaiheita panssarintorjunnan yleisellä laskentamallilla laskettaessa on vaiheen laskeminen aloitettava taisteluparien määrittämisellä. Taisteluparien määrittäminen ja niissä taisteluun osallistuvien asejärjestelmien määrät sekä käytetyt torjunta-alueet ovat keskeisessä asemassa lopputuloksen kannalta.

Taisteluun osallistuvat asejärjestelmät on pyrittävä määrittämään maaston ja ryhmyksen perusteella. Tässä tapauksessa taistelupareja määritettäessä hyödynnetään FLAMES-skenaarioon laadittuja ryhmyksiä. Nämä ovat kuitenkin vain tulkintoja ja todennäköisesti eroavat siitä, mitä itse FLAMES-skenaariossa tapahtuu.

Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin perusteisiin kuuluu, että laskenta tehdään panssarintorjunta-aseen näkökulmasta. Kahden eri vaunun taistellessa keskenään on vaikea sanoa, kumman kannalta laskenta tulisi suorittaa. Tällä valinnalla voi olla ratkaiseva vaikutus lopputulokseen. Useinkaan valintaan ei edes ole pätevää perustelua, se on vain tehtävä.

Aikaisemmista panssarintorjunnan yleistä laskentamallia hyödyntäneistä tutkimuksista tämä tutkimus eroaa muun muassa siinä, että tilanteessa pyritään laskemaan taisteluiden etenemistä dynaamisesti kummankin osapuolen osallistuessa taisteluun useammalla kuin yhdellä asejärjestelmällä. Tästä seuraa se, että jokainen vaihekin on itse asiassa jaettava useampaan alivaiheeseen, joissa tarkastellaan vain osaa taisteluun osallistuvista asejärjestelmistä. Tämän seurauksena vaiheen sisällä tulee tappioita, joita pitää ottaa huomioon jo vaiheen kuluessa.

Yleissääntönä taisteluparien ja näkökulman määrittämisessä tässä tutkimuksessa käytetään sitä, että puolustaja reagoi vaunutaistelussa ensin sekä panssarintorjunta-aseiden ja vaunujen välisissä taisteluissa laskenta tehdään aina panssarintorjunta-aseen näkökulmasta. Epäsuoran tulen tappiot lisätään vaiheen sisällä kokonaistappioihin kohdassa, missä se kronologisesti tapahtuu.

Kaikissa taistelun vaiheissa taisteluparit muodostetaan aseiden kantamaan ja taistelumaastoon perustuvassa järjestyksessä siten, että taistelu alkaa pisimmältä maaston mahdollistamalta etäisyydeltä. Ensin kaukotorjunta-alueen taistelu järjestyksessä panssarintorjuntaohjukset (PSTOHJ 2000 ja AT-5) ja panssarivaunut, seuraavaksi keskitorjunta-alueen taistelu

järjestyksessä panssarintorjuntaohjukset ja panssarivaunut sekä viimeiseksi lähitorjunta-alueen taistelu järjestyksessä raskaat sinkoaseet (APILAS ja RPG-7), kevyet sinkoaseet (KES ja RPG-26), panssarivaunut sekä panssarintorjuntaohjukset. Järjestyksessä ensimmäinen ase taistelee niin pitkään, kunnes taisteluvaiheeseen k_2 , k_4 ja k_5 -parametrien perusteella osallistuvien aseiden tai vihollisen lukumäärä laskee nolnaan. Kun ase on kulutettu loppuun, niin järjestyksessä seuraava ase jatkaa. Kauko- ja keskitorjunta-alueella tuhoamatta jääneet vaunut siirtyvät tuhottavaksi seuraavalle lähemmälle torjunta-alueelle.

Tulokset on laskettu vaiheiden sisällä pääosin välituloksia pyöristämättä. Tällöin saattaa tulla tilanteita, että aseita on käytetty esimerkiksi 0,37 kappaletta ja vihollista on tuhottu esimerkiksi 0,22 vaunua. Vaiheiden välillä käytetyt aseet ja tuhotut viholliset pyöristetään lähimpään kokonaislukuun. Tällöin vaiheen lopussa yllä olevassa tapauksessa kulutetuiksi aseiksi ja tuhotuiksi vihollisiksi saadaan nolla. Mahdolliset poikkeukset näihin ja edellä esitettyihin periaatteisiin kerrotaan tekstissä kunkin poikkeuksen kohdalla.

4.3.2. Vaihe 1

Ensimmäisessä vaiheessa punaisen tiedustelupartion kärkivaunu pysähtyy metsän sisäpuolelle rakennetun varamiinoitteen eteen. Pellon taakse ryhmitetyt panssarintorjuntaohjukset ja rynnäköpanssarivaunut eivät kykene osallistumaan taisteluun, ellei punainen onnistu kiertämään tai läpäisemään varamiinoitetta. Punaisen tehtävänä on kosketuksen jälkeen irtautua, ja siksi tässä vaiheessa vain lähitorjunta-alueella taistelevat sinkopartiot pääsevät punaisen kanssa kosketukseen. Ensimmäisessä vaiheessa toimivana osapuolena on vain sininen. Sinkoaseiden k_6 parametri on APILAS- ja RPG-7-singoilla 0,8, koska arviolta noin viidennes singoista ampuu samaa maalia jonkun muun singon kanssa. Kevyillä kertasingoilla k_6 on 0,5, koska oletuksena on, että sinkotaistelijapari käyttää pariammuntamenetelmää, jossa aina ammutaan kaksi sinkoa samaan vaunuun.

ASE	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
CV9030 (lähi)	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PSTOHJ 2000 (lähi)	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
APILAS (lähi)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
KES (lähi)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50

Taulukko 32: Aseiden parametrit ensimmäisessä vaiheessa

$$E_{\max}(APILAS) = k_1 * E_{ase}(puolustus) = 1,12$$

$$E_{\max}(KES) = k_1 * E_{ase}(puolustus) = 0,83$$

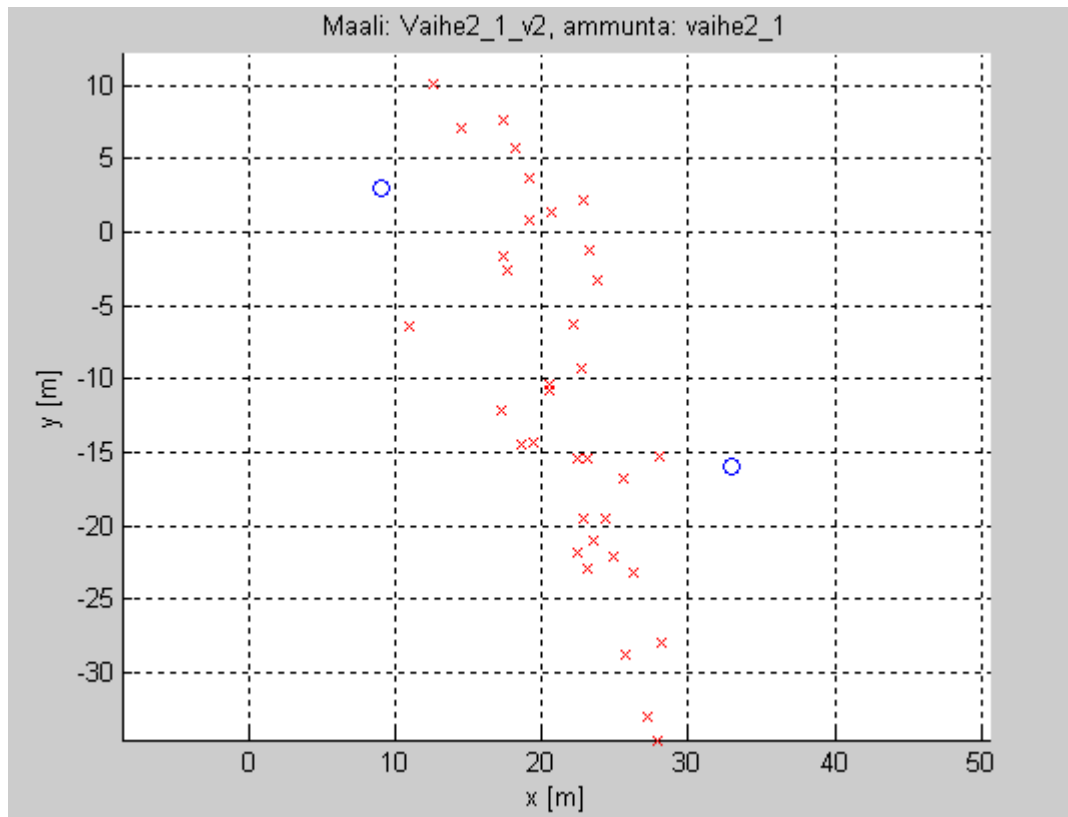
SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU NUT	VASTUST AJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
APILAS	2	2	1	0
KES	2	2	0	0
PUNAINEN				
BMP-2	2	1	0	1

Taulukko 33: Ensimmäisen vaiheen tulokset

4.3.3. Vaihe 2

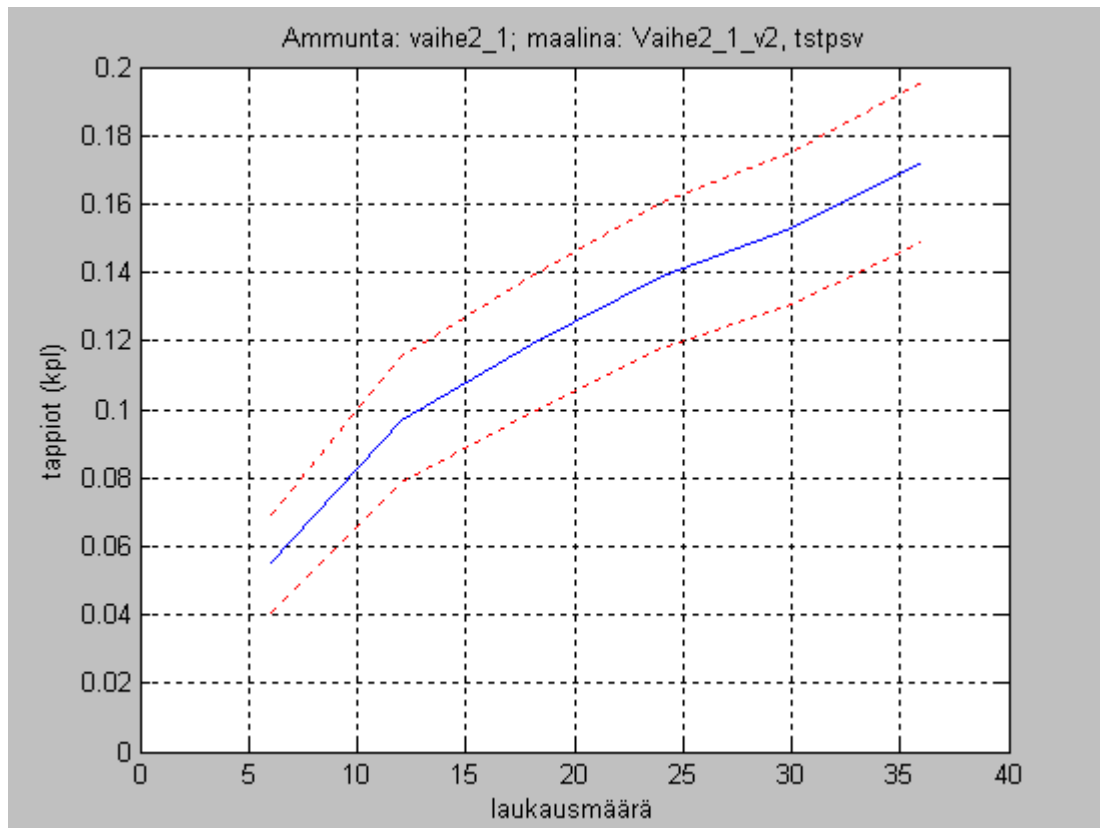
Toisessa vaiheessa ennen kosketusta punainen ampuu panssarihaupitsipatterillaan kuusi kertaa, yhteensä 36 kranaattia, risteysalueella olevaa sinisen panssarivaunujoukkuetta. Oletuksena on, että punainen osapuoli kykenee käyttämään epäsuoraa tulta näin joustavasti ja punaisen tykistöjärjestelmän suorituskyky ja ampumamenetelmä on sinistä vastaava. Oletuksena on myös se, että vain 122 millimetrin tykistökranaatin täysosuma Leopard 2A4 -vaunuun riittää vaurioittamaan sitä niin paljon, että tässä tutkimuksessa vaunu voidaan laskea tuhoutuneeksi. Vaikutussäteeksi kranaatille on tästä syystä asetettu 3,01

metriä. Maalin paikannuksen pituuden ja leveyden keskihajonta on 20 metriä, ampumaetäisyys on 1,53 kilometriä.



Kuva 12: Esimerkki punaisen ampuman epäsuoran tulen iskemistä vaiheessa 2

Kuvassa 12 maalin keskipiste on kohdassa (0,0), mutta maalin paikannuksessa olleesta virheestä johtuen iskemäkeskeispiste on noin (20,-10). Ammunta simuloidaan 1000 kertaa ja tulos on esitetty taulukossa 13. Maalialueella olevat vaunut on kuvassa esitetty sinisillä ympyröillä.



Kuva 13: Punaisen epäsuora tuli vaiheessa kaksi

Joukkojen välinen taistelu alkaa puolustavan panssarivaunujoukkueen avatessa tulen hyökkäviä kolmea BMP-2-vaunua vastaan. Tämän vaiheen taisteluun pystyy ottamaan osaa keskitorjunta-alueella kaksi punaisen vaunua ja kolme LEO 2A4 -vaunua. Sinisen vaunuista yksi kykenee tulittamaan keskitorjunta-alueelle. Vaunujen välisen keskitorjunta-alueen taistelun jälkeen jalkautuneena hyökkäävät jalkaväkiryhmät yrittävät tuhota sinisen taistelupanssarivaunun. Kaksi jalkaväkiryhmää pääsee tulasemiin, joista kykenee tulittamaan sinisen vaunuja. Jalkaväen jälkeen jäljellä olevat LEO 2A4 -vaunut tulittavat vielä hyökkäviä BMP-2-vaunuja lähitorjunta-alueella. Lopuksi irtautuva sininen ampuu hyökkävään punaiseen ryhmitykseen yhteensä 24 kappaletta raskaan kranaatinheittimen kranaattia. Oletus on jälleen se, että vain 120 millimetrin kranaatin täysosuma riittää vaurioittamaan BMP-2-vaunun toimintakyvyttömäksi. Vaikutussäteeksi kranaatille saadaan näin 2,6 metriä.

Vaunujen välinen taistelu voidaan laskea käyttäen joko LEO 2A4 -vaunujen keskimääräistä tuhoamiskykyä kullakin tuhoamisalueella tai kaksintaistelumallilla LEO 2A4:lle laskettua kykyä elinkaarensa aikana tuhota BMP-2-vaunuja. Keskimääräistä tuhoamiskykyä käyttämällä saadaan tässä valituilla parametreilla tulokseksi yksi tuhottu BMP-2-vaunu ja

käyttämällä elinkaaren aikaista tuhoamiskykyä kaksi punaisen vaunua tuhoutuu. Tulokset esitetään kummankin arvon perusteella.

ASE	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
LEO 2A4 (keski)	0,75	1,00	0,33	1,00	1,00
RPG-7 (lähi)	0,67	1,00	1,00	1,00	0,80
RPG-26 (lähi)	0,67	1,00	1,00	1,00	0,50
LEO 2A4 (lähi)	0,75	1	0,67	X_I	1,00

Taulukko 34: Aseiden parametrit toisessa vaiheessa

X_I määräytyy punaisen panssarintorjunta-aseiden ja sinisen taistelupanssarivaunujen välisen tuloksen perusteella. Kaikki kolme taisteluun osallistuvaa sinisen taistelupanssarivaunua tuhoataan panssarintorjunta-aseilla, jolloin $X_I = 0$. Noin kolmannes hyökkävään punaisen panssarintorjunta-aseista ei pysty ottamaan osaa taisteluun.

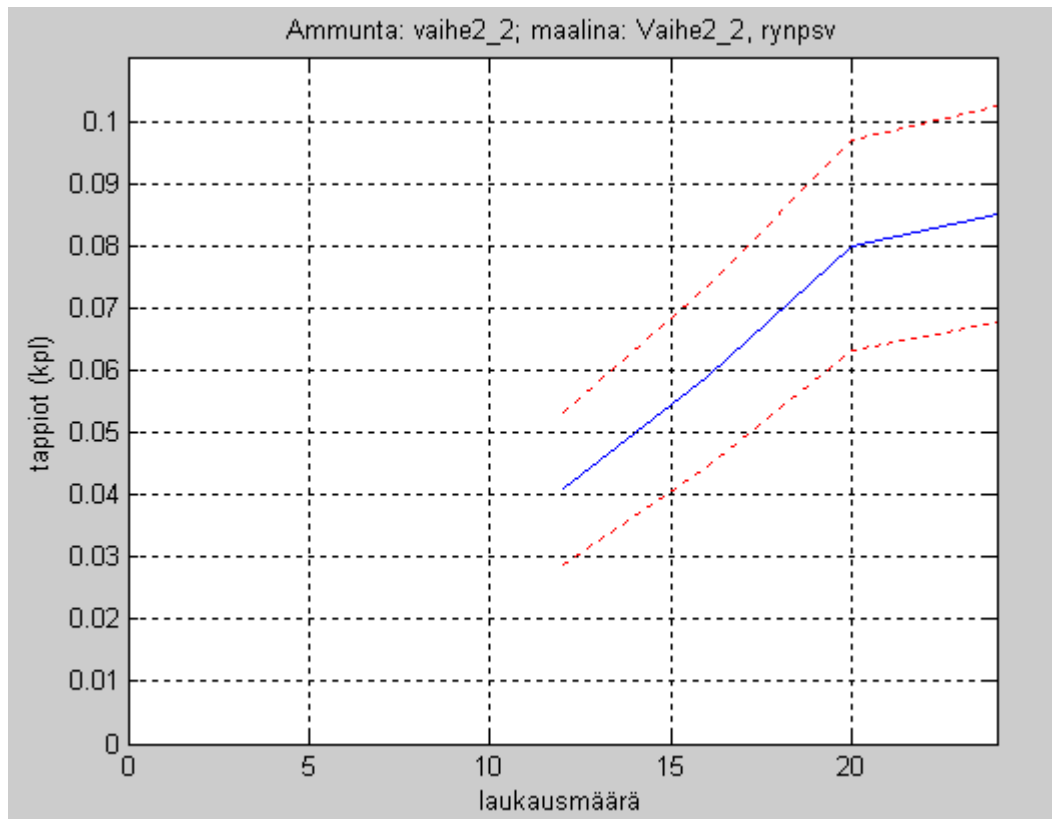
$$E_{\max}(LEO2A4) = k_1 * E_{ase}(\text{keski, puolustus}) = 3,20$$

$$E_{\max}(RPG-7) = k_1 * E_{ase}(\text{hyökkäys}) = 3,25$$

$$E_{\max}(RPG-26) = k_1 * E_{ase}(\text{hyökkäys}) = 2,59$$

$$E_{\max}(LEO2A4) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, puolustus}) = 3,20$$

Sinisen irtautuessaan ammuttama epäsuora tuli aiheuttaa punaiselle noin 0,09 vaunun tappiot (kuva 14). Ampumaetäisyys on 2,9 kilometriä, ampumasuunta 127 astetta ja maalin paikannuksen virhe on sama kuin edellä. Punaisella on tässä vaiheessa jäljellä yksi rynnäköpanssarivaunu, joka tulen alkaessa on kohdassa (-10,-10) ja liikkuu noin 5 km/h suuntaan 45 astetta.



