

MALLI KENTTÄTYKISTÖN TULEN VAIKUTUKSEN ENNALTA MÄÄRITTÄMISEKSI

Yleisesikuntakapteeni **Markku Koli**

JOHDANTO

Optimointi on optimiarvon, parhaan vaihtoehdon, etsimistä.¹ Optimoitaessa kenttätykistön ampumatarvikkeiden käyttöä etsitään laukausyhdistelmiä, joilla voidaan edullisimmin saada aikaan haluttu vaikutus maalissa. **Maali** on tulitettavaksi aiottu kohde tai maaston kohta, jossa havaitaan vihollisen joukkoja, kalustoa tai laitteita taikka johon niitä odotetaan tulevan.²

Mihin kenttätykistön ampumatarvikkeiden optimointia tarvitaan? On kiistatonta, että nykyaikainen tietojenkäsittelymahdollisuus on hyödynnettävä ampumatarvikkeiden tosiaikaisessa valinnassa. Kun kenttätykistön laskinjärjestelmä sisältää tosiaikaisen optimointimallin, tulenjohtaja vapautuu useimmissa tilanteissa tulenaloituksen ja tulen korjauksen perusteiden arvioinnista. Muina kuin tosiaikaisina sovelluksina optimoinnille voidaan nähdä ampumatarvikkeiden tarkoituksenmukaisten hankintasuhteiden määrittely sekä käytön suunnittelu.

Optimoinnin kannalta keskeisin ongelma on kyky määrittää sekä haluttu vaikutus että sen edellyttämä laukausmäärä. Vaikutuksen ennalta määrittämismallin kehittäminen on välttämätöntä toisaalta ampumaopin mallien ajanmukaistamiseksi ja sitä kautta oikeiden johtopäätösten tekemiseksi käytännön ampumatoimintaa varten sekä toisaalta taktisen suunnittelun apuvälineinä käytettävien simulointimallien parantamiseksi. On ilmeistä, että tällaisia tutkimuksia on tehty kehitettäessä ulkomaisia ammunnanhallintajärjestelmiä. Aiheen luonteesta johtuen tuloksia ei ole kuitenkaan julkaistu. On myös otettava huomioon, että toisen maan olosuhteet, asejärjestelmät ja resurssit antavat siinä määrin erilaiset lähtökohdat ja tavoitteet haettaville ratkaisuille, ettei niiden tuloksia ole meillä sellaisenaan mahdollista soveltaa. Näistä syistä on haettava oma ratkaisumalli esitettyyn ongelmaan.

Kuvassa 1 esitetty kenttätykistön tulen vaikutustekijöiden välinen riippuvuuskehys osoittaa ongelman monitahoisuuden. Se antaa myös selvän kuvan tulenjohtajan puutteellisista mahdollisuuksista arvioida ennalta tulen vaikutusta.

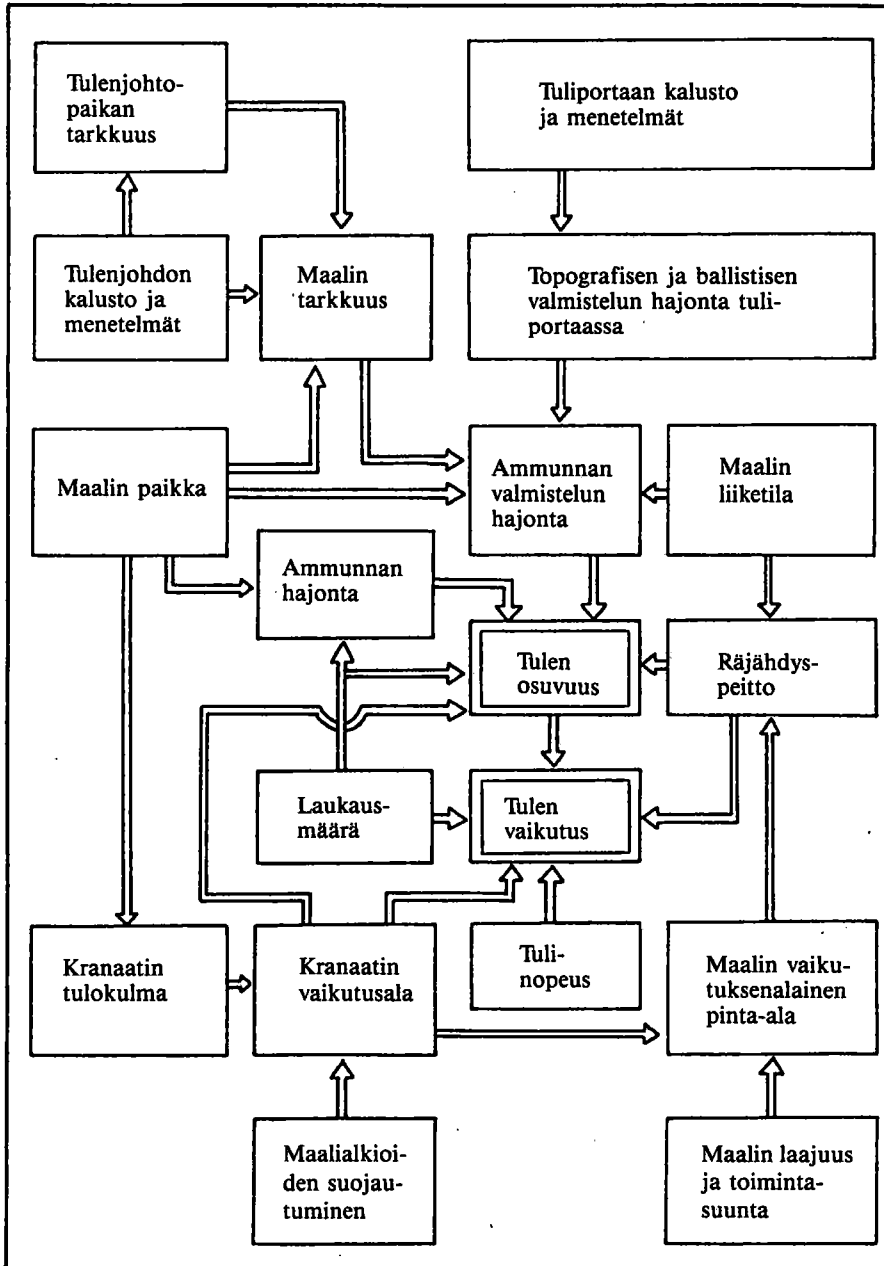
Esitetty ongelma on ratkaistavissa. Kehitetyn mallin perusteeksi tehdään seuraavassa **maalianalyysi**. Sen tulosten perusteella selvitetään ne **mallit ja parametrit**, joita tarvitaan kenttätykistön tulen **osuvuuden ja vaikutuksen määrittämisessä**. Mallit kytketään käytännön ampumatoimintaan määrittämällä **kenttätykistön osuus halutusta tulen kokonaisvaikutuksesta** tyypillisimmissä taktisissa tilanteissa.

1 MAALIANALYYSI

1.1 Maalianalyysin perusteet

Maalimallit voidaan muodostaa kattavasti aikaisempien tutkimusten perusteella. Näillä tutkimustuloksilla on kenttätykistön tulen vaikutuksen ennalta määrittämisen kannalta merkitystä vain silloin, kun maalien kattavuus ja eroteltavuus on kokeiltu

Kuva 1: Kenttätykistön tulen vaikutustekijöiden välinen riippuvuuskehys



myös käytännössä. Tutkimuksen kannalta kunkin mallin on voitava kuvata useampaa maalityyppiä. Maalityypillä tarkoitetaan maalia, joka sisältää yhden tai useampia maalialkioita ja joka sellaisenaan tai suuremman kokonaisuuden osana esiintyy yleisesti taistelukentän olosuhteissa.³ Maalimalli on tutkimuskohteeksi valittu pelkistetty maalityyppi.

Maalityyppien parametrit voidaan asettaa kiinteiksi ainoastaan tutkimusmallien käyttöä varten. Kenttätäkistön tulen vaikutuksen tutkimusmallit, simulointia lukuunottamatta, perustuvat alkioiden tasaiseen jakaumaan maalityyppien käyttöalueella. Tällöin alkioiden lukumäärä ja laadulliset ominaisuudet eivät suoranaisesti vaikuta osuvuuteen eikä lukumäärä aiheutettuihin tappioihin. Hypoteesi edellyttää, että kenttätäkistön nykyisiä ampumatarvikkeita ei suunnitella käytettäväksi maalityyppiin, joka sisältää yhden alkion tai on ulottuvuuksiltaan pienempi kuin $50 \times 50 \text{ m}^2$.

1.2 Kenttätäkistön maalityypit

Panssarijalkaväkikomppania ryhmitetty hyökkäyksessä maastosta ja olosuhteista riippuen 1.5—4 km:n etäisyydellä puolustajasta joukkuejonoon.⁴ Etenemisnopeus on tällöin 15 kilometriä tunnissa. Joukkuejonossa maalityypin koko vastaa kohtaamishyökkäysryhmitystä, jonka pinta-ala (leveys x syvyys) on 400×250 — $400 \times 400 \text{ m}^2$. Hyökkääjä muodostaa 300—1000 m:n etäisyydellä puolustajasta taisteluryhmityksen, jonka pinta-ala on 450×200 — $700 \times 300 \text{ m}^2$.⁵