Kuva 14: Sinisen epäsuora tuli vaiheessa kaksi

Punaisen epäsuoran tulen aiheuttamat noin 0,17 vaunun tappiot eivät lisää sinisen panssarintorjuntatulesta kärsimiä tappioita. Epäsuoran tulen alle jääneet vaunut ovat samoja, jotka tuhoaan panssarintorjunnalla myöhemmin, ja kaikki taisteluun osallistuvat vaunut tuhoutuvat joka tapauksessa. Sinisen ampuman epäsuoran tulen aiheuttama noin 0,09 vaunun tappio ei lisää punaisen kokonaisvaunutappioita. Toisen vaiheen yhdistetyt tulokset on esitetty taulukoissa 35 ja 36.

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
LEO 2A4	4	3	1	1
PUNAINEN				
BMP-2	3	1	0	2
RPG-7	12	8	2	4
RPG-26	12	8	1	4

Taulukko 35: Toisen vaiheen tulokset

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
SININEN				
LEO 2A4	4	3	2	1
PUNAINEN				
BMP-2	3	2	0	1
RPG-7	12	8	2	4
RPG-26	12	8	1	4

Taulukko 36: Toisen vaiheen tulokset kaksintaistelumallin arvojen perusteella

4.3.4. Vaihe 3

Kolmannessa vaiheessa taistelu alkaa punaisen ampumalla tulivalmistelulla risteystä puolustavan sinisen panssarijääkärijoukkueen tuliasemiin. Kolmasosa kranaatinheitinpatterin epäsuorasta tulesta ammutaan kahden joukkueen väliin siten, että se ei aiheuta tappioita siniselle. Punaisen jalkauduttua ja edetessä kohti sinistä ampuu sininen puoli

kranaatinheitinjoukkueen iskun punaisen hyökkäysryhmitykseen. Tämän jälkeen punaisen panssarintorjuntapartiot käyvät taistelun sinisen rynnäkköpanssarivaunujen kanssa ja sinisen panssarintorjuntaosat käyvät taistelun punaisen rynnäkköpanssarivaunujen kanssa. Lopuksi puolustukseen ryhmittyneet ja tähän asti ehjänä säilyneet CV9030-vaunut käyvät taistelun jäljellä olevien BMP-2-vaunujen kanssa. Sinisen vasemmanpuoleisen joukkueen yksi ryhmä on ryhmittyneenä paikkaan, josta se ei kykene osallistumaan taisteluun. Kummankin puolen taisteluun osallistuvista ryhmistä noin 20 % ei kykene tässä tilanteessa käyttämään panssarintorjunta-aseitaan.

ASE	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
RPG-7 (lähi)	0,8	1,0	1,0	1,0	0,8
RPG-26 (lähi)	0,8	1,0	1,0	1,0	0,5
APILAS (lähi)	0,67	1,0	1,0	1,0	0,8
KES (lähi)	0,67	1,0	1,0	1,0	0,5
CV9030 (lähi)	0,83	1,0	1,0	1,0	1

Taulukko 37: Aseiden parametrit kolmannessa vaiheessa

$$E_{\max}(CV9030) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, puolustus}) = 3,46$$

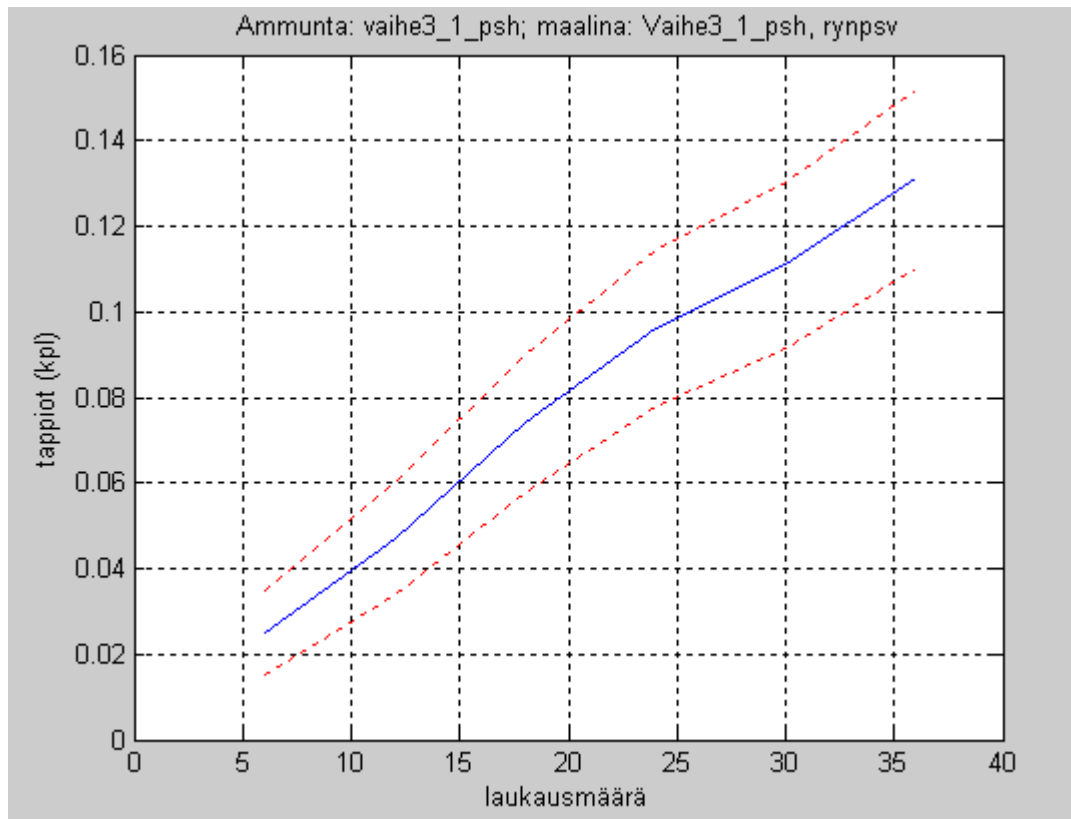
$$E_{\max}(APILAS) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, puolustus}) = 6,70$$

$$E_{\max}(KES) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, puolustus}) = 16,63$$

$$E_{\max}(RPG-7) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, hyökkäys}) = 7,79$$

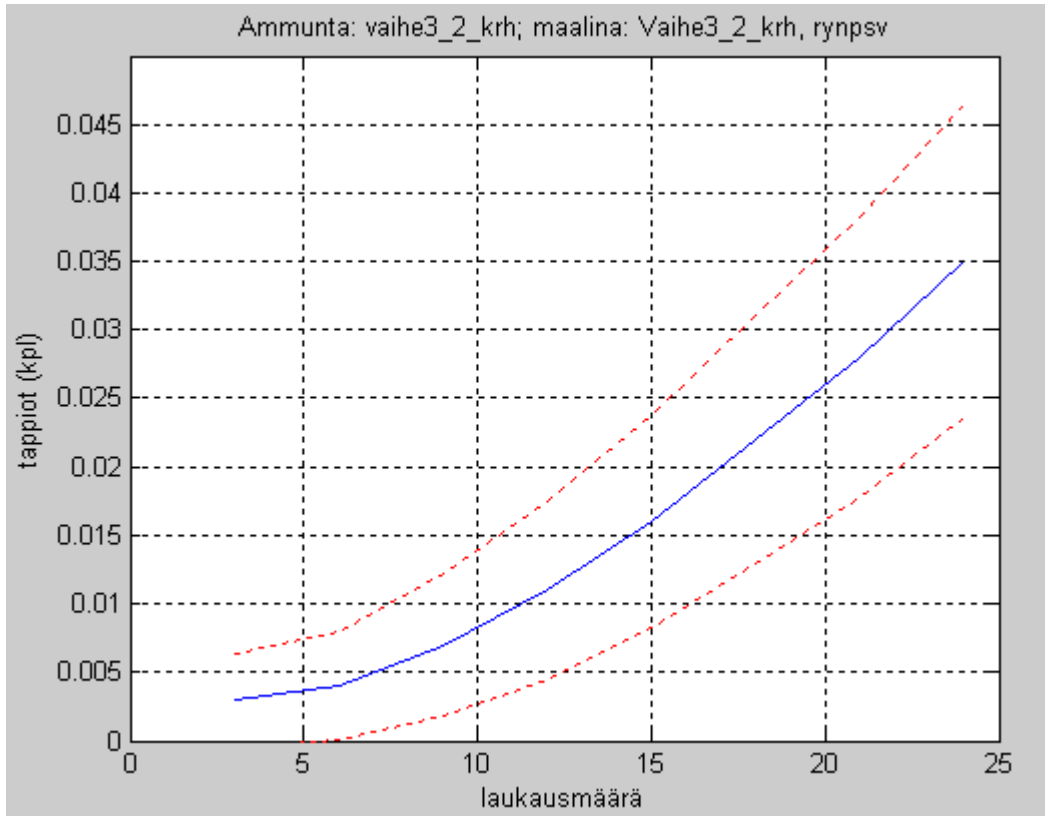
$$E_{\max}(RPG-26) = k_1 * E_{ase}(\text{lähi, hyökkäys}) = 5,79$$

Punaisen ampuman epäsuoran tulen alle jää kolme CV9030-vaunua. Kaksi vaunuista jää kahden eri tuliyksikön maalialueen sisälle ja kolmatta ampuu vain yksi tuliyksikkö. Kranaatinheitinpatterin kolmannen joukkueen maalialueella ei ole sinisen vaunuja. Punaisen epäsuoran tulen aiheuttamat tappiot on esitetty kuvissa 15 – 17. Panssarihaupitsipatterilla ampumaetäisyys on 2,68 kilometriä ja ampumasuunta 339 astetta. Maalin paikannuksen keskihajonnat ovat pituus- ja leveyssuuntaan 20 metriä. Maaliin ammutaan 12 sekunnin välein kuusi kranaattia, yhteensä 36 kappaletta. Kranaatin vaikutussäde CV9030-vaunuun on 2,6 metriä. Jalkaväelle tulevia tappioita ei huomioida.

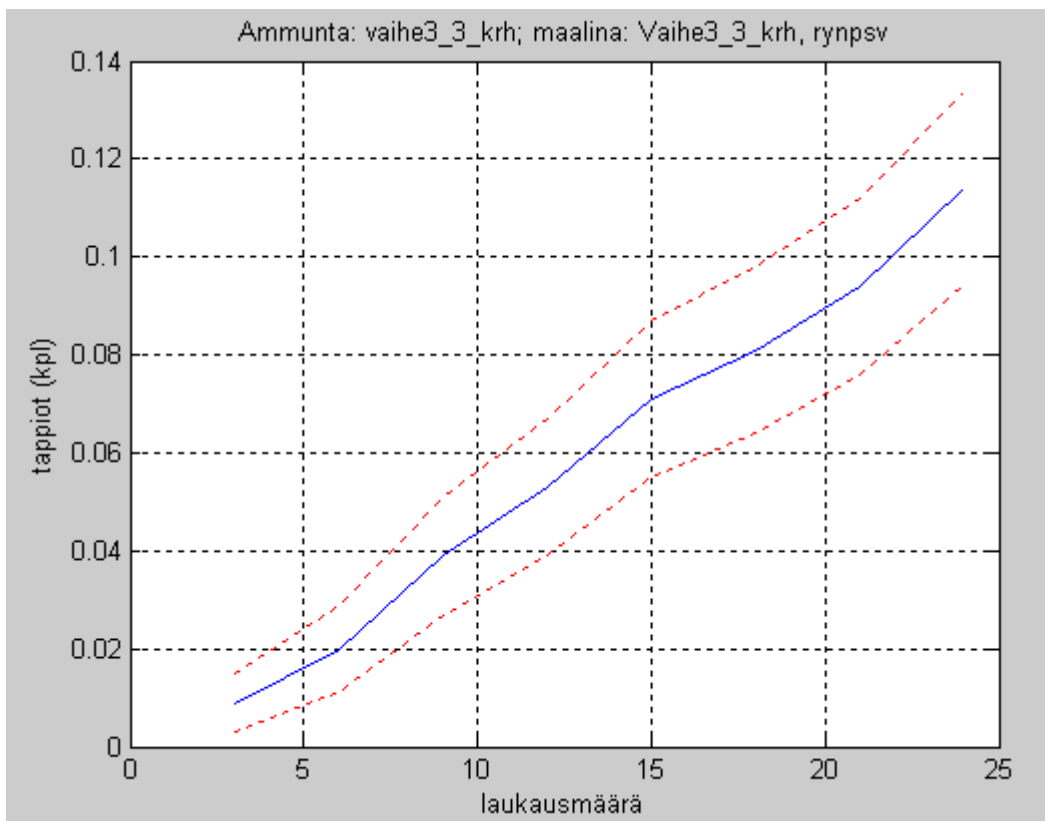


Kuva 15: Punaisen panssarihaupitsipatterin epäsuora tuli vaiheessa kolme

Panssarihaupitsipatteri aiheuttaa noin 0,13 vaunun tappiot. Punaisen kranaatinheitinpatterin ensimmäinen tulijoukkue ampuu ampumasuunnassa vasemmanpuolimaiselle maalialueelle, jossa oleva vaunu on myös panssarihaupitsipatterin maalialueella. Panssarihaupitsipatterin maalialue on ampumasuunnassa toinen vasemmalta. Panssarihaupitsipatterin maalialueelta oikeanpuoleinen vaunu on myös kranaatinheitinpatterin toisen tulijoukkueen maalialueella. Kranaatinheitinpatterin toisen tulijoukkueen maalialue on panssarihaupitsipatterin maalialueen oikealla puolella. Toisen tulijoukkueen maalialueella on myös puolustavan panssarijääkärijoukkueen kolmas rynnäkövaunu, jota ei vielä aiemmin ole ammuttu. Kranaatinheitinpatterin ampumaetäisyys on 2,1 kilometriä ja ampumasuunta 327 astetta. Maalin paikannuksen keskihajonta on sama kuin edellä.



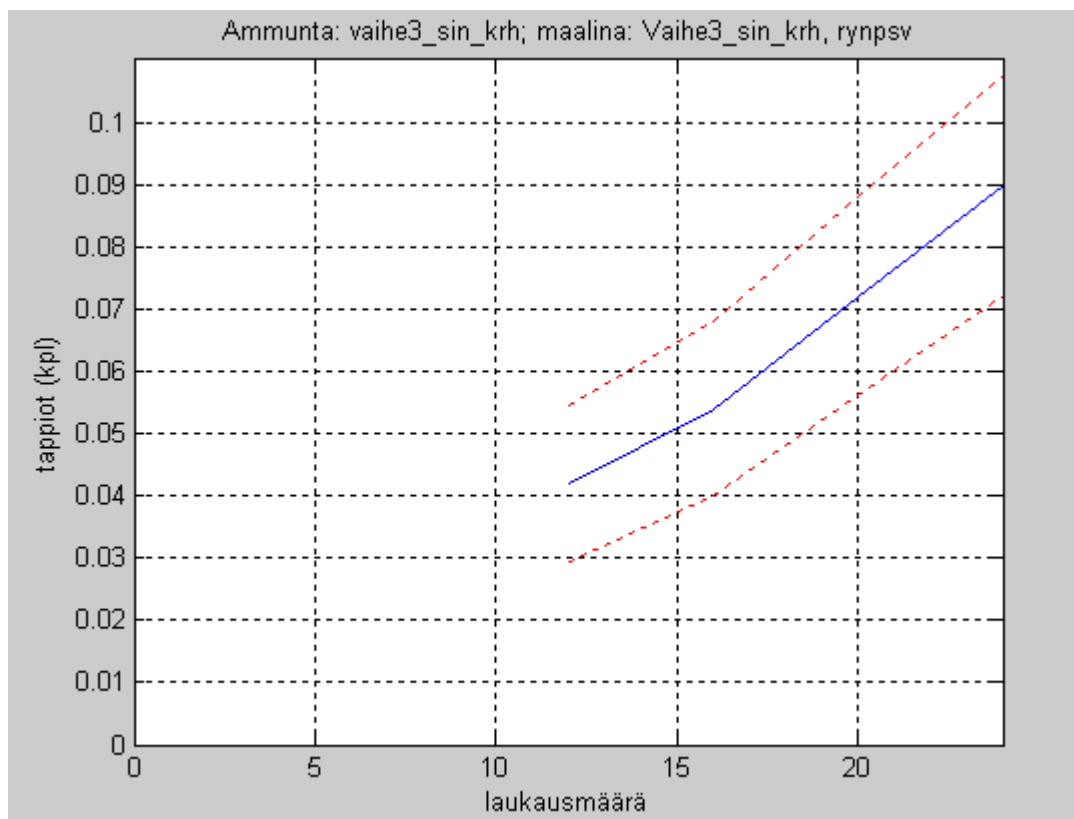
Kuva 16: Punaisen kranaatinheitinpatterin ensimmäisen tulijoukkueen epäsuora tuli vaiheessa kolme



Kuva 17: Punaisen kranaatinheitinpatterin toisen tulijoukkueen epäsuora tuli vaiheessa kolme

Kranaatinheitinpatterin aiheuttamat tappiot ovat noin 0,035 ja noin 0,11 eli yhteensä noin 0,15 vaunua. Yhteensä epäsuoralla tulella aiheutetaan ennen jalkaväen ja vaunujen välisiä taisteluita siniselle noin 0,28 vaunun tappiot. Punainen ei siis onnistu yksin epäsuoralla tulella tuhoamaan yhtään sinisen vaunua. Panssarintorjunta-aseiden taistelua tarkastellessa ei huomiota kiinnitetä siihen, mitä vaunuista mikin ase ampuu vaan tappiot kumuloiduvat. Samaa menetelmää käytetään tässä myös epäsuoran tulen osalta.

Sininen osapuoli ampuu omalla kranaatinheitinpanssariajoneuvojoukkueellaan iskun hyökkäävän ja liikkeessä olevan punaisen ryhmitykseen. Punainen liikkuu epäsuoran tulen ajan noin 5 km/h vauhdilla tietä pitkin luoteeseen. Kranaatinheitinpanssariajoneuvojoukkueen ampumasuunta on 136 astetta ja ampumaetäisyys on 1,75 kilometriä. Maalin paikannuksen keskijointa on sama kuin edellä. Kranaatinheitinpanssariajoneuvot ampuvat 12 kranaattia ryöppynä tulen alkaessa ja sen jälkeen kolme kertaa neljä kranaattia. Yhteensä 24 kranaattia. Vaikutussäde BMP-2-vaunuun on 2,6 metriä.



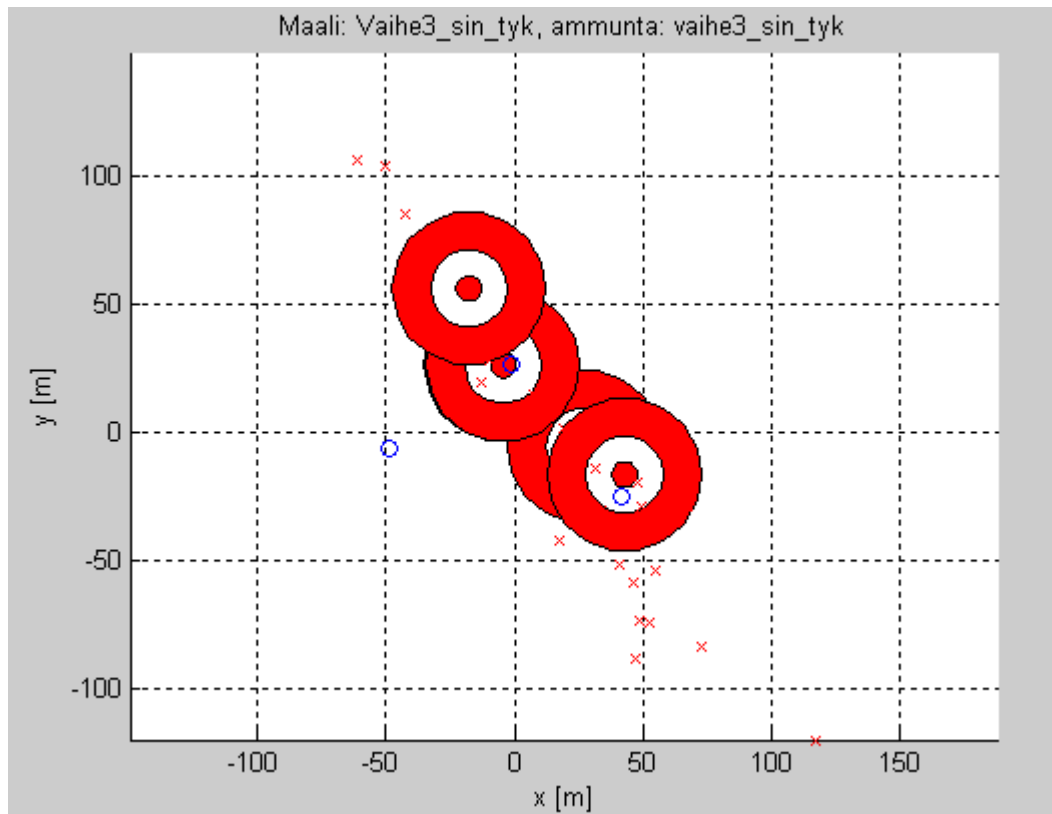
Kuva 18: Sinisen kranaatinheitinpanssariajoneuvojoukkueen epäsuora tuli vaiheessa kolme

Sinisen epäsuora tuli aiheuttaa noin 0,09 vaunun tappiot. BMP-2-vaunu etenee liikkueessaan maalin keskipisteen läheisyyteen, mikä selittää kohtuullisen suuren tappion vain 24 kranaatilla.

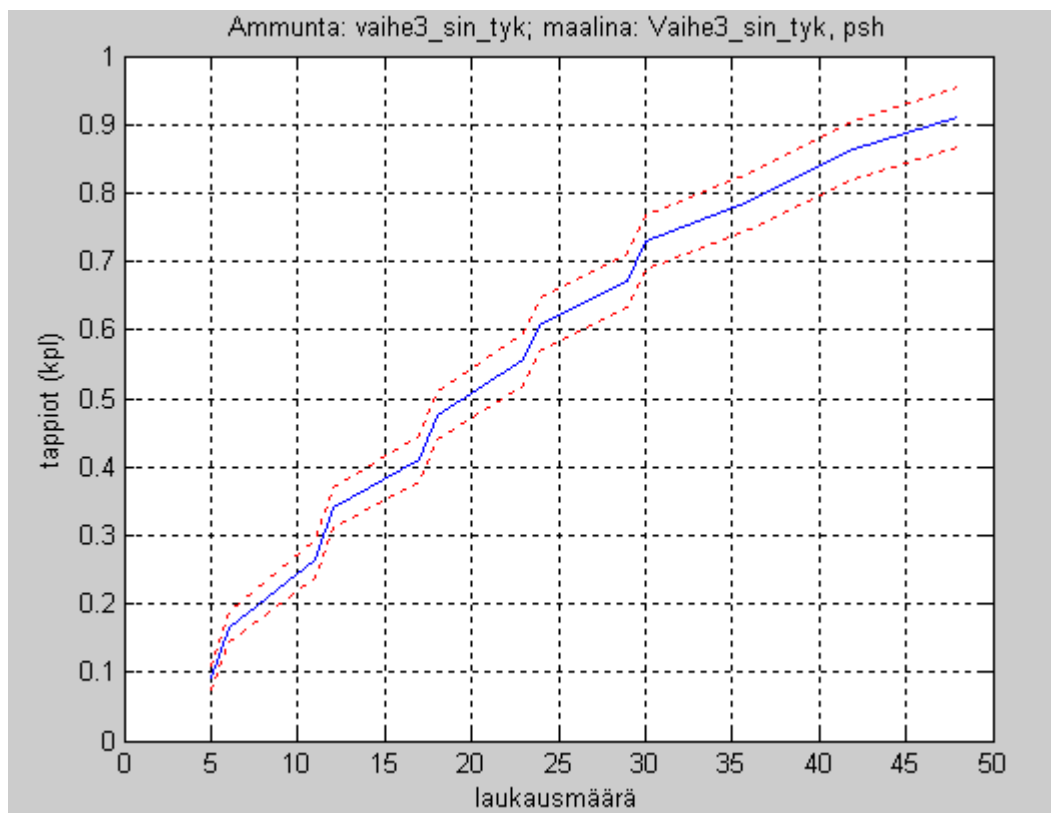
Kaikki punaisen BMP-2-vaunut tuhoetaan sinisen epäsuoralla tulella sekä APILAS- ja KES-sinkojen tulella. APILAS-singoista käytetään kaikki taisteluun osallistuvat. Kevyitä kertosinkoja joudutaan käyttämään 15,95 eli 16 sinkoa. Sinisen kuudesta vaunusta tuhoetaan epäsuoralla tulella ja RPG-7-singoilla kaikki viisi taisteluun osallistuvaa vaunua. RPG-7-singoista joudutaan käyttämään 18,18 eli 18 sinkoa.

Vaiheen kolme lopussa sinisen tiedusteluryhmä on paikannut punaisen panssarihaupitsipatterin ja ampuu epäsuoraa tulta 155K98-patterilla panssarihaupitsien tuliasema-alueelle. Alueelle ammutaan sirpalekranaatteja 43 kappaletta ja kuorma-ammuksia viisi kappaletta. Ampumaetäisyys tulipatterilla on 6,9 kilometriä ja ampumasuunta on 145 astetta. Maalin paikannuksen keskihajontana pituus- ja leveys suunnassa on käytetty 20 metriä.

155 millimetrin tykistökranaatin vaikutussäde panssarihaupitsiin on 6,7 metriä, eli tuhotakseen panssarihaupitsin pitää kranaatin osua vähintään noin kolmen metrin päähän vaunusta. Kuorma-ammuksen tytärammukset leviävät halkaisijaltaan 60 metrin ympyrään, ja tuhotakseen panssarihaupitsin tulee kahden tytärammuksen osua vaunuun.



Kuva 19: Esimerkki sinisen tulipatterin iskemistä vaiheessa kolme



Kuva 20: Sinisen tulipatterin epäsuora tuli vaiheessa kolme

Kuvassa 19 siniset renkaat kuvaavat maalialueella olevaa kolmea panssarihaupitsia. Punaiset rastit kuvaavat sirpalekranaatin iskemiä ja punaiset ympyrät sekä renkaat tytärammusten leviämisaluetta. Kuvassa 19 olevassa tapauksessa ei yksi kuorma-ammuksesta ole joko toiminut tai on räjähtänyt samassa paikassa kuin joku muu neljästä kuorma-ammuksesta. Epäsuoralla tulella sininen onnistuu tuhoamaan kuvan 20 mukaisesti noin 0,9 panssarihaupitsia.

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
CV9030	6	5	0	1
APILAS	12	8	4	4
KES	40	16	3	24
PUNAINEN				
BMP-2	7	7	0	0
RPG-7	24	18	5	6
RPG-26	24	0	0	24
2S1	6	1	0	5

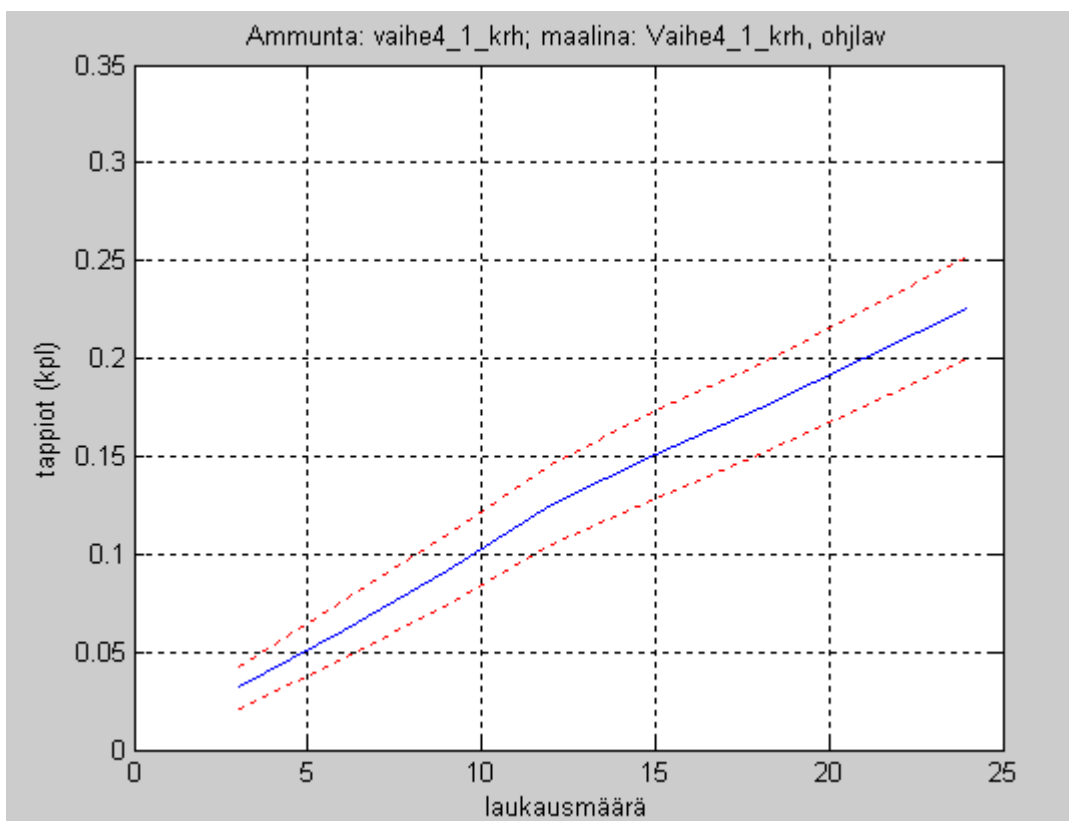
Taulukko 38: Kolmannen vaiheen tulokset

4.3.5. Vaihe 4

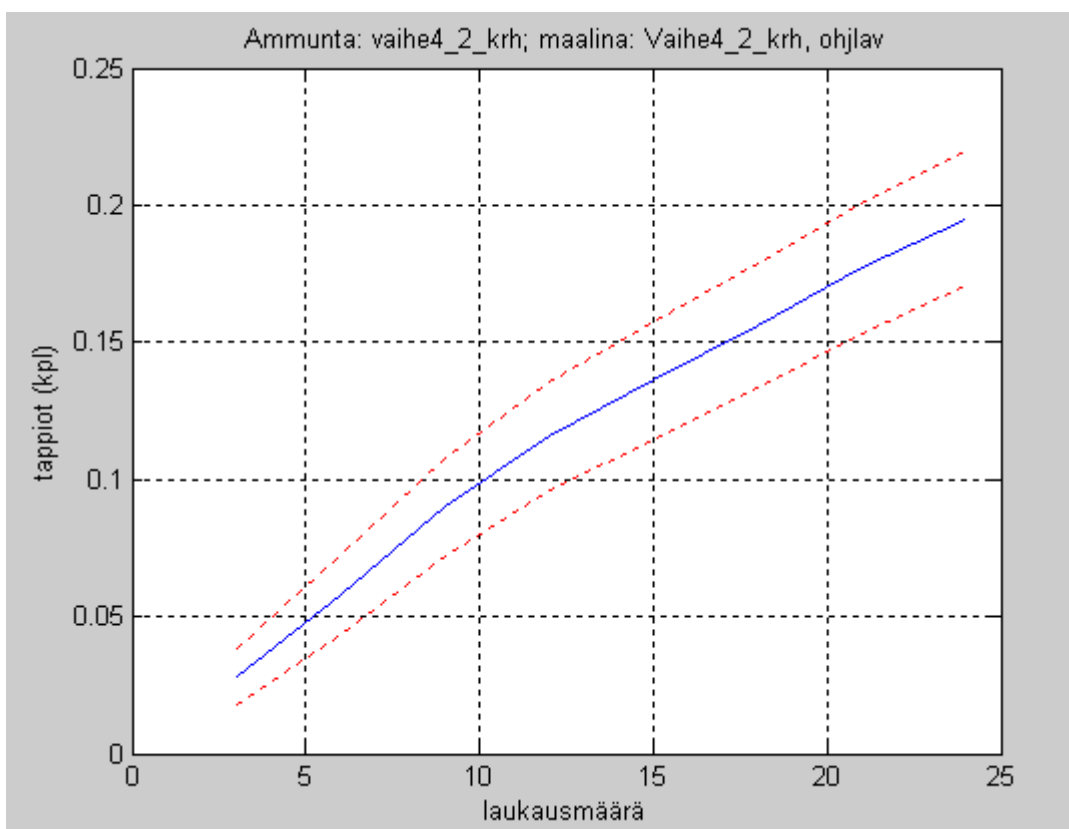
Neljännän vaiheen taistelu alkaa punaisen ampumalla tulivalmistelulla havaittuihin sinisen ohjustuliasemiin. Aiemmistä vaiheista poiketen otetaan nyt huomioon epäsuoran tulen vaikutus panssarintorjunta-asejärjestelmään. Neljännän vaiheen lopputulos on vahvasti riippuvainen siitä, selviävätkö PSTOHJ 2000 -ampumalaitteet tulivalmistelusta vai eivät. Tulivalmistelun jälkeen käydään taistelu sinisen panssarintorjuntaohjusten ja punaisen taistelupanssarivaunujen välillä kaukotorjunta-alueella ja keskitorjunta-alueella. Tästä mahdollisesti selvinneet T-90-vaunut käyvät taistelun vastahyökkäykseen lähteneitä LEO 2A4 -vaunuja vastaan. Taistelupari T-90-joukkue vastaan LEO 2A4 -joukkue käydään T-90:n näkökulmasta, koska tässä tilanteessa LEO 2A4 -vaunut ovat hyökkäävä osapuoli. Kummallakin tosin käytetään hyökkäystaistelun tuhoamiskykyä. Taisteluun ottaa osaa

T-90-vaunujen takana myös vaiheesta kaksi selvinneet BMP-2-vaunut vahvennettuna komppanian varapäällikön vaunulla. Riippuen käytetystä tuhoamiskyymallista BMP-2-vaunuja on jäljellä kaksi tai kolme. Kaksintaistelumallin arvoilla lasketaan jälleen oma lopputulos. PSTOHJ 2000 -ryhmät taistelevat T-90-vaunujen kanssa, joten ne eivät kykene samaan aikaan ampumaan hyökkäviä rynnäkövaunuja. BMP-2-vaunut taistelevat ensin LEO 2A4 -vaunuja vastaan ja sen jälkeen CV9030-vaunuja vastaan, kunnes toisen osapuolen vaunut loppuvat tai kaksintaisteluparit on laskettu. CV9030-vaunut taistelevat tässä tilanteessa vain BMP-2-vaunujen kanssa, tällä tavoin ne pystyvät keskittämään tulenkäyttönsä haavoittuvimpiin maaleihin.