Syvyys voi pienentyä 100 metriin miehistön jalkautuessa kuljetusajoneuvoista.⁶

Panssarivaununkomppanian etenemismuoto vaihtelee runsaasti maastosta, tiestöstä ja tehtävästä riippuen. Leveys voi olla 300—600 m ja syvyys 500—1000 m.⁷ Kohtaamishyökkäysryhmitys vastaa kooltaan panssarijalkaväkikomppaniaa. Hyökkäysryhmityksessä panssarivaununkomppanian leveys on 350—1000 m ja syvyys 100—300 m.⁸

Hyökkäyksessä käytetään mahdollisimman suurta nopeutta, jolloin hyökkäysnopeudet maaperästä ja mahdollisesta lumimäärästä riippuen voivat vaihdella välillä 10—40 km/h.⁹ Panssarijalkaväki- ja panssarivaunujoukkueen koko hyökkäyksessä vaihtelee välillä 150×50 — $300 \times 150 \text{ m}^2$.¹⁰

Panssarijalkaväkikomppanian puolustusryhmitys on kooltaan 1000×450 — $1500 \times 1000 \text{ m}^2$.¹¹ Joukkueiden ja tukevien aseiden väliset etäisyydet ovat 200—300 m,¹² joten ryhmitystä ei voida pitää yhtenäisenä maalina. Panssarijalkaväkijoukkueen tukikohdan leveys on 200—400 m ja syvyys 150—200 m.¹³ Maahanlasketun komppanian koko on heti maahanlaskun jälkeen $200 \times 200 \text{ m}^2$ ¹⁴ ja ryhmittymisen jälkeen $500 \times 500 \text{ m}^2$. Suhteessa kenttätäkistön ammunnan hajontaan jälkimmäinen alue on liian suuri yhdellä tulyksiköllä tulitettavaksi maaliksi.

Kenttätäkistö patteriston tuliasema-alueen koko on $1000 \times 1000 \text{ m}^2$.¹⁵ Tulipatterin ryhmittymässä suoraviivaisesti sen alueen koko on 100×100 — $400 \times 150 \text{ m}^2$.¹⁶ Ryhmitys vastaa kooltaan ilmatorjuntapatteria ja panssarintorjuntakomppaniaa.¹⁷ Kranaatinheitinjoukkueen tuliasema-alue vastaa puolta tulipatterin alueesta.¹⁸

Johtamispaikkaryhmitykset vastaavat esitettyjä pinta-aloja siten, että divisioonan komentopaikka ja prikaatin esikunta vastaavat vahvennetun panssarijalkaväkikomppanian etenemisryhmitystä sekä pataljoonan komentopaikka panssarijalkaväkijoukkueen etenemisryhmitystä.¹⁹ Huollon ryhmitysalue²⁰ vastaa panssarijalkaväkijoukkueen puolustusryhmitystä.

Katsauksesta havaitaan, että kenttätäkistön maalityyppejä ei voida jakaa

kategorisesti ulottuvuuksien, maalialkioiden tiheyden eikä ryhmitysmuodon perusteella. Vaihteluvälit ovat aivan liian suuret. Karkeaan luokitteluun voidaan kuitenkin pyrkiä. Perusteet tähän saadaan osuvuus- ja vaikutustekijöiden tarkastelusta.

1.3 Maalityyppien parametrien määrittämismahdollisuudet

Tulenjohtaja määrittää vaikutuksen ennalta määrittämiseen eniten vaikuttavat tekijät identifioidessaan **maalin ominaisuudet**. Tässä yhteydessä muodostuvat ne rajat, joita suurempaa tarkkuutta laskennassa ei kannata tavoitella. Kääntäen tämä merkitsee sitä, että tulenjohtajalta saatavat tiedot on kyettävä käyttämään täysimääräisesti hyväksi.

Maalityyppien parametrien määrittämistarkkuuden selvittämiseksi on järjestetty tutkimus. Sen kohteena oli tulenjohtajien kyky määrittää maalityyppien laatu, mitat, toimintasuunta ja keskipiste. Tutkimuksessa tähytettiin seitsemää maalimallia neljältä tulenjohtopaikalta. Tulosten keskinäisessä vertailussa käytettiin Welchin testiä,²¹ jonka testisuure noudattaa likimain t-jakaumaa vapausasteluvulla f. Tuloksia vertailtiin todellisiin mittoihin testisuurella Z, jonka käyttö edellyttää, että otoskoko on vähintään 30. Molemmissa testeissä populaatio oletetaan normaalisti jakautuneeksi.²²

Panssarivaunujoukkueella vahvennetun panssarijalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitysten leveyksien erot havaittiin kaikissa tapauksissa. Komppania kyettiin aina erottamaan joukkueesta, ryhmitysten syvyserot mukaan lukien. Panssarijalkaväkijoukkueen ryhmitysten mittamerot havaittiin sekä leveys- että syvyys suunnassa 79 %:ssa tapauksista. Tulipattereiden ryhmitysalueet määritettiin erilaisiksi. Maalityypin laatu oli oikein 99 %:ssa tapauksista. Laajojenkin maalien keskipisteen todennäköinen poikkeama oli 75 %:ssa tapauksista enintään 4.1 metriä 1:50000 topografisen kartan paikantamistarkkuutta suurempi.