Vaiheen alussa punaisen ampuma kranaatinheitinpatterin tuli osuu siten, että kumpikin sinisen panssarintorjuntaohjusampumalaitteista on maalialueella. Patterin ensimmäinen raskailla kranaatinheittimillä varustettu jaos ampuu sinisen oikeanpuoleista ampumalaitetta, ja toinen samalla kalustolla oleva jaos ampuu vasemman puoleista laitetta. Ohjusampumalaitteet ovat maalin keskipisteestä 15,3 metrin ja 13,9 metrin päässä. Tarkkaa tietoa raskaan kranaatinheittimen vaikutusetäisyydestä PSTOHJ 2000 -ampumalaitteeseen ei ole saatavilla. Tässä on tehty oletus, että se teknisenä ja suojaamattomana laitteena on jotakuinkin yhtä haavoittuva kuin suojautunut taistelija 105 millimetrin tykistökranaatin pintaräjähdyssä vastaan. Tällöin haavoittuva pinta-ala on 0,2 neliometriä ja kranaatin vaikutusala on 65 neliometriä [17]. Tästä saadaan vaikutusetäisyydeksi noin 4,5 metriä.



Kuva 21: Ensimmäisen jakson aiheuttamat tappiot vaiheessa neljä



Kuva 22: Toisen jakson aiheuttamat tappiot vaiheessa neljä

Epäsuoralla tulella punainen aiheuttaa noin 0,42 ohjusampumalaitteen tappiot. Vaiheessa neljä molemmat ohjusampumalaitteet kykenevät aloittamaan taistelun.

ASE	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
PSTOHJ 2000 (kauko, T-90)	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
PSTOHJ 2000 (keski, T-90)	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
LEO 2A4 (keski, T-90)	1,0	1,0	1,0	0,25	1,0
CV (keski, BMP-2)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
T-90 (keski, LEO 2A4)	1,0	1,0	1,0	X_2	1,0
BMP-2 (keski, LEO 2A4)	1,0	1,0	1,0	0,75/0,50	1

Taulukko 39: Aseiden parametrit neljännessä vaiheessa

Parametritaulukkoa lukiessa täytyy huomioida, että parametrit on määritetty täysien vaunu- ja asemäärien mukaisesti. Edellisissä vaiheissa tuhoutuneet otetaan huomioon k_5 parametrissa. Taistelun vaiheen seuraamisen helpottamiseksi taulukossa 40 taistelun alkutilanteen lukemissa aiemmin tuhoutuneet vaunut on jo huomioitu. T-90-vaunun lopullinen k_5 parametri määräytyy Leopard-vaunujen vastahyökkäystä ennen tuhoutuneiden T-90-vaunujen perusteella ja on perusmenetelmällä laskien 0,50. BMP-2-vaunun k_5 parametri on perusmenetelmässä vaiheen kaksi perusteella 0,50 ja kaksintaistelumallin perusteella lasketun vaiheen kaksi lopputuloksen mukaan 0,25. Tällöin laskutoimituksia tehtäessä BMP-2-vaunujen laskennallinen määrä vaiheen alussa on neljä.

Aseen keskimääräisen tuhoamiskyvyn perusteella lasketut maksimituhoamiskyvyt tässä vaiheessa on esitetty alla. Samoin kuin parametritaulukossakin on maksimituhoamiskyvyt laskettu menetelmän mukaisesti skenaarion alussa näillä joukoilla olleiden vaunujen määrillä.

$$E_{\max}(CV9030) = k_1 * E_{ase}(keski, hyökkäys, BMP - 2) = 1,13$$

$$E_{\max}(PSTOHJ2000) = k_1 * E_{ase}(kauko, puolustus, LEO) = 1,56$$

$$E_{\max}(PSTOHJ2000) = k_1 * E_{ase}(keski, puolustus, LEO) = 1,53$$

$$E_{\max}(T - 90) = k_1 * E_{ase}(keski, hyökkäys, LEO2A4) = 1,64$$

$$E_{\max}(BMP - 2) = k_1 * E_{ase}(keski, hyökkäys, LEO2A4) = 1,85$$

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
PSTOHJ 2000	2 / 16	0 / 2	2 (T-90))	2 / 14
LEO 2A4	1	1	0	0
CV9030	2	0	1 (BMP-2)	2
PUNAINEN				
T-90	4	2	1 (LEO)	2
BMP-2 (AT-5 x 4)	3	1	0	2

Taulukko 40: Neljännen vaiheen tulokset

Taulukon 40 mukaan tämä vaihe päättyi tappioiden valossa ratkaisemattomaan. Kummallekin puolelle jäi vielä vaunuja ja panssarintorjunta-aseita. Punainen kuitenkin koki kovemmat tappiot, ja voidaankin lopputuloksena todeta, että punainen ei päässyt tavoitteeseensa tätä kautta vaan joutuu yrittämään uudelleen jostain muualta.

Lopputulos voidaan laskea myös kaksintaistelumallilla laskettuja elinkaaren aikaisia tuhoamiskykyjä hyödyntäen. Lähtöarvoissa on edellisten vaiheiden perusteella eroa siinä, että BMP-2-vaunuja on selvinnyt tähän vaiheeseen vain yksi.

Aseen elinkaaren aikaisen tuhoamiskyvyn perusteella lasketut maksimituhoamiskyvyt tässä vaiheessa on esitetty alla.

$$E_{\max}(CV9030) = k_1 * E_{ase}(\text{keski, hyökkäys, BMP-2}) = 95,85$$

$$E_{\max}(PSTOHJ2000) = k_1 * E_{ase}(\text{kauko, puolustus, LEO}) = 35,45$$

$$E_{\max}(PSTOHJ2000) = k_1 * E_{ase}(\text{keski, puolustus, LEO}) = 25,56$$

$$E_{\max}(T-90) = k_1 * E_{ase}(\text{keski, hyökkäys, LEO2A4}) = 12,84$$

$$E_{\max}(BMP-2) = k_1 * E_{ase}(\text{keski, hyökkäys, LEO2A4}) = 14,07$$

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOITU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
PSTOHJ 2000	2 / 16	5	4 (T-90))	2 / 11
LEO 2A4	1	1	0	0
CV9030	2	0	2 (BMP-2)	2
PUNAINEN				
T-90	4	4	0	0
BMP-2 (AT-5 x 4)	2	2	1 (LEO)	0

Taulukko 41: Neljännen vaiheen tulokset kaksintaistelumallin arvojen perusteella

Kaksintaistelumallin arvojen perusteella laskettaessa kaikki punaisen vaunut tuhoutuvat. Sinisen puolen muutos on se, että ohjuksia kuluu enemmän, koska kaikki T-90-vaunut tuhoetaan ohjuksilla. On vaikea sanoa, kumpi näistä lopputuloksista olisi realistisempi. Todellisuudessa kuitenkin ohjusryhmät joutuisivat vaihtamaan tuliasemaa jokaisen laukauksen jälkeen. T-90-vaunuilla menisi noin kilometrin etenemiseen taistellen 1,5–2 minuuttia, joten on hyvin mahdollista, että ohjusryhmät ehtisivät ampua 2–3 laukausta, ennen kuin taistelupanssarivaunut ovat liian lähellä tai pois tuhoamisalueelta.

4.3.6. Yhteenveto

Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia käyttämällä laskettu taistelun lopputulos on esitetty alla olevassa taulukossa. Taulukkoon on otettu mukaan vain ne panssarivaunut ja panssarintorjunta-aseet, jotka tilanteen aikana ovat tulivaikutuksen kohteena tai onnistuvat tuottamaan tappioita. Taulukoissa esitettyjä tuloksia ei ole laskettu kaksintaistelumallin arvojen perusteella. Punaisen puolen AT-5-ohjusten esittäminen taulukossa on tehty siten, että mukaan on laskettu vain vaiheessa neljä olevien BMP-2-vaunujen ohjukset. Vaiheessa neljä niitä ei kuitenkaan käytetty, koska LEO2A4 -vaunut tuhottiin ennen kuin ne ehtivät taistella BMP-2-vaunuja vastaan. Tuhottujen vaunujen prosenttiosuudet osastoittain tai aseittain esitetään alla olevissa taulukoissa osuutena kustakin vaiheesta tai kyseistä osastoa vastaan taistelleista vaunuista eikä skenaarion kokonaisvaunumäärästä. Osastoissa on huomioitava,

että vaiheessa neljä sininen puoli koostuu sekä TT- että SV-osaston joukoista. Punaisen tiedustelupartion mukana olleita panssarintorjunta-aseita ei ole taulukoissa huomioitu, koska partiot eivät taistelun aikana jalkautuneet.

JOUKKO	ASEITA / VAUNUJA ALUSSA							KÄYTETTY / TUHOU- TUNUT		JÄLJEL- LÄ		VAUNUJA TUHOTTU TST / RYNN / PSH	
	CV9030	LEO2A4	APILAS	KES	PST-OHJ 2000	155K98	YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
SININEN													
TT-OS	2	0	2	2	16	0	22	6	27	16	73	2 / 2 / 0	50 / 50 / 0
SV-OS	6	4	12	40	0	0	62	33	53	29	47	0 / 8 / 0	0 / 73 / 0
TULIPTRI	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	6	0 / 0 / 1	0 / 17 / 0
YHT	8	4	14	42	16	6	90	39	43	51	57	2 / 10 / 1	50 / 77 / 17
PUNAINEN	BMP-2	T-90	RPG-7	RPG-26	AT-5 (BMP-2)	2S1	YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
TIEDP	2	0	0	0	0	0	2	1	50	1	50	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
TSTTIED	3	0	12	12	0	0	27	17	63	10	37	3 / 0 / 0	75 / 0 / 0
VAROS	8	4	24	24	8	0	68	28	41	40	59	1 / 5 / 0	100 / 63 / 0
PSHPTRI	0	0	0	0	0	6	6	1	17	5	83	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
YHT	13	4	36	36	8	6	103	47	46	56	54	4 / 5 / 0	100 / 63 / 0

Taulukko 42: Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tulokset osastoittain

JOUKKO	ASEITA / VAUNUJA ALUSSA					YHT	KÄYTETTY / TUHO- TUNUT		JÄLJEL- LÄ		VAUNUJA TUHOTTU TST / RYNN/ PSH	
	TT-OS	SV-OS	TULIPTRI				KPL	%	KPL	%	KPL	%
SININEN												
CV9030	2	6	0			8	5	63	3	38	0 / 1 / 0	0 / 14 / 0
LEO 2A4	0	4	0			4	4	100	0	0	0 / 1 / 0	0 / 17 / 0
APILAS	2	12	0			14	10	71	4	29	0 / 5 / 0	0 / 56 / 0
KES	2	40	0			42	18	43	24	57	0 / 3 / 0	0 / 33 / 0
PSTOHJ 2000	16	0	0			16	2	13	14	87	2 / 0 / 0	50 / 0 / 0
155K98	0	0	6			6	0	0	6	100	0 / 0 / 1	0 / 0 / 17
YHT	22	62	6			90	39	43	51	57	2 / 10 / 1	50 / 77 / 17
PUNAINEN	TIEDP	TSTTIED	VAROS	PSHPTRI		YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
BMP-2	2	3	8	0		13	10	77	3	23	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
T-90	0	0	4	0		4	2	50	2	50	1 / 0 / 0	100 / 0 / 0
RPG-7	0	12	24	0		36	26	72	10	28	2 / 5 / 0	50 / 83 / 0
RPG-26	0	12	24	0		36	8	22	28	78	1 / 0 / 0	25 / 0 / 0
AT-5 (BMP-2)	0	0	8	0		8	0	0	8	100	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
2S1	0	0	0	6		6	1	17	5	83	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
YHT	2	27	68	6		103	47	46	56	54	4 / 5 / 0	100 / 63 / 0

Taulukko 43: Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tulokset aseittain

4.4. FLAMES-pohjaisen simulaation tulokset

FLAMES-alustalle tehdyllä simulaatiolla ajettiin luvussa kaksi esitelty skenaario 100 kertaa. Näiden ajosten tulokset esitellään tässä alaluvussa. Simulaatiota ajettaessa satunnaisuuden vaikutus tuloksiin tulee vain tuhoamistodennäköisyyksien kautta. Simulaatiossa olisi mahdollista määritellä muitakin käyttäjän antamien rajojen sisällä vaihtelevia parametreja, kuten esimerkiksi ryhmien kantamien sinkojen määrä. Tässä tapauksessa niin ei ole tehty, koska silloin tulokset eivät olisi vertailukelpoisia panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin kanssa. Simulaatio laskee myös muun muassa jalkaväelle eri asejärjestelmillä aiheutettavat tappiot. Niiden laskeminen ei ole tutkimuksen aiheena, joten niitä ei tässä käsitellä, vaikka ne joissain kuvissa on esitettykin.

Tulokset esitetään samalla tavalla kuin panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tulokset on esitetty. Luvussa 4.3 on jokaisen vaiheen kulkua vielä erikseen tarkennettu; tässä luvussa niin ei enää tehdä, paitsi jos se on tuloksen ymmärtämisen kannalta tarpeen.

Simulaatiosta on saatu myös muita tuloksia kuin edellisessä luvussa esitetyt. Näitä tuloksia sivutaan tässä ja seuraavissa luvuissa niissä kohdin kuin se on tarkoituksenmukaista.

4.4.1. Taistelun vaiheet

Taistelun vaiheet simulaatioajoissa ovat samat kuin panssarintorjunnan yksinkertaistetulla laskentamallilla tehdyssä laskennassa. Simulaation osittain automaattisesta luonteesta johtuen vaiheiden sisällä on joitain eroja, nämä erot käsitellään tarkemmin vaiheiden ja johtopäätösten yhteydessä.

Simulaatiossa ajettava skenaario on vaiheistettu jakamalla vaiheet skenaariossa kuluvan ajan perusteella. Toiminta skenaariossa kulkee alusta loppuun ilman keskeytyksiä, mutta kellottamalla eri tapahtumat on saatu luotua aikaan sidotut vaiheet. Tämän johdosta esimerkiksi vaiheiden kolme ja neljä toiminta on ajallisesti peräkkäin, vaikka todellisuudessa nämä vaiheet olisivat ainakin osittain samanaikaisia.

4.4.2. Vaihe 1

Simulaatiota ajettaessa tullaan joissain ajoissa tilanteisiin, jolloin vaiheessa yksi sininen ampuu punaisen vaunua myös panssarintorjuntaohjuksella. Keskimäärin sadan ajon tuloksena sininen käyttää 0,4 panssarintorjuntaohjusta ja tuhoaa niillä 0,19 BMP-2-vaunua. APILAS-singolle samat luvut ovat 0,48 ja 0,25. Tämän kaltaisissa tapauksissa on tuloksia esitettäessä pyöristetty luvut lähimpään tasalukuun ja otettu se vaiheen lopputulokseksi.



Kuva 23: FLAMES-simulaation vaihe 1

Kuva 23 esittää simulaation vaihetta yksi. Kuvan tilanteessa punaisen tiedustelupartio on pysähtynyt sinisen rakentaman varamiinoitteen eteen. Varamiinoite on kuvattu suorakaiteella, jonka sisällä on sinisiä ympyröitä. Punaisen BMP-2-vaunuista toinen on jo tuhottu sinkojen tulella ja toista ollaan juuri ampumassa. Sinisen panssarintorjuntaohjukset eivät pellon takaa tällä hetkellä ole tulittamassa. Kuvan oikeassa ylänurkassa oleva CV9030-vaunu ei osallistu vaiheen taisteluun.

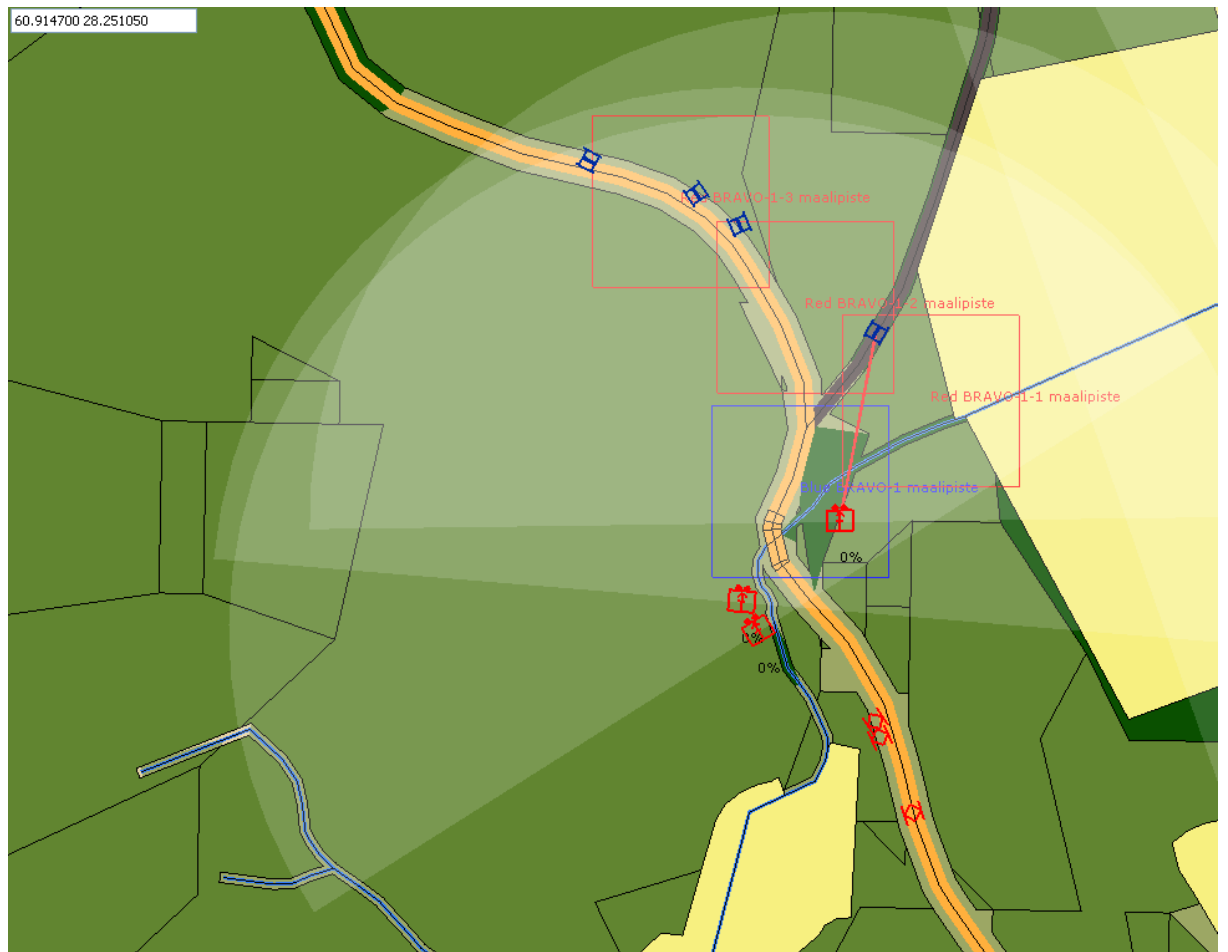
SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOITU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
APILAS	2	0	0	2
KES	2	2	1	0
PUNAINEN				
BMP-2	2	1	0	1

Taulukko 44: Simulaation ensimmäisen vaiheen tulokset

4.4.3. Vaihe 2

Vaiheen kaksi aikana punainen ampuu panssarihaupitsipatterillaan skenaarion mukaan 36 kranaattia, mutta jostain syystä simulaation tuloksissa ammuttujen kranaattien keskiarvo on 38,92. Tämä saattaa johtua esimerkiksi siitä, että punaiselle joukolle on jäänyt ”päälle” ominaisuus, jossa sen tulenjohtaja pystyy omatoimisesti käyttämään tulta havaittua vihollista vastaan. Tällä ei kuitenkaan ole mitään vaikutusta tappioihin, sillä yhtään sinisen vaunua ei punainen epäsuoralla tulella onnistu tuhoamaan. Sininen ampuu vaiheen kaksi lopulla 24 kappaletta raskaan 120 millimetrin kranaatinheittimen ammuksia ja saa sillä aikaan 0,03 vaunun tappiot punaiselle. Epäsuoralla tulella ei vaiheessa kaksi tuhota yhtään vaunua.

Simulaatiossa punainen käyttää vaiheen kaksi aikana 0,16 AT-5-ohjusta. Tätä ei lopputuloksissa huomioida, koska sillä ei ole vaikutusta tuhoutuneisiin vaunuihin. Panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin tuloksissa AT-5-ohjuksia ei myöskään ole huomioitu ennen vaihetta neljä.



Kuva 24: FLAMES-simulaation vaihe 2

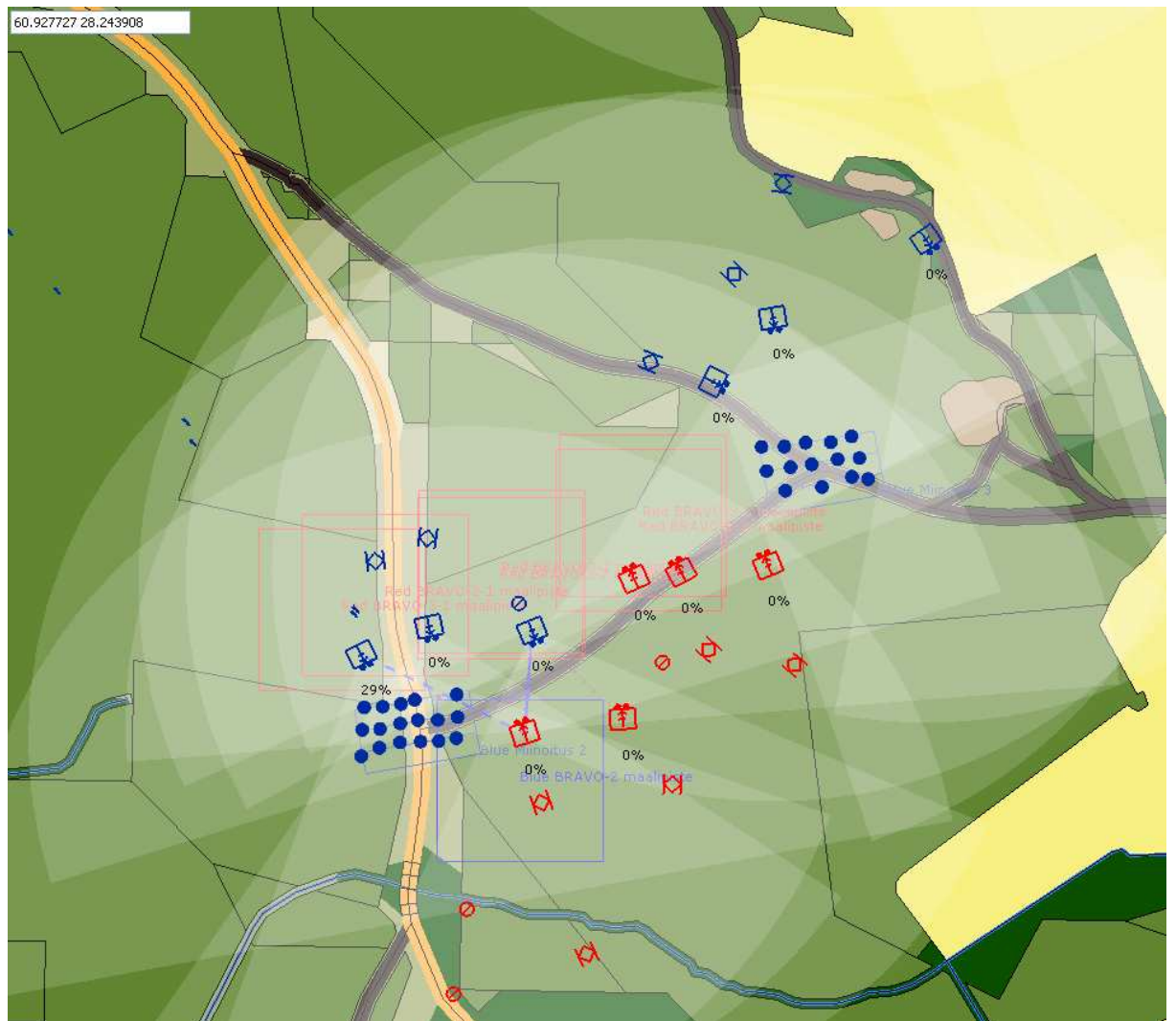
Kuvassa 24 punaisen taistelutiedustelupartio on simulaation vaiheessa kaksi hyökkäämässä pääuran suunnassa. Risteysalueella olevat neljä sinisen taistelupanssarivaunua ovat juuri saaneet kosketuksen punaisen moottoroituihin jalkaväkiryhmiin. Kuvan tilanteessa punaisen moottoroitu jalkaväkiryhmä on tulittamassa sinisen Leo 2A4 -vaunua. Kuvassa näkyvät harmaat läpikuultavat puoliympyrät kuvaavat jalkaväkiryhmien näkemäalaa eli tähystyssektoria.

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
LEO 2A4	4	2	2	2
PUNAINEN				
BMP-2	3	2	0	1
RPG-7	12	3	2	9
RPG-26	12	0	0	12

Taulukko 45: Simulaation toisen vaiheen tulokset

4.4.4. Vaihe 3

Kolmannessa vaiheessa kumpikin osapuoli käyttää epäsuoraa tulta. Punainen ampuu 144 kappaletta raskaan kranaatinheittimen kranaatteja ja 108 kappaletta kevyen kranaatinheittimen kranaatteja. Tämä on kolme kertaa enemmän kuin skenaarion rakentamisvaiheessa on määritelty. Ammuttujen kranaattien määrään on vaikuttanut simulaation parametriin jäänyt virhe, mikä kolminkertaistaa ammuttujen kranaattien määrän. Sinisen ampuma raskaan kranaatinheittimen kranaattien määrä on 24 eli kumpikin ajoneuvo on ampunut 12 kappaletta, tämä määrä on aivan oikein. Punaisen ampumalla kolminkertaisella heittimistön kranaattimäärällä on saatu siniselle aikaiseksi 0,58 vaunun eli pyörästettyä yhden CV9030-vaunun tappiot. Vaiheen lopputuloksissa tehdään kuitenkin oletus, että heittimien kranaatit eivät yksinään riitä vaunun tuhoamiseen. Kranaatinheittimien aiheuttama tappio yhdistettynä 2S1-kranaattien aiheuttamaan 0,31 vaunun tappioon kuitenkin saa aikaan yhden sinisen CV9030-vaunun tuhoutumisen epäsuorassa tulella. Tuhottu vaunu merkitään panssarihaupitsipatterille. Sinisen tulipatterin ampumat 43 sirpalekranaattia ja 5 kuormaammusta eivät aiheuta tappioita punaisen panssarihaupitseille.



Kuva 25: FLAMES-simulaation vaihe 3

Kuvassa 25 on vaiheen kolme taistelu kiivaimmillaan. Kuvan vasemmassa yläkulmassa näkyvät siniset soikiot kuvaavat sinisen raskaan kranaatinheittimistön kranaatteja matkalla maalialueelle. Kuvan tilanteessa kaksi punaisen ja yksi sinisen rynnäköpanssarivaunuista on jo tuhoutunut. Yksi punaisen moottoroitu jalkaväkiryhmä on myös kuvan tilanteessa tuhattu. Kuvassa lähimpänä peltoa oleva sinisen panssarijääkäriryhmä vaunuineen ei pysty osallistumaan tämän vaiheen taisteluun.

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
CV9030	6	4	0	2
APILAS	12	7	5	5
KES	40	2	1	38
PUNAINEN				
BMP-2	7	6	0	1
RPG-7	24	5	3	19
RPG-26	24	0	0	24
2S1	6	0	1	6

Taulukko 46: Simulaation kolmannen vaiheen tulokset

4.4.5. Vaihe 4

Punaisen epäsuora tuli aiheuttaa yhteensä 2,73 miehen tappiot. Tappio pyöristetään kolmeen mieheen. Simulaation tuloksista ei ole suoraan nähtävissä, onko PSTOHJ 2000 -ampumalaitteelle aiheutunut vahinkoa. Simulaatio laskee ryhmäaseen tuhoutumisen samalla, kun ryhmästä kaatuu mies kaavalla

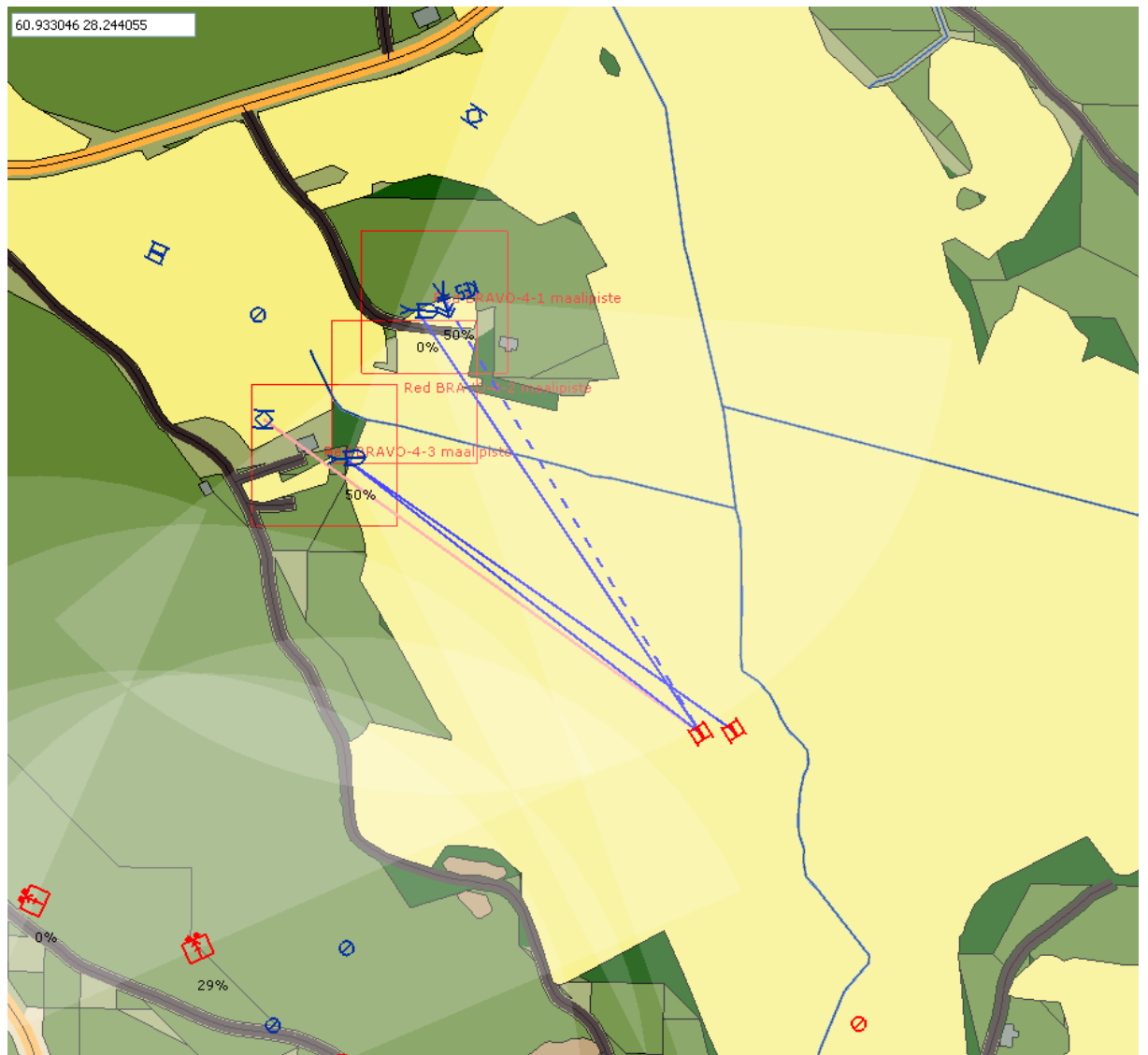
$$P(\text{ryhmäase}) = 1 / \text{ryhmän_taistelijoiden_lukumäärä}$$

siten, että useamman taistelijan kaatuessa ryhmän koossa huomioidaan aiemmin kaatuneet. Panssarintorjuntaohjusryhmiä on vaiheessa neljä kaksi kappaletta ja kummassakin ryhmässä on seitsemän taistelijaa. Jos kaikki tappiot kohdentuvat samaan ryhmään, niin saadaan panssarintorjuntaohjusampumalaitteen tuhoutumistodennäköisyydeksi 0,51. Jos oletamme, että yksi tappioista kohdentuu eri ryhmään, niin tuhoutumistodennäköisyys on 0,45. Ensimmäisessä vaihtoehdossa voitaisiin katsoa toisen ampumalaitteen tuhoutuneen ja toisessa vaihtoehdossa selvinneen vahingoittumatta. Koska vaiheen aikana sininen on ampunut kuusi panssarintorjuntaohjusta, on tehty oletus, että molemmat ampumalaitteet ovat selvinneet epäsuorasta tulesta ja osallistuneet taisteluun. Yksi ampumalaite ei kyseisessä tilanteessa

todennäköisesti olisi ehtinyt ampua kaikkia kuutta ohjusta kahdeksasta ryhmällä mukana olevasta ohjuksesta.

Yksittäisten sinisen aseiden tuhoamien BMP-2-vaunujen lukumäärä vaiheessa neljä on yksi. Laskettaessa eri aseilla aiheutetut vahingot yhteen saadaan kumulatiivisesti tuhoutuneiden BMP-2-vaunujen lukumääräksi kaksi. Yhteenlaskettuna eri aseet ovat tuhonneet 1,58 vaunua. Suurimman osuuden (0,26) toisesta vaunusta on tuhonnut CV9030, ja tästä syystä tappio merkitään CV9030:n aiheuttamaksi.

T-90-vaunuja vaiheessa neljä katsotaan tuhoutuneeksi neljä kappaletta, vaikka eri aseiden tuhoamien vaunujen tarkka yhteenlaskettu arvo onkin 3,42. Tässä tapauksessa aseita yksitellen tarkasteltaessa huomataan, että pyöristämissäännön mukaan T-90-vaunuja on tuhottu neljä kappaletta (0,83, 0,56 ja 1,81). Kummankin lopputuloksen käyttö on perusteltua. Tässä työssä tuloksia tulkittaessa käytetään sääntönä sitä, että yhteenlasketut tuhoamisluvut huomioidaan, mikäli ne pyöristyvät isommaksi kuin yksittäisten aseiden itsenäisesti pyöristetyt tuhottujen vaunujen lukumäärät.



Kuva 26: FLAMES-simulaation vaihe 4

Kuvassa 26 punaisen kaksi jäljellä olevaa T-90-vaunua ovat etenemässä pellolla kohti pellon luoteisnurkkaa. Kaksi T-90-vaunua on jo tuhottu, toinen niistä näkyy oikeassa alareunassa. Taisteluvaunujen perässä tulevat rynnäköpanssarivaunut eivät ole mahtuneet tähän kuvaan. Toinen sinisen Leo 2A4 -vaunuista on kuvassa jo tuhottu. Kuvan vasemmassa alanurkassa näkyvät kaksi punaisen moottoroitua jalkaväkiryhmää ja kaksi tuhottua sinistä yksikköä, kuuluvat vaiheessa kolme taistelleisiin joukkoihin. Pellolla ja metsäsaarekkeissa näkyvät kolme punaista neliötä ovat punaisen epäsuoran tulen maalialueita. Läntisimmän maalialueen sisällä oleva CV9030-vaunu on ajanut sinne punaisen epäsuoran tulen jälkeen.