Maalin mitat määritettiin painotettuna keskiarvona 15 % virheellisesti. Etenkin leveyden arvioinnissa tehtiin kokemuksen puutteesta johtuvia hajontavirheitä. Maalin etureunan suunnan tarkkuutta tutkittiin testisuurella Z. Testisuureen merkitsevyytaso oli tavallinen vain 33 %:ssa tapauksista. Suurimmat keskihajonnat olivat koulutuksessa vähiten esiintyneellä tähytysalueella.²³

Testisuureen merkitsevyytaso oli 42 %:ssa tapauksista hyvin harvinainen. Määritettyjen suuntien keskiarvo oli tällöin kohtisuorassa tähytys suuntaa vasten.

Tutkimuksen perusteella tulenjohtajat kykenevät määrittämään hyvin koulutuksessa esille tulleet maalityyppien ominaisuudet. Täten voidaan edellyttää maalien mittojen ja etureunan suunnan määrittämistä muissakin kuin ennalta valmistellun tulenkäytön tilanteissa. Vaikutuksen ennalta määrittämisen kannalta tämä merkitsee sitä, ettei tarvitse rajoittaa luokiteltuihin maalimalleihin.

1.4 Maalimallit

Maalianalyysin perusteella kenttätykistön maalityypit voidaan mallintaa 80—90 % kattavuudella seuraavasti:

— **maalimalli 1 (MM 1)**, joka kuvaa vahvennetun panssarijalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitystä joko jalkautuneena tai kuljetuspanssarivaunuissa leveässä ajomuodossa. MM 1:n pinta-ala on 700 x 200 m²

— **maalimalli 2 (MM 2)**, joka kuvaa MM 1:n suppeampaa ryhmitystä sekä vahvennetun panssarivaunukomppanian etenemis- ja hyökkäysryhmitystä. MM 2:n pinta-ala on 500 x 200 m²

— **maalimalli 3 (MM 3)**, joka kuvaa panssarijalkaväki- ja panssarivaunujoukkueen hyökkäys- ja puolustusryhmitystä, tulipatterin, ilmatorjuntapatterin sekä panssari-
torjuntakomppanian tuliasemaryhmitystä, pataljoonan komentopaikkaa sekä huol-
lon ryhmitysaluetta. MM 3:n pinta-ala on 300 x 150 m²

— **maalimalli 4 (MM 4)**, joka kuvaa maahanlaskukomppanian laskeutumisaluetta, kranaatinheitinjoukkueen tuliasemaryhmitystä sekä MM 3:n suppeampia ryhmitys-
alueita. MM 4:n pinta-ala on 150 x 50 m² ja

— **maalimalli 5 (MM 5)**, joka kuvaa johtamispaikkaryhmitystä ja vajaan
komppanian maahanlaskuryhmitystä. MM 5:n pinta-ala on 300 x 300 m².

1.5 Maalityyppien alkioden suhteellinen esiintymistiheys ja maalien sijaintimaasto

Simuloinneilla on tutkittu maalityyppien esiintymistiheyttä taistelukentällä. Tällöin on todettu, että noin 75 %:ssa tapauksista maalityypin ensisijaisina alkioina on henkilöstö, noin 15 %:ssa ajoneuvot ja noin 10 %:ssa tapauksista jotkut raskaat aseet. Ajoneuvomaaleista pääosa on taistelu- ja rynnäkköpanssarivaunuja panssaroi-
mattomien ajoneuvojen osuuden jäädessä alle 10 %:n kaikista ajoneuvomaaleista.²⁴

Sotapelisimuloinnin perusongelma, pintatilannemaalien korostuminen, on vaikut-
tanut eniten eri ajoneuvotyyppien esiintymistiheyteen korostaen panssaroitujen
ajoneuvojen osuutta. Henkilöstön suojautumisasteen suhteellisen jakauman —
suojaaton noin 47 %, kaivautunut noin 20 % ja rynnäkköpanssarivaunuissa oleva
noin 33 % — voidaan eri tutkimustulosten perusteella olettaa syvyydessäkin
noudattavan samoja suhteita. Viimeisten sotakokemusten mukaan henkilöstömaalit
ovat yleisimpiä myös aukeavoittoisilla alueilla.²⁵