SININEN	ALUSSA	ASEITA KÄYTETTY / VAUNUJA TUHOUTU- NUT	VASTUS- TAJAN VAUNUJA TUHOTTU	OMIA ASEITA/ VAUNUJA JÄLJELLÄ
PSTOHJ 2000	2 / 16	0 / 6	2 (T-90) 1 (BMP-2)	2 / 10
APILAS	2	1	0	1
LEO 2A4	2	2	1 (T-90)	0
CV9030	2	1	1 (T-90) 1 (BMP-2)	1
PUNAINEN				
T-90	4	4	2 (LEO) 1 (CV9030)	0
BMP-2 (AT-5 x 4)	2	2	0	0

Taulukko 47: Simulaation neljännen vaiheen tulokset

4.4.6. Yhteenveto

JOUKKO	ASEITA / VAUNUJA ALUSSA							KÄYTETTY / TUHOU- TUNUT		JÄLJEL- LÄ		VAUNUJA TUHOTTU TST / RYNN / PSH	
	CV9030	LEO2A4	APILAS	KES	PST-OHJ 2000	155K98	YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
SININEN													
TT-OS	2	0	2	2	16	0	22	10	45	12	55	3 / 3 / 0	75 / 75 / 0
SV-OS	6	4	12	40	0	0	62	17	27	45	73	1 / 8 / 0	25 / 67 / 0
TULIPTRI	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	100	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
YHT	8	4	14	42	16	6	90	27	30	63	70	4 / 11 / 0	100 / 85 / 0
PUNAINEN	BMP-2	T-90	RPG-7	RPG-26	AT-5 (BMP-2)	2S1	YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
TIEDP	2	0	0	0	0	0	2	1	50	1	50	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
TSTTIED	3	0	12	12	0	0	27	5	19	22	81	2 / 0 / 0	50 / 0 / 0
VAROS	8	4	24	24	8	0	68	17	25	51	25	2 / 5 / 0	100 / 63 / 0
PSHPTRI	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	100	0 / 0 / 1	0 / 0 / 17
YHT	13	4	36	36	8	6	103	23	22	80	78	4 / 5 / 1	100 / 63 / 17

Taulukko 48: Simulaation tulos osastoittain

JOUKKO	ASEITA / VAUNUJA ALUSSA					KÄYTETTY / TUHOU- TUNUT		JÄLJEL- LÄ		VAUNUJA TUHOITU TST / RYNN/ PSH		
	TT-OS	SV-OS	TULIPTRI		YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%	
SININEN												
CV9030	2	6	0		8	5	63	3	38	1 / 1 / 0	25 / 11 / 0	
LEO 2A4	0	4	0		4	4	100	0	0	1 / 2 / 0	25 / 40 / 0	
APILAS	2	12	0		14	8	57	6	43	0 / 5 / 0	0 / 45 / 0	
KES	2	40	0		42	4	10	38	90	0 / 2 / 0	0 / 22 / 0	
PSTOHJ 2000	16	0	0		16	6	38	10	63	2 / 1 / 0	50 / 50 / 0	
155K98	0	0	6		6	0	0	6	100	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	
YHT	22	62	6		90	27	30	63	70	4 / 11 / 0	100 / 85 / 0	
PUNAINEN	TIEDP	TSTTIED	VAROS	PSHPTRI		YHT	KPL	%	KPL	%	KPL	%
BMP-2	2	3	8	0		13	11	85	2	15	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
T-90	0	0	4	0		4	4	100	0	0	2 / 1 / 0	50 / 50 / 0
RPG-7	0	12	24	0		36	8	22	28	78	2 / 3 / 0	50 / 50 / 0
RPG-26	0	12	24	0		36	0	0	36	100	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
AT-5 (BMP-2)	0	0	8	0		8	0	0	8	100	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
2S1	0	0	0	6		6	0	0	6	100	0 / 1 / 0	0 / 50 / 0
YHT	2	27	68	6		103	23	22	80	78	4 / 5 / 0	100 / 63 / 0

Taulukko 49: Simulaation tulos aseittain

Liitteissä 2 ja 3 on esitetty kuvaajana simulaation aikana tuhoutuneet yksiköt vaiheittain ja eri asejärjestelmien tuhoamat yksiköt. Kuvaajat on piirretty simulaation tulostietokannasta R-sovellusympäristön ohjelmalla.

5. MENETELMIEN VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1. Yleistä

Tässä tutkimuksessa vertailtavien menetelmien lähestymistapa taisteluiden lopputuloksen laskemiseksi on varsin erilainen. Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli on deterministinen malli, jonka sovellettavuus erilaisiin tilanteisiin riippuu hyvin paljon tutkimuksen tekijän kyvystä ja taidosta hahmottaa taistelun kulku ja johtaa siitä mallilla laskettavissa olevat taisteluparit. Mallia voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi normaalin sotatekniikan opetuksen yhteydessä eritasoisilla sotilashenkilökunnan kursseilla. Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli on käyttökelpoinen työkalu taisteluiden mallintamiseen, mutta tällaisenaan se soveltuu parhaiten panssarivaunujen ja

panssarintorjunta-aseiden välisiin taisteluihin. FLAMES-alustalle tehty simulaatiomalli taas on periaatteessa sovellettavissa sellaisenaan lavettitasolta noin vahvennettujen komppanioiden välisiin taisteluihin, mutta simulaatiossa käytettävien mallien, skenaarioiden rakentaminen ja tulosten kerääminen sekä niiden muuntaminen analysoitavaan muotoon vaatii asiantuntemusta, jota ei sotilasopetuksen kautta ole mahdollista saada.

Kummallakin mallilla on kuitenkin pohjalla sama parametri, jolla ratkaistaan esimerkiksi panssarintorjunta-aseen ja panssarivaunun välinen kaksintaistelu. Tämä parametri on tuhoamistodennäköisyys. Simulaatiossa tuhoamistodennäköisyyden avulla ratkaistaan jokaisen laukauksen vaikutus kohteessa, mutta panssarintorjunnan yksinkertaistetussa laskentamallissa tuhoamistodennäköisyydestä johdetaan laskentamallin käyttämä parametri, aseiden keskimääräinen tuhoamiskyky.

Suoritettaessa vertailua tämän tyyppisten menetelmien välillä ei ole tarkoituksenmukaista yrittää asettaa menetelmiä paremmuusjärjestykseen. Tärkeämpää on yrittää löytää se, miten ja mistä syystä tulokset mahdollisesti eroavat ja toisaalta miten menetelmiä voi tai olisi hyvä kehittää myöhempiä tutkimuksia silmällä pitäen. Tästä syystä tässä luvussa menetelmiä vertailtaessa keskitytään pohdiskelemaan tutkimusta tehdessä esiin tulleita havaintoja ja tuloksia sekä niiden pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä.

5.2. Johtopäätökset

Työn pohjaksi valitulla taktisella tilanteella ja siitä tehdyillä oletuksilla, kuten esimerkiksi punaisen moottoroitujen jalkaväkiryhmien ja rynnäköpanssarivaunujen reiteillä sekä niiden pohjalta panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia varten muodostetuilla taistelupareilla, on lopputuloksen kannalta merkittävä vaikutus. Saadut taistelun lopputulokset pätevätkin vain tähän kyseiseen tilanteeseen ja tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä laskettuna.

Panssarintorjunnan yksinkertaistetulla laskentamallilla saatavien tulosten muodostumisessa ratkaiseva tekijä on se, miten skenaariossa taistelevien osapuolten väliset kaksintaisteluparit muodostetaan. Kaksintaistelupareja muodostettaessa tulee identifioida kaikki toisiaan vastaan taistelevien asejärjestelmien eri kombinaatiot. Kombinaatioiden pohjalta yritetään löytää taistelumaastoon ja tilanteeseen sopivat kaksintaisteluparit. Tämän jälkeen tulee päättää,

missä järjestyksessä ja millä torjunta-alueella tai -alueilla kaksintaisteluparit käyvät taistelunsa. Lopuksi tulee vielä päättää, kumman näkökulmasta laskenta suoritetaan ja mikä on osapuolten taistelutapa, hyökkäys vai puolustus.

Suuria haasteita panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia käytettäessä on ennen kaikkea siinä, miten lasketaan kestopäyttöaseiden, kuten panssarivaunujen, välisiä taisteluita. Sama ongelma tulee myös panssarivaunun ja panssarintorjunta-aseen välillä, jos taistelu käydään panssarivaunun näkökulmasta, eli lasketaan kuinka monta panssarintorjunta-asetta panssarivaunu tuhoaa eikä toisinpäin. Ongelman ydin on se, miten lasketaan kestopäyttöaseen kuluminen eli miten monta niitä tuhoutuu samalla, kun vastapuolelta tuhoutuu keskimääräisen tuhoamiskyvyn verran aseita. Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia ei ilmeisesti alun perin ole ajateltukaan käytettäväksi tämän kaltaisiin tarkasteluihin. Tähän voidaan lisätä myös problematiikka siitä, miten valitaan se, käytetäänkö kaksintaistelumallin mukaan laskettua tuhoamiskykyä vai pelkkien tuhoamistodennäköisyyksien pohjalta laskettua tuhoamiskykyä. Vaiheessa neljä T-90- ja LEO 2A4 -vaunujen välinen kaksintaistelu käytiin T-90:n näkökulmasta. Tällöin lopputuloksena oli, että kaksi T-90-vaunua tuhoavat yhden LEO 2A4:n ja selviävät itse vahingoittumattomina. Mikäli taistelu olisi käyty LEO 2A4:n näkökulmasta, olisi lopputuloksena ollut se, että yksikään vaunu ei olisi tuhoutunut. Samassa tilanteessa kaksintaistelumallilla laskettua tuhoamiskykyä käytettäessä olisi LEO 2A4:n näkökulmasta tarkasteltuna tuhoutunut yksi T-90 ja yksi LEO 2A4. Kaksintaistelumallillakin olisi lopputulos T-90:n näkökulmasta ollut sama, eli vain LEO 2A4 olisi tuhoutunut. Tässä tilanteessa on kyseessä pieni panssarivaunumäärä, joten erot näiden vaihtoehtojenkaan välillä eivät ole isot. Isojen vaunumäärien ollessa kyseessä erotkin toki olisivat suuremmat.

Tarkastellun esimerkin pohjalta voidaan mielestäni tehdä johtopäätös, että samantyyppisten panssarivaunujen välisiä taisteluita ratkottaessa on parempi käyttää kaksintaistelumallin mukaisia tuhoamiskykyjä, koska sitä käytettäessä kumpikin osapuoli kuluu. Tämä johtopäätös ei ole enää pätevä esimerkiksi taistelupanssarivaunun ja rynnäköpanssarivaunun välisessä taistelussa, jossa esimerkiksi T-90 puolustustaistelussa lähitorjunta-alueella tuhoaa laskennallisesti 1113 kappaletta CV9030-vaunuja. Vaikka johtopäätös onkin se, että samantasoisten panssarivaunujen välisissä taisteluissa kannattaa käyttää kaksintaistelumalliin pohjautuvia tuhoamiskykyjä, niin silti edelleen jää mietittäväksi se, kumman kykyä käytetään. Kaksintaistelumallin käytöstä huolimatta lopputulos on siitä riippuvainen.

Edelleen samasta ongelmasta on kysymys vaiheessa neljä, kun lasketaan sinisen panssarintorjuntaohjusryhmien ja T-90-vaunujen välistä taistelua. Kaksintaistelumallin mukaan yksi PSTOHJ 2000 -ampumalaite tuhoaa kaukotorjunta-alueelle elinkaarensa aikana 18 kappaletta T-90-vaunuja. Tutkimusta tekevälle ja laskentaa suorittavalle jää pohdittavaksi, onko tämä kyseisessä tilanteessa ylipäättään mahdollista.

Tässä tutkimuksessa on taistelupareja ja tuhoamiskykyjä valittaessa tultu siihen lopputulokseen, että käytetään PSTOHJ 2000:n tuhoamistodennäköisyyksien perusteella laskettua tuhoamiskykyä kaukotorjunta-alueelle. Perusteena on tutkimuksen tekijän ammatillinen näkemys siitä, että maalina olevien vaunujen liike, ohjusampumalaitteiden tuliasemien vaihdot ja todennäköisyys sille, että hyökkäämässä oleva punaisen osasto havaitsee ohjusampumalaitteet ja vastaa tulitukseen, aiheuttaa sen, etteivät ohjusryhmät kykene toimimaan niin vapaasti kuin kaksintaistelumalli olettaa. Kaksintaistelumalliin on laskettu sisään todennäköisyys sille, että maalina oleva vaunu havaitsee ohjustuliaseman ja tulittaa sitä, mutta se ei huomioi sitä, että taistelukentällä saattaa olla muitakin vihollisia kuin ohjusten maalina olevat. Tässä tutkimuksessa tehdystä päätöksestä huolimatta joku muu tutkija olisi voinut päätyä myös toisenlaiseen päätökseen. Tämä on yksi esimerkki siitä, että panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia käytettäessä on hyvä pohtia saatujen tulosten taustoja ja tulokseen johtaneita valintoja.

Parhaimmillaan panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli lieneekin isompien osastojen välisissä yksinkertaisissa taisteluissa. Tällöin on helpompi muodostaa kaksintaisteluparit niin, ettei niistä tule liian monimutkaisia.

Simulaatiossa ei periaatteessa ole edellä kuvatun kaltaista ongelmaa. Simulaatiossa olevaan kognitiomalliin ja skenaarion parametreihin sisältyy kuitenkin sellaisia tekijöitä, joita muuttamalla lopputulos voi vaihdella merkittävästi. Tällaisia ovat esimerkiksi yksiköiden näkökentän laajuus, kasvillisuuden rajoittama näkemäalueen pituus ja loogiset vertailut, tai niiden puuttuminen, siitä mitä milläkin aseella ammutaan ja miltä etäisyydeltä. Skenaariota tehtäessä yksiköille luodaan reittipisteet, joiden kautta yksiköt kulkevat, eikä niille, kognitiomallista riippuen, jää paljonkaan valinnanvaraa oman reittinsä määrittelemisessä tehtyjen havaintojen ja kohdattujen vihollisten perusteella. Skenaariota luotaessa onkin pyrittävä löytämään mahdollisimman todenmukaiset reitit eri yksiköille ja mahdollisuuksien mukaan pyrittävä huomioimaan kussakin tilanteessa kohdattujen vihollisten vaikutus reitin

muodostumiseen. Tähän vaiheeseen on paremmin todellisuutta jäljittelevän tapahtumakulun aikaansaamiseksi hyvä saada mukaan myös sotilaallista asiantuntemusta.

Skenaarion rakenne on kumpaakin menetelmää ajatellen pyrittävä pitämään mahdollisimman yksinkertaisena, mutta kuitenkin realistisena. Tulosten esittämistä, tulkintaa ja analysointia helpottaa, jos samat yksiköt eivät toimi useassa vaiheessa. Saman yksikön taistellessa useassa vaiheessa tulee eteen tilanteita, jolloin yksiköiden vahvuus jälkimmäisessä tilanteessa vaihtelee, ja tämän takia voi jälkimmäistä vaihetta analysoitaessa olla vaikeaa saada vertailukelpoisia tuloksia. Tässä tutkimuksessa vaiheessa neljä taistelevat joukot jäivät aiemmin koettujen tappioiden takia turhan pieniksi, ja olisikin ehkä ollut mielekkäämpää ottaa vaiheeseen neljä mukaan kokonaan uusi moottoroitu jalkaväkijoukkue. Mikäli taistelevat joukot ovat jo lähtökohtaisesti riittävän suuria, niin tätä ongelmaa tuskin tulee.

Skenaarion tuloksia vertailtaessa nousee esiin FLAMES-alustaisen simulaation dynaamisuus verrattuna panssarintorjunnan yksinkertaistettuun laskentamalliin. Laskentamallissa tutkimuksen tekijä itse päättää, mitkä yksiköt taistelevat missäkin vaiheessa ja miltä etäisyyksiltä. Konstruktiiivisessa simulaatiossa yksiköt käyttävät tulta ja aseita tietokoneen ohjaamana. Usein myös eri tavalla, kuin tutkija oli ehkä ajatellut. Eikä yksiköiden toiminta ole yhtä jyrkän säänneltyä kuin deterministisessä laskentamallissa. Toisaalta simulaation tarkoituksenakin on jättää toimintoja kognitio- ja järjestelmämallien päätettäväksi ja tehtäväksi. Näiden mallien hyvyydestä riippuu simulaation ohjaaman toiminnan todenmukaisuus ja tutkimuksesta saatu lopputulos. Tässä tutkimuksessa simulaation toiminta erosi laskentamallilla lasketusta muun muassa siinä, että punainen osapuoli käytti AT-5-ohjuksia jo ennen vaihetta neljä. Samoin sininen osapuoli käytti APILAS-sinkoa myös vaiheessa neljä. Kummankaan näiden käytöllä ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta lopputulokseen. Panssarintorjuntaohjuksia punainen käytti niin vähän, että käytettyjen ohjusten lukumäärä jäi keskimäärin niin pieneksi, ettei niitä lopputuloksissa huomioitu ollenkaan. FLAMES-alustainen konstruktiiivinen simulaatio soveltuukin itsenäisestä luonteestaan johtuen hyvin erilaisten taktisten tai taisteluteknisten ratkaisujen testaamiseen. Simulaatiossa mallit toimivat samojen ohjelmoitujen mallien mukaisesti jokaisessa tilanteessa. Laskentamallia käytettäessä voidaan tehtyjen ratkaisujen takia ajautua tahtomatta sellaiseen tilanteeseen, etteivät saadut tulokset olekaan enää vertailtavissa.

Simulaatiossa saattaa tulla vastaan tilanteita, jolloin kognitio- tai järjestelmämallin aikaansaama toiminta ei menekään niin kuin oli ajateltu. Esimerkkinä voidaan käyttää tässä

tutkimuksessa tehtyä havaintoa siitä, että punaisen moottoroidut jalkaväkiryhmät eivät käyttäneet taistelussa ensimmäistäkään RPG-26-sinkoa. Se johtuu siitä, että moottoroiduille jalkaväkiryhmille oli määritelty ensisijaiseksi panssarintorjunta-aseeksi RPG-7. Jokaisella ryhmällä oli neljä kranaattia yhteen RPG-7-sinkoon. Yhdessäkin tilanteessa kranaatit eivät päässeet ryhmiltä loppumaan, joten niillä ei ollut tarvetta käyttää RPG-26-sinkoja. Panssarintorjunnan yksinkertaistettu laskentamalli eteni jokaisessa vaiheessa kaksintaisteluparista seuraavaan sitä mukaa, kun E_{uh} -arvon määrittämä vaunumäärä on tuhottu tai k_2 - k_6 -parametreilla määritellyt kyseiseen vaiheeseen osallistuvat aseet ovat loppuneet.