Ruotsalaisen arvion mukaan noin 60 % maaleista sijaitsee metsässä.²⁶ Sotapeleissä
tehtyjen simulointien perusteella metsässä on 53—58 % kaikista maaleista.²⁷

1.6 Maalialkioden haavoittuvuus

Tärkein ja useimmin esiintyvä tykistön tulen vaikutuksen kohteena oleva
maalialkio on henkilö, joka voi olla eriasteisesti suojautuneena. Tavanomaiset
suojautumisasteet ovat:

- suojautumaton henkilö joko pystyssä tai maahan heittäytyneenä
- avopoteron suojautunut henkilö, joka joko tulittaa poterosta tai on muutoin
puutteellisesti suojautunut tai on hyvin suojautunut poteron pohjalle
- katetussa poterossa oleva henkilö
- rynnäkkö- tai kuljetuspanssarivaunussa oleva henkilö sekä
- panssarivaunussa oleva henkilö.

Panssarimattomassa ajoneuvossa oleva henkilö on verrattavissa suojautumatto-
maan henkilöön.

Suojautumattoman pystyssä olevan henkilön haavoittuvana pinta-alana pidetään
yleisesti 0.4 m²:ä. Tämä on ollut perusteena myös ESTVA-tutkimusmalliin
määritetyille sirpalekranaattien vaikutusaloille. Laskentaperuste ei ota huomioon

sitä, että haavoittuva pinta-ala voi vaihdella maaliolkion ja räjähdyspisteen välisestä etäisyydestä, räjähdyskorkeudesta ja maastosta johtuen. Suurimmat erot muodostuvat arvioitaessa ilmaräjähteiden vaikutusalaa. Henkilön heittäytyessä maahan haavoittuva pinta-ala pienenee pintaräjähteillä noin puoleen ja pysyy ilmaräjähteillä ennallaan. Käytettäessä ilmaräjähteitä pienillä tulokulmilla ($\alpha < 30^\circ$) maaten heittäytyneen henkilön haavoittuva pinta-ala muuttuu suhteellisesti tarkasteltuna selvästi suuremmaksi kuin pystyssä olevan henkilön. Tämä johtuu nykyaikaisten sirpalekranaattien tehokkaimman sirpaleviuhkan, sivuviuhkan, kapeudesta.

Vaunujen panssaroinnin painotettu paksuus voidaan määrittää siten, että kukin osapanssarointi lasketaan vastaavan pinnan osuuden suhteessa kokonaispinta-alaan. Tällä menettelytavalla määritettynä viiden painotetusti paksuimmin panssaroidun nykyaikaisen rynnäkö- tai kuljetusvaunun suojan vahvuus on 14.1 mm. Kun tähän lisätään arviot uusimpien rynnäköpanssarivaunujen keskimääräisestä panssaroinnista, voidaan todeta sirpalekranaatin sirpaleen joutuvan läpäisemään keskimäärin 16 mm:n panssarilevyn.

2 KENTTÄTYKISTÖN TULEN OSUVUUSPARAMETRIT JA OSUVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN

2.1 Kenttätykistön tulen osuvuusparametrien määrittäminen

2.1.1 Lähtökohdat

Kenttätykistön tulen **osuvuudella** tarkoitetaan tulituksen kohteena olevaan maaliin vaikuttavien kranaattien osuutta ammutusta laukausmäärästä. Osuus ilmaistaan tavallisesti normitettuna välille 0—1. Kenttätykistön tulen osuvuuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan mallintaa **normaalijakaumalla**. Tutkimuksilla on osoitettu, että osuvuutta tutkittaessa normaalijakaumaa voidaan käyttää t-jakauman asemesta myös pieniä laukausmääriä tarkasteltaessa.²⁸

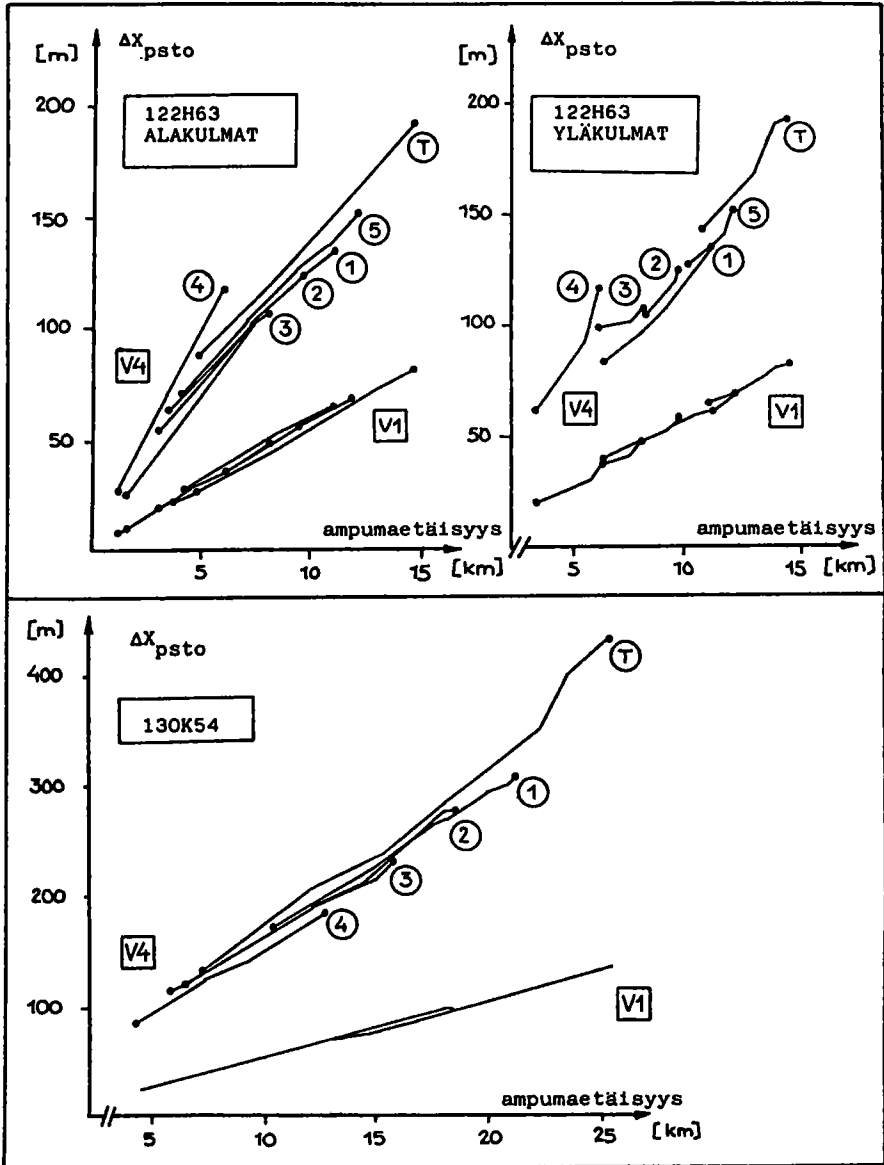
Tässä tarkastelussa käytetään ampumaopillisena tutkimusparametrinä **todennäköistä poikkeamaa**. Tällöin mitattava suure on 50 % varmuudella pienempi kuin määritetty tulos. Tutkimusparametrin tällainen valinta tekee teoreettiset laskelmat yhteismitallisiksi ESTVA-tutkimusmallin keskiarvotulostusten kanssa.

2.1.2 Tuliportaana ammunnan valmistelun hajonta

Kuvassa 2 on esitetty **ammunnan valmistelun virheistä aiheutuvia todennäköisiä poikkeamia ampumaetäisyydessä** tykkikalustoittain ja panoksittain ampumaetäisyyden funktiona.

Vertailuarvoiksi on asetettu ampuma-arvojen laskenta täysin nykyaikaisella välineistöllä (välineistö 1 = V 1) sekä tilanne, jossa tuliyksikön käytössä on ainoastaan laskin (V 4). Täysin nykyaikaiseen välineistöön sisältyvät laskinjärjestelmän lisäksi kehittyneet sään ja lähtönopeuden mittauslaitteet. Uuden välineistön panoksittain esitetyt kuvaajat ovat tykkikalustosta tai korotuskulma-alueesta riippumatta lähes yhteneviä. Kun käytössä on ainoastaan laskin, ovat erot selvemmin havaittavissa. Yleisperiaatteesta, jonka mukaan pienemmän panoksen ballistisen valmistelun hajonta ja sen seurauksena tuliportaana ammunnan valmistelun hajonta on pienempi, löytyy vain yksi poikkeus.

Kuva 2: Esimerkkejä ammunnan valmistelun virheistä aiheutuvista ampumaetäisyyden todennäköisistä poikkeamista.



Tulokset osoittavat, että ampumaetäisyys on ammunnan valmistelun virheistä aiheutuvan ampumaetäisyyden todennäköisen poikkeaman merkittävin selittäjä. Tilastollisesti on osoitettavissa myös, että nykyaikaisella välineistöllä ammunnan

valmistelun hajonta on lähes riippumaton tykkikalustosta. Tämän hypoteesin lineaarisen korrelaation testaaminen antaa ampumaetäisyyden selitysvoimakkuudeksi 99.1 %.