Menetelmillä saatuja tuloksia vertailtaessa on huomattavissa merkittävä ero aseiden kulutuksessa skenaarion aikana. Simulaatiossa panssarintorjunta-aseita on kulunut selvästi vähemmän kuin yksinkertaistetussa laskentamallissa. Simulaatiossa sininen osapuoli on käyttänyt 30 % ja punainen osapuoli 22 % aseistaan, kun taas panssarintorjunnan yksinkertaistetulla laskentamallilla sininen käyttää 43 % ja punainen 46 % aseistaan. Aseiden kulutus, tietyllä maalien ja aseiden lukumäärällä, panssarintorjunnan yksinkertaistetussa laskentamallissa on tarkasti sen suuruinen, kuin aseiden keskimääräinen tuhoamiskyky monitulitusparametrilla (k_6) korjattuna määrittää. Simulaatiossa aseiden kulutus on riippuvainen ampumatilanteiden esiintymisestä ja kunkin aseiden tuhoamistodennäköisyydestä. Skenaariossa toteutunut aseiden kulutus ei vastaa tarkalleen aseelle annettua tuhoamistodennäköisyyttä. Simulaation tarkoista tulostiedoista on laskettavissa, että 68 % ammutuista APILAS-singoista ja 51 % ammutuista KES-singoista tuhosi BMP-2-vaunun. Keskimääräiset ampumaetäisyydet olivat APILAS:lla 112 metriä ja KES:llä 82,5 metriä. Simulaation käyttämä tuhoamistodennäköisyys on KES:llä 100 metriin asti 0,59 ja APILAS:lla 0,80. APILAS:n keskimääräinen ampumaetäisyys on 12 metriä enemmän, mutta lineaarisesti osumatodennäköisyyden olisi tullut 12 metrin matkalla laskea vain 2,6 %. KES:n tuhoamistodennäköisyys jäi 9 % alle laskennallisen tuhoamistodennäköisyyden. RPG-7-singolla tuhoamistodennäköisyys LEO 2A4 -vaunua vastaan 97 metrin keskimääräisellä ampumaetäisyydellä on 62 %, mikä on likimain sama kuin simulaation laskennassaan käyttämä arvo. Näistä arvoista voidaan tehdä johtopäätös, että sinkojen tuhoamistodennäköisyys niitä ammuttaessa on simulaatiossa riippuvainen jostain tai joistain muistakin tekijöistä kuin niille asetetuista tuhoamistodennäköisyyksistä tai sitten tässä skenaariossa ammutut laukausmäärät ovat niin pieniä, että niihin jäi vielä tilastollista hajontaa.

Kumpikaan tutkimuksessa käytetty menetelmä ei huomioi yksiköiden taistelumoraalia tai niiden reagoitua taistelukentän tapahtumiin esimerkiksi epäsuoralta tulelta suojautumiseksi. Sinällään tämä ei ole vika tai virhe, mutta se on huomioitava tuloksia analysoitaessa. Esimerkiksi vaiheessa neljä punaisen ampuessa epäsuoraa tulta ohjustuliasemien alueelle on erittäin todennäköistä, että ohjusryhmät olisivat sen ajan suojautuneena eivätkä kykenisi tulitoimintaan. Vaiheessa kolme punainen jatkaa härkäpäisesti hyökkäystä, vaikka kuusi vaunua seitsemästä on jo tuhoutunut. Tässäkin oikeasti voisi käydä niin, että hyökkääjän koettua kovia tappioita hyökkäys vähintään pysähtyisi tai hyökkääjä jopa vetäytyisi.

Skenaariota luotaessa tarkoituksena oli, että kaikki skenaarion aikana käytettävä epäsuora tuli on ”käsikirjoituksen” mukaista. Punainen osapuoli on tulosten perusteella kuitenkin käyttänyt epäsuoraa tulta enemmän kuin skenaarioon oli ohjelmoitu. Ei kuitenkaan niin paljoa, että sillä olisi ollut merkitystä lopputuloksen kannalta. Tämä ilmeisesti johtuu siitä, että punaiselle osapuolelle on skenaarion määrittelyyn jostain syystä jäänyt mahdollisuus myös itsenäiseen tulenkäyttöön niillä yksiköillä, joilla kyky tähän on. Tämä on yksi esimerkki siitä, miten simulaatiota hyödyntävää tutkimusta tehtäessä on varauduttava siihen, että skenaariota voi joutua tarkistamaan ja muuttamaan vielä silloinkin, kun kaiken piti jo olla kunnossa. Simulaatio on kaikkine malleineen ja muuttujineen erittäin monimutkainen ja myös monipuolinen, mutta sinne helposti jää asioita ja yksityiskohtia, joiden jäljittäminen ja muuttaminen vaatii simulaattorihenkilöstön asiantuntemusta.

Tutkimuksessa käytettyjen epäsuoran tulen laskentamallien kesken on havaittavissa pieniä eroja. Maalien sijainnit maalialueilla ja niille alueille ammuttujen kranaattien määrät olivat samat kummassakin mallissa. MATLAB-laskentamalliin jouduttiin lähteiden pohjalta osa ampumatarvikkeiden vaikutussäteistä määrittelemään itse. Punaisen panssarihaupitsipatterin sirpalekranaattien vaikutus CV9030-vaunuihin vaiheessa kolme oli simulaatiossa noin 2,5-kertainen MATLAB-malliin verrattuna. Simulaatiossa 122 millimetrin kranaatin vaikutus CV9030-vaunuun oli määritelty niin, että kranaatin osuessa vaunuun tuhoutumistodennäköisyys oli 1,0 ja neljän metrin matkalla tuhoutumistodennäköisyys laski 0,5:een ja oli tätä kauempana 0. MATLAB-malliin määriteltiin kranaatin vaikutusetaisyysdeksi 2,6 metriä, mikä tarkoitti täysosumaa. Tällöin vaunun tuhoutumistodennäköisyys oli 1,0. Pelkän sirpalevaikutuksen ei katsottu riittävän CV9030:n tuhoutumiseen.

Sinisen 155 millimetrin kuorma-ammuksen tytärkraanaattien vaikutus oli määritelty simulaatioon siten, että etäisyydellä 0 metriä tuhoamistodennäköisyys on 1,0 ja todennäköisyys laskee 2,3 metriin mennessä arvoon 0,5. MATLAB-malliin todennäköisyys oli määritelty niin, että kahden tytärkraanaatin tulee osua vaunuun ja tällöin tuhoutumistodennäköisyys on 1,0. Vaikutusetäisyys, jolla kuvattiin vaunuun osuminen, oli määritelty 2,6 metriin. Tuloksissa on merkittävä ero. MATLAB-mallin tuloksena punaiselta tuhoutui sirpalekraanaattien ja kuorma-ammusten vaikutuksesta 0,9 panssarihaupitsia ja simulaation tuloksena 0,23 panssarihaupitsia.

Menetelmien lopputuloksissa on tuhottujen vaunujen lukumäärissä havaittavissa pientä eroa. Edellä jo pohdittujen asioiden lisäksi tähän on vaikuttanut myös se, että simulaatiossa on käytetty aseiden tuhoamistodennäköisyytenä suoraan taulukoiden 15-18 arvoja. Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia varten näistä on johdettu aseiden keskimääräiset tuhoamiskyvyt. Simulaatiossa toteutuneet ampumaetäisyydet vaihtelevat noin sadan metrin kummallakin puolen. Kahdeksan APILAS-asetta ammuttiin keskimäärin ampumaetäisyydellä 126 metriä, neljä KES-sinkoa ampumaetäisyydellä 83 metriä ja kahdeksan RPG-7-sinkoa ampumaetäisyydellä 90 metriä. Näillä etäisyyksillä sinkoaseiden tuhoamistodennäköisyydet ovat merkittävästi suuremmat kuin vastaavan aseiden lähitorjunta-alueen tuhoamiskyky. Tämä on vaikuttanut osaltaan myös simulaatiossa toteutuneeseen selkeästi pienempään panssarintorjunta-aseiden kulutukseen.

Panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia käytettäessä tehdyt valinnat torjunta-alueiden ja taisteluun osallistuvien asejärjestelmien osalta eivät olleet täysin samat kuin simulaatiossa toteutui. Esimerkiksi vaiheessa kaksi laskentamallissa määriteltiin, että yksi sinisen panssarivaunuista aloittaa taistelun keskitorjunta-alueella ja kolme vaunua neljästä taistelevat lähitorjunta-alueella. Yksi sinisen vaunuista ei pysty osallistumaan taisteluun ollenkaan. Simulaation tulostiedostoista on luettavissa, että kaksi sinisen vaunuista osallistui tämän vaiheen taisteluun ja toisella niistä pisin ampumaetäisyys oli 371 metriä ja toisella 169 metriä. Kaikkien laukausten ampumaetäisyyden keskiarvo oli 280 metriä. Lähitorjunta-alue on majuri Lainevirran diplomityössä määritelty 100–300 metriin ja keskitorjunta-alue 600–1 000 metriin. Lähi- ja keskitorjunta-alueen välille jää 300 metrin aukko, joka ei määritelmän mukaan kuulu kumpaankaan alueeseen. Lähitorjunta-alue on kuitenkin määritelty loppumaan 300 metriin, joten voidaan olettaa, että keskitorjunta-alue on tarkoitettu alkamaan jo heti 300 metrin jälkeen. Ensimmäinen tuhoamiskyvyn laskentaan käytettävä tuhoamistodennäköisyys

on kuitenkin vasta 600 metrin tuhoamistodennäköisyys. Samankaltaisia eroavuuksia ampumaetäisyyksissä menetelmien välillä on myös vaiheen neljä tuloksissa.

Simulaation aikana BMP-2-vaunujen tehottomuus LEO 2A4 -vaunuja vastaan on hieman yllättävää. BMP-2-vaunussa on kuitenkin kiinteänä aseena AT-5-panssaritorjuntaohjus, joka tuhoamistodennäköisyyksien perusteella on varteenotettava ase LEO 2A4:ta vastaan. Simulaatioajojen aikana punainen puoli käytti vaiheen neljä aikana kuitenkin keskimäärin vain 0,09 AT-5-ohjusta. Käyttämillään ohjuksilla punainen tuhosi keskimäärin 0,05 LEO 2A4 -vaunua, mikä käytettyä ohjusta kohden antaa tuhoamisprosentiksi 56 %. Vaiheen neljä taistelumaasto on sellainen, että sen perusteella voisi olettaa hyökkävien BMP-2-vaunujen käyttävän huomattavasti enemmän ohjustulta. BMP-2-vaunujen asevalintamallissa tulisikin selkeästi määritellä, että taistelupanssarivaunuja vastaan käytetään tilanteen salliessa aina panssaritorjuntaohjusta. Koska BMP-2:n ohjusampumatähtäin ei ole vakautettu, on panssaritorjuntaohjuksen ampuminen liikkuvasta BMP-2-vaunusta erittäin vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Tämän johdosta on toisaalta perusteltuakin, että hyökätessään aukean yli eivät BMP-2-vaunut ole pysähtyneet ampumaan ohjuksia.

Tuloksia analysoitaessa täytyy pitää mielessä, että panssaritorjunnan yksinkertaistetussa laskentamallissa käytetyt aseiden tuhoamiskykyjen erot eri torjunta-alueille ja taistelulajeille ovat melko karkeita yleistyksiä. Raskaallakin kertasingolla on mahdollista tuhota vaunuja yli 300 metrin päähän, mutta lähdeaineistossa on APILAS rajattu pelkästään lähitorjunta-alueella käytettäväksi. Erot mallin mukaisessa tuhoamiskyvyssä puolustuksen ja hyökkäyksen välillä tulevat ampumaetäisyyksien erilaisina painotuksina siten, että hyökkäyksessä oletetaan ammuttavan kauemmas. Voidaan tietysti kyseenalaistaa, miten luotettava kyseinen näkemys on. Ilman tutkimustietoa tästä aiheesta voidaan yhtä pätevästi väittää, että puolustustilanteessa, kun etäisyydet on mitattu ja toiminta on harjoiteltu, ammutaan panssaritorjunta-aseilla joissain tilanteissa kauemmas kuin hyökkäystehtävässä. Pääosin erot eivät ole kovin merkitseviä. Hyökkäyksessä tuhoamistodennäköisyydet sinkoaseilla ovat noin 20–30 % pienemmät kuin puolustuksessa, paitsi RPG-26:lla noin 40 % pienempi.

FLAMES-alustalle tehdyllä simulaatiolla tehtävä tutkimus tehdään tyypillisesti PVTT:n tutkimushenkilöstön toimesta. He toteuttavat tutkimuksen asiakkaan vaatimusten perusteella. Tilatessaan tutkimusta asiakkaan on osattava antaa täsmällisiä vaatimuksia skenaariosta ja tutkimuksella haettavista tuloksista. Edullista on myös se, että asiakas on ennalta käsin

perehtynyt siihen, mitä simulaatiolla voidaan tutkia ja tehdä tai ainakin hänen tulee heti tutkimuksen alkuvaiheessa perehtyä näihin asioihin. Tutkimuskysymysten avulla voidaan ohjata tutkimushenkilöstön työtä halutun lopputuloksen saamiseksi, siksi tutkimuskysymysten määrittelyyn kannattaa paneutua tosissaan.

FLAMES-simulaation hyödyt saataneen parhaiten esille tilanteissa, joissa voidaan vertailla erilaisten ratkaisujen tai asejärjestelmien vaikutusta lopputuloksiin. Tuhottujen vaunujen lukumäärä ei yksistään ole sellainen haluttu lopputulos, jossa simulaatio on parhaimmillaan. Tässä tutkimuksessa tällaisen lopputuloksen kautta on kuitenkin saatu tutkimuksen tekemisen ohessa tietoa simulaation käytettävyydestä ja soveltuvuudesta panssarintorjunnan simulointimenetelmänä. Samalla on ollut mahdollista vertailla simulaatiota deterministiseen malliin. Suurimpina eroina menetelmien antamissa numeerisissa tuloksissa voidaan pitää eroa käytettyjen panssarintorjunta-aseiden lukumäärissä. Erot tuhattujen vaunujen lukumäärissä eivät ole kovin isoja, eikä tämän tutkimuksen perusteella ole nähtävissä merkittäviä eroja menetelmien välillä silloin, kun halutaan tiettyyn tilanteeseen sitoen selvittää sentyyppinen tulos. On toki muistettava mitä edellä on sanottu panssarintorjunnan yksinkertaistetun laskentamallin käyttöön liittyvistä valinnoista. Toinen havaittu ero menetelmien välillä liittyy epäsuoraan tuleen. Kokonaistappiot eivät kummassakaan menetelmässä nousseet merkittäviksi, mutta varsinkin kuorma-ammusten tehokkuudessa oli selvä ero. Simulaatiossa käytetyn kuorma-ammusmallinnuksen tehokkuus oli vain 26 % MATLAB-mallin tehokkuudesta.

6. KEHITYSTARPEET

Tutkimuksen edetessä on tunnistettu kehittämistarpeita kumpaankin tutkimuksessa käytettyyn menetelmään. Osa näistä tarpeista on tullut esille jo edellisessä luvussa, kun on käsitelty tuloksista ja tutkimuksesta tehtyjä johtopäätöksiä. Osa tässä esitetyistä kehitystarpeista voi olla sellaisia, ettei niitä ole mahdollista toteuttaa tai niiden toteuttamiseksi vaadittava työmäärä on kohtuuton saavutettavaan hyötyyn nähden. Tutkimuksen perusteella näitä olisi kuitenkin hyvä pohtia.

Kaksintaistelumallin käytöstä huolimatta panssarintorjunnan yksinkertaistettua laskentamallia pitäisi pystyä käyttämään vuoropohjaisesti. Varsinkin kestäkäyttöaseiden kohdalla tulee eteen tilanteita ja taistelupareja, joiden lopputuloksen laskeminen realistisemmin edellyttäisi

jonkinlaisen vuoropohjaisuuden käyttöä. Tämän pohtimiseen ja kehittämiseen kannattaa tulevaisuudessa tutkimuksissa paneutua. Yksinkertaistettu laskentamalli mahdollistaa melko vapaan kaksintaisteluparien muodostamisen ja torjunta-alueiden valinnan. Näiden valintojen tekemiseen olisi ehkä mahdollista luoda säännöstö, jonka avulla panssarintorjunnan yksinkertaistetulla laskentamallilla tehtyjen tutkimusten tuloksia voisi saada vertailukelpoisemmiksi.

FLAMES-alustalle tehdyn simulaation ase- ja maalinvalintamalleja tulisi vielä kehittää. Tavoitteena olisi luoda ase- ja maalinvalintaan logiikka, jolla esimerkiksi jalkaväki käyttäisi rynnäköpanssarivaunuja vastaan tietyllä etäisyydellä asti KES-sinkoja ja kyseisen etäisyyden jälkeen vasta APILAS-sinkoja. Tällä on tarkoituksena säästää APILAS-singot niiden ensisijaisia maaleja taistelupanssarivaunuja vastaan. Raja-arvona oleva matka määritetään tuhoamistodennäköisyyden perusteella, eli ennen kuin KES:n tuhoamistodennäköisyys laskee esimerkiksi alle 0,5:een, vaihdetaan raskaaseen kertosinkoon. Tässä tutkimuksessa punaisen käyttämä RPG-7 on tutkimuksen määritelmän mukainen kestävä ase. RPG-7:n lataamisen aikana pitäisi tietysti aina käyttää RPG-26-aseita, ja ase- ja maalinvalinta näiden välillä tulisi tapahtua saman logiikan mukaan kuin edellä kuvattu KES:n ja APILAS:n käyttö. Ase- ja maalinvalinnan BMP-2:n taistellessa vastustajan taistelupanssarivaunuja ja rynnäköpanssarivaunuja vastaan pitäisi enemmän painottaa panssarintorjuntaohjuksen käyttöä. Varsinkin jos BMP-2 ei ole liikkeessä. Liikkeestäkin se voisi hakeutua lähimpään tuliasemaan, mistä se pystyisi paremmasta suojasta käyttämään ohjustaan. Suojaan hakeutuminen vaatisi todennäköisesti muutoksia myös BMP-2:n kognitiomalliin. Kognitiomalli voisi myös ottaa enemmän huomioon yksikön kärsimien tappioiden vaikutusta joukon etenemiseen hyökkäystehtävässä sekä kohdattujen vihollisen vaikutusta hyökkäysreittiin ja tuliasemien valintaan.

Tulevaisuudessa tutkimuksissa skenaariota luotaessa pitää vielä tarkemmin pohtia epäsuoran tulen maali-alueiden paikat ja niihin ampuvien tuliyksiköiden koot. Tämän tutkimuksen skenaariossa esimerkiksi punaisen kranaatinheitinpatterin tulijoukkueet ampuivat eri maali-alueille, vaikka niiden olisi tullut ampua yksikkönä samalle maali-alueelle. Tämä ei sinällään ole ohjelmallinen kehitystarve vaan asia, joka tulee muistaa skenaarioita laadittaessa. Tutkimusta tehdessä pitää epäsuoran tulen maali-alueiden keskipisteet miettiä siten, että epäsuoralla tulella on mahdollisuus tuoda lisäarvoa tutkimukselle. Tutkimukseen luodun skenaarion kaikki maali-alueet eivät olleet parhaat mahdolliset tehokkaan tulenkäytön kannalta, vaikka niitä vielä viime hetkilläkin muokattiin. Osittain ehkä myös tästä syystä epäsuoran tulen teho jäi varsin vaatimattomaksi.