2.1.3 Ammunnan hajonta

Tykkikalusto- ja panoskohtaiset **hajontaparametrit** ovat saatavissa numeeristen ampumataulukoiden osasta "vaikutuksen arviointiperusteet". Muuttuvien tekijöiden — patteri- ja tykkikohtaisten iskemäkeskeispisteiden todennäköisten poikkeamien — vaikutus tuloksiin määritetään muuttamalla kyseisiä parametrejä lähdekirjallisuudessa²⁹ esitetyissä vaihteluväleissä. Korkeus- ja aikautushajonnan merkitystä osuvuuteen ei voida yksiselitteisesti määrittää analysoimatta kranaatin vaikutustekijöiden osuutta.

Patteriston todennäköiset pituuspoikkeamat eivät ole yhtenäisesti mallinnettavissa. 130K54- ja 122H63-kalustoilla on pienemmällä panoksella ääriampumaetäisyyksiä lukuunottamatta pienempi todennäköinen pituuspoikkeama. 155K83-kalustolla tilanne on koko ampumaetäisyydalueella päinvastainen. Riippuvuuden määräävin tekijä on tykin todennäköinen pituuspoikkeama. Muiden tekijöiden vaihteluväleillä tulokset muuttuvat 1-4 %, 155K83-kaluston ääriampumaetäisyydellä 7 %. Patterin todennäköinen pituuspoikkeama on 2-7 % patteriston vastaavaa tekijää pienempi.

Alakulmilla yhdensuuntaisella viuhkalla **patteriston todennäköiset leveyspoikkeamat** eivät panosten käyttöalueen alaosassa juuri poikkea toisistaan. Käyttöalueen puolivälissä erot ovat selvät. Tällöin todennäköinen leveyspoikkeama on kaikissa tapauksissa suuremmalla panoksella pienempi. Käyttöalueen yläosassa erot ovat 10-35 %. Patterin todennäköinen leveyspoikkeama on alakulmilla 20—30 % ja yläkulmilla 10-25 % pienempi kuin patteristolla.

Yhdistetyn viuhkan laskentamallin³⁰ perusteella patteriston todennäköinen leveyspoikkeama kasvaa 10-15 km:n ampumaetäisyyden jälkeen yhdensuuntaisen viuhkan vastaavaa parametriä suuremmaksi. Siinä vaiheessa kasvu on erittäin jyrkkä. Ilmiö vastaa hajonnan mallintamista tilanteessa, jossa pituushajonnan seurauksena ääri-iskemien merkitys korostuu. Tulen osuisuuden parametrinä se kuitenkin antaa kokonaisleveyshajonnan määrittämisessä virheellisen tuloksen.

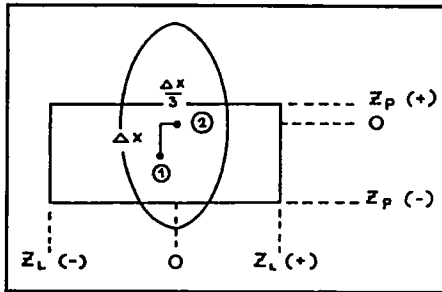
2.2 Kenttätykistön tulen osuisuuden määrittäminen ja osuisuus eri liiketilan omaaviin maaleihin

2.2.1 Laskentamalli ja sen testaus

Tutkimuksessa käytetty **osuisuuden peruslaskentamalli** on esitetty kuvassa 3. Maalin ulottuvuuksissa ei ole otettu huomioon kranaattien vaikutusetäisyyden merkitystä. Tarkasteltaessa osuuvuutta yleisesti kranaatin vaikutusetäisyyttä ei voida yhdistää maalin vaikutusenalaisen pinta-alan saamiseen vastaamaan todellista tilannetta. Kun vaikutusetäisyys vaihtelee tulopisteen suhteellisen sijainnin, ampumasuunnan ja tulokulman funktiona, osuuvuustarkastelun kohteena oleva ulottuvuus voi ampumasuunnassa jopa kaksinkertaistua.

Osuisuuden teoreettisessa määrittämisessä on käytetty normaali jakauman 5. asteen **polynomiapproksimaatiofunktiota**, jonka tarkkuus on parempi kuin 7.5×10^{-8} .³¹ Peruslaskentamallin luotettavuus testattiin ESTVA-tutkimusmallin iskemiä generoi-

Kuva 3: Osuvuuden peruslaskentamalli



SELITE:

1 = maalin keskipiste

2 = iskemäkeskeispiste

 Z_P = pituushajonnan normitettu arvo Z_L = leveyshajonnan normitettu arvo

valla osalla. Simuloinnilla tuotettuja osuvuusparametrejä pidettiin perusteina laskennassa normaalijakaumalla. 30 kierroksella simuloituista iskemäkuviosta valittiin ne, joissa maalin keskipisteen ja iskemäkeskeispisteen suhteelliset sijainnit vastasivat parhaiten kuvan 3 tilannetta. Osuvuuden laskentaan valittiin kutakin panosta kohti neljä patteriston kahdeksan kerran iskemäkuviota. Vertailu tehtiin kaikkiin simulointikiirroksiin. Tulosten mukaan normaalijakauma soveltuu hyvin osuvuuden tutkimiseen. Toisaalta ESTVA-tutkimusmallia voidaan pitää tilastollisesti luotettavana pientenkin laukausmäärien tutkimisessä.