Epäsuoraa tulta käytettäessä panssaroiuihin maaleihin on kuorma-ammusten käyttö lähes välttämätöntä, jos halutaan saada aikaiseksi vaunutappioita. Simulaation ja MATLAB-mallin kesken kannattaa tehdä parempi vertailu ja tutkia, mistä tutkimuksessa löytynyt merkittävä ero johtuu vai onko kyseessä jostain syystä vain tätä tilannetta koskeva poikkeus. Sirpalekranaattien parametreissa oli myös selvää ero. FLAMES-simulaation arvot eivät todennäköisesti turvaluokituksen takia ole tarkimmat mahdolliset, mutta sirpalekranaattien vaikutusetäisyydet rynnäköpanssarivaunuihin vaatinevat tarkennusta.

Joidenkin asejärjestelmien kuten esimerkiksi panssarintorjuntaohjusampumalaitteiden tuhoutuminen epäsuorassa tulella ja suora-ammuntatulella olisi perusteltua mallintaa eri tavalla, kuin tällä hetkellä on toteutettu. Ohjusampumalaitteesta voisi tehdä erillisen maaliobjektin, joka itse toimiakseen tarvitsee ryhmästään riittävän määrän toimintakykyisiä taistelijoita, mutta joka voi myös itse tuhoutua tulituksen kohteeksi jouduttuaan ja osuman saatuaan.

Toinen epäsuoran tulen käyttöön liittyvä parannus on yksiköiden suojautuminen epäsuoran tulen kohteeksi jouduttuaan. Varsinkin jalkaväen suojautuminen epäsuoralta tulelta on realistista toimintaa. Suojautumisen aikana jalkaväki ei kykene käyttämään ryhmäaseitaan pois lukien tilanteet, jolloin jalkaväki taistelee linnoitetuissa asemissa, joista pystytään taistelemaan epäsuoran tulen alla. Tämä mahdollistaisi hyökkäävien yksiköiden liikkeen suojaamisen epäsuoran tulen käytöllä, niin kuin oikeastikin tehdään.

Tärkeimmät simulaation kehittämistarpeet liittyvät yksiköiden realistisemman ja taisteluteknisesti oikeamman toiminnan kehittämiseen. Osa näistä tarpeista on hallittavissa tarkalla skenaariosuunnittelulla. Hyvinkin suunnitellussa skenaariossa saattaa tulla vastaan tilanteita, jolloin yksiköiden realistisempi toiminta vaikuttaisi lopputulokseen sitä laadullisesti parantaen. Tämän tutkimuksen kaltaisilla töillä on tulevaisuudessa mahdollista etsiä lisää parannuskohteita niin FLAMES-simulaatioon kuin muihinkin operaatioanalyysissä käytettäviin menetelmiin. Tässä luvussa esitettyjen kehittämistarpeiden pohjalta on mahdollista kehittää työkaluja entistä paremmiksi ja myös saada ideoita jatkotutkimusten pohjaksi.

DIPLOMITYÖN LÄHDELUETTELO

1. BTVT.NAROD.RU, T-90 katto, <http://www.btvv.narod.ru/4/armor.htm>, viitattu 19.4.2011.
2. BTVT.NAROD.RU, T-90 etupanssari, <http://btvt.narod.ru/4/t-90vsabrams.htm>, viitattu 19.4.2011.
3. ARMY-TECHNOLOGY.COM, CV90 ulkomitat, <http://www.army-technology.com/projects/cv90/specs.html>, viitattu 5.1.2011.
4. FAS-MILITARY ANALYSIS NETWORK, <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/row/at5spandrel.htm>, viitattu 19.4.2011.
5. FLAMES 9.0 DOCUMENTATION, Ohjelmiston help-tietokanta.
6. **HELENIUS, JANNE:** HAASTATTELU 23.9.2011. Insinööri Janne Helenius työskentelee Porin Prikaatissa KASI-järjestelmäinsinöörinä ja on ollut mukana KASI-hankkeessa laatimassa muun muassa läpäisytaulukoita ja maalianalyysikuvioita. Aineisto on tekijän hallussa.
7. **HONKELA, MATTI:** HAASTATTELU 25.11.2009. Majuri Matti Honkela on NLAW- ja KVLÄHIPST -hankkeiden asiantuntija ja on työskennellyt aiemmin muun muassa Panssarikoulun tutkimus- ja kehittämisosastolla. Aineisto on tekijän hallussa.
8. **ISBY, DAVID C:** WEAPONS AND TACTICS OF THE SOVIET ARMY. Jane's Publishing Company Limited. Lontoo 1988.
9. **ISBY, DAVID C: Organization of the Russian Motor Rifle Battalion.** Jane's Intelligence Review n:o 1/1995. s.6-7.
10. JAISWAL, N.K: **MILITARY OPERATIONS RESEARCH: QUANTITATIVE DECISION MAKING.** Tekijät N. K. Jaiswal. Kluwer Academic Publishers, USA 1997. ISBN 0-7923-9858-0.
11. **KAINULAINEN, PERTTI:** HAASTATTELU 8.11.2010. Kapteeni Pertti Kainulainen on Leopard 2A4 ja CV9030 FIN -hankkeiden asiantuntija ja työskentelee tällä hetkellä Panssarikoulun Tutkimus- ja kehittämisosastolla.
12. **KARJALAN JÄÄKÄRIPRIKAATI, (HARJOITUSVAHVUUS A1, 2004), OHJESÄÄNTÖNUMERO 408C, TLL IV, HELSINKI, 2005.**
13. KASI-SIMULAATTORIN MAALIANALYYSIKUVIOT JA LÄPÄISYTAULUKOT. Aineisto on saatu insinööri Janne Heleniuksen haastattelun yhteydessä, aineisto on tekijän hallussa.
14. **KURONEN, RISTO:** Operaatiotaidon ja taktiikan harjoitus 6:n luento ”Yhteisoperaatioiden suunnittelu” yleisesikuntaupseerikurssi 55:lle, TLL III, 17.5.2011, Helsinki.
15. **LAINEVIRTA, MARKKU:** ESITYS JÄÄKÄRIPRIKAATIN PANSSARINTORJUNNAN KEHITTÄMISEKSI KUSTANNUS- TEHOKKUUSTARKASTELUN PERUSTEELLA. Sotakorkeakoulun diplomityö vuodelta 1989.
16. **LEHTINEN, MATTI:** OPERAATIOANALYYSIA SOTILAILLE. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos. Helsinki 2003.

17. **MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU, SOTATEKNIKAN LAITOS: TULEN VAIKUTUS JA TEHO.** Moniste, 2007.
18. **METTERI, JUSSI: KVANTITATIIVISET TUTKIMUSMENETELMÄT OPERAATIOTAIDON JA TAKTIIKAN TUTKIMUKSESSA.** Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos. Helsinki 2006.
19. **MÄKELÄ, HARRI: HAASTATTELU 22.11.2009.** Majuri Harri Mäkelä on Leopard 2A4 ja CV9030 FIN -hankkeiden asiantuntija ja on tällä hetkellä Panssarikoulun Tutkimus- ja kehittämisosaston johtaja. Aineisto on tekijän hallussa.
20. **MÄTTÖLÄ ALI: ERILLISEN MOOTTOROIDUN JALKAVÄKIPRIKAATIN KOKOONPANO, KALUSTO JA SUORITUSKYKY,** Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos. Vaasa 1997.
21. THE NATIONAL ARCHIVES,
<http://www.nationalarchives.gov.uk/catalogue/displaycataloguedetails.asp?CATID=13350&CATLN=3&FullDetails=True>, viitattu 27.8.2010.
22. PANSSARIJÄÄKÄRIPATALJOONAN TAKTINEN OHJE, TLL IV, PANSSARIKOULU 2006.
23. **PUOLUSTUSVOIMIEN TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS, ASETEKNIikkaOSASTO, LIITE 4: SIMULOINTIMALLIN KUVAUS, ASIAKIRJALIITE, TLL IV, YLÖJÄRVI, 13.1.2009.**
24. **PUOLUSTUSVOIMIEN TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS, ASETEKNIikkaOSASTO, EPÄSUORAN TULEN VAIKUTUKSEN ARVIOINTI MONTE CARLO -SIMULOINTIMALLILLA, MUISTIO, YLÖJÄRVI, 13.1.2009.**
25. **SUIKKANEN RIKU: ETUOSASTOT JA ETUJOUKOT VENÄLÄISESSÄ LIIKETAKTIKASSA,** Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos. Helsinki 2002.
26. TUTOROINTI TIETOVERKOSSA SEMINAARIN NÄYTTÖESITYS.
http://webd.savonia.fi/home/ktrasse/mat_tiedostot/seminaari/Tutorointi_tietoverkossa_seminaari_20050427.ppt, VIITATTU 21.2.2011.
27. **UITTO, KAI: HAASTATTELU 7.1.2011.** Kapteeni Kai Uitto on Porin Prikaatin Kranaatinheitinkomppanian päällikkö. AMOS ampuu iskussa 12 kranaattia/vaunu. Kuusi kranaattia/vaunu ammutaan ryöppynä samaan aikaan iskun aluksi. AMOS-kranaatinheitinjoneuvolla ammutaan 12 kranaattia minuutissa.
28. WIKIPEDIA: <http://en.wikipedia.org/wiki/SPG-9>, viitattu 25.11.2009.
29. WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/B-10_recoilless_rifle, viitattu 29.12.2009.
30. WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/Operations_research, viitattu 27.8.2010.
31. WIKIPEDIA: <http://fi.wikipedia.org/wiki/MATLAB>, viitattu 23.2.2011.
32. WORLD GUNS, RPG-7, <http://world.guns.ru/grenade/gl02-e.htm>, viitattu 5.11.2010.
33. WORLD GUNS, RPG-18, <http://world.guns.ru/grenade/gl38-e.htm>, viitattu 5.11.2010.
34. WORLD GUNS, RPG-26, <http://world.guns.ru/grenade/gl40-e.htm>, viitattu 12.11.2010.

LIITTEET

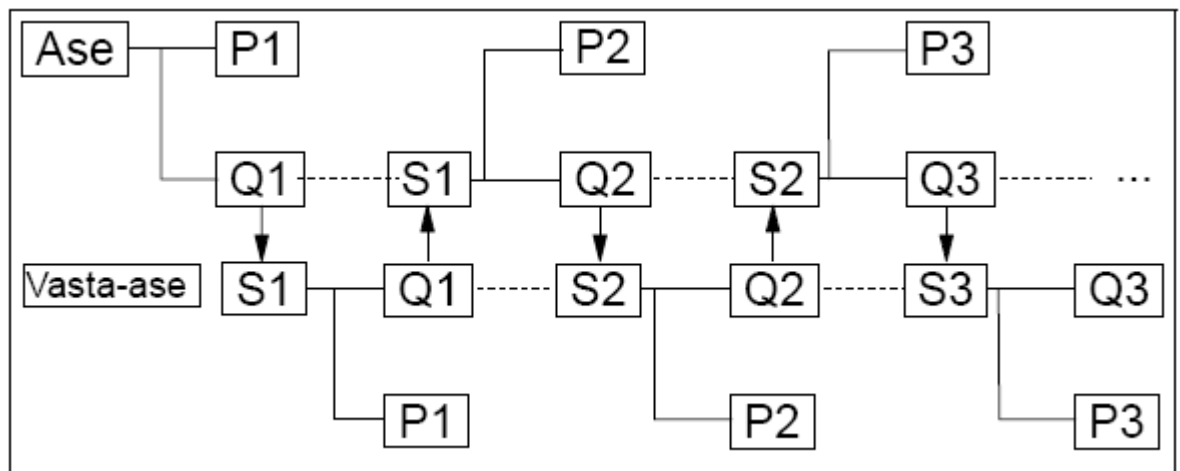
LIITE 1:	KAKSINTAISTELUMALLI	L 1 / 1-1
LIITE 2:	SIMULAATIOSSA TUHOTUT YKSIKÖT VAIHEITTAIN	L 2 / 1-1
LIITE 3:	SIMULAATIOSSA TUHOTUT YKSIKÖT ASEJÄRJESTELMITTÄIN	L 3 / 1-1

KAKSINTAISTELUMALLI

LIITE 1

1. Mallin rakenne

- panssarintorjunta-ase/aseet ja panssarivaunu/vaunut ampuvat vuorotellen
- tavallisesti panssarintorjunta-ase/aseet aloittavat kaksintaistelun (edellyttäen, että pääsevät yllätykseen)
- muuttujat
 - o P_n = ase n :n laukauksen tuhoamistodennäköisyys
 - o Q_n = edellisen komplementti ($=1 - P_n$)
 - o S_n = ase n :n säilymistodennäköisyys vastustajan n :nnesta laukauksessa
- tuhoamis- ja säilymistodennäköisyyksinä käytetään
 - o samoja arvoja koko taistelun ajan tai
 - o annetaan kullekin laukaukselle erikseen, jolloin voidaan ottaa huomioon suojan paraneminen, tilanteen muuttuminen jne.
- molemmille osapuolille lasketaan ”laskupuun” avulla tuhoamis- ja säilymistodennäköisyydet erikseen
- ”laskupuuta” täytetään todennäköisyyslaskennan sääntöjen mukaan
- laskentaa jatketaan
 - o kunnes jomman kumman osapuolen tuhoamis- tai säilymistodennäköisyys lähenee nolaa riittävästi (käytettävän tarkkuuden mukaisesti) tai
 - o lasketaan tietty määrä kierroksia, esimerkiksi kolme kierrosta
- lasketaan yhteen kunkin kierroksen tuhoamistodennäköisyydet molemmille osapuolille erikseen ”laskupuista”
- tehdään johtopäätökset kaksintaistelun lopputuloksesta
- ”laskupuun” rakenne on seuraavanlainen

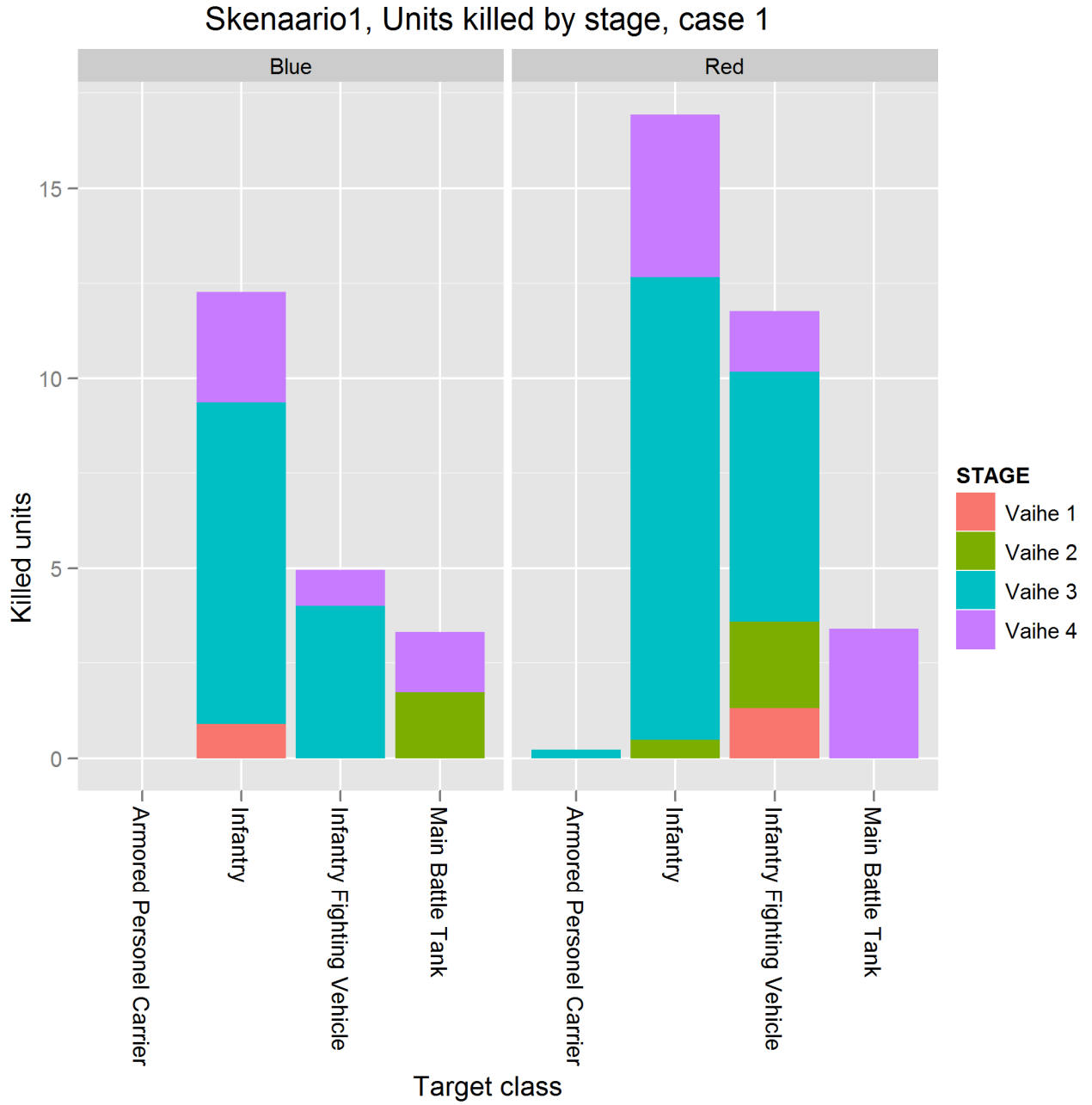


LÄHDE:

Sotatekniikan laitos: TULEN VAIKUTUS JA TEHO. Moniste, 2007.

TUHOTUT YKSIKÖT VAIHEITTAIN

LIITE 2



TUHOTUT YKSIKÖT ASEJÄRJESTELMITTÄIN

LIITE 3

Skenaario1, Units killed per weapon