2.2.2 Tulen osuvuus paikallaan olevaan maaliin

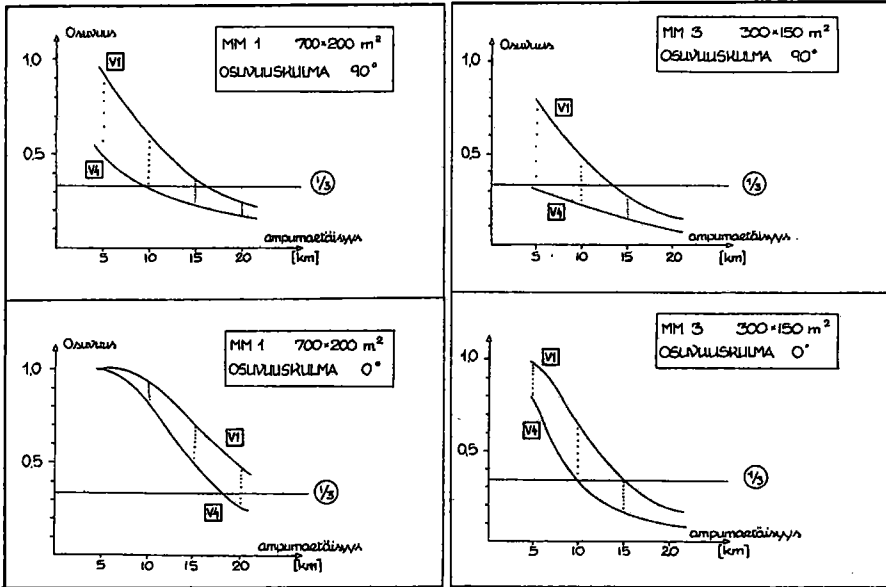
Kuvassa 4 on esitetty kenttätykistön tulen osuvuus eräisiin kahdessa asennossa oleviin maalimalleihin. Ensimmäisessä asennossa maalimalli on kohtisuorassa patteriston keskimääräistä ampumasuuntaa vasten. Tällöin sen osuvuuskulma on 90° . Toisessa asennossa maalimallin etureunan suunta on ampumasuunnan kanssa yhdensuuntainen eli sen osuvuuskulma on 0° .

Kun ammunnan hajontaparametrit pidetään kiinteinä, on osuvuus yli 7,5 km:n ampumaetäisyyksillä 95 % selitysvoimakkuudella ammunnan valmistelun hajonnan lineaarinen funktio. Lineaarisuusoletuksella tehdään kaikilla ampumaetäisyyksillä enintään 4 % virhe.

Tulen tehon kannalta on esitetty vaatimus, että ainakin 1/3 laukauksista tulee osua maalin alueelle³². Vaatimus on osoitettavissa osuvuustarkastelulla mielekkääksi ja siten se voidaan asettaa raja-arvoksi tulenaloitukselle vaikutusammuntana. Prikaatitykistöllä, jonka tavanomaiset ampumaetäisyydet ovat 8–12 km³³, tämä voidaan toteuttaa nykyaikaisella välineistöllä tarkasti valmisteltuna maalimalliin 3 ja sitä suurempiin maalityyppisiin. Suurimpia kenttätykistön maaleja (MM 1 ja MM 2) tulitettaessa asetettu raja-arvo ylittyy lähes aina, kun tulenjohtopaikan todennäköinen sädepoikkeama on alle 60 m ja laskin on käytössä. Kaukotoiminnan ampumaetäisyyksillä, 20–24 km³⁴, tulenaloitus vaikutusammuntana on mahdollista suurimpiin maaleihin, kun nykyaikainen välineistö on käytössä ja osuvuuskulma on lähellä 0° :tta. Osuvuus maalimalleihin 1 ja 2 on likimain sama lukuunottamatta 0° :en osuvuuskulman arvoja yli 15 km:n ampumaetäisyyksillä. Osuvuudet muiden maalimallien kesken poikkeavat selvästi toisistaan.

Patteriston todennäköisen pituuspoikkeaman vaikutusta osuvuuteen voidaan tutkia asettamalla todennäköinen leveyspoikkeama kiinteäksi ja muuttamalla

Kuva 4: Patteriston tulen osuvuus eri osuvuuskuulissa oleviin maalimalleihin



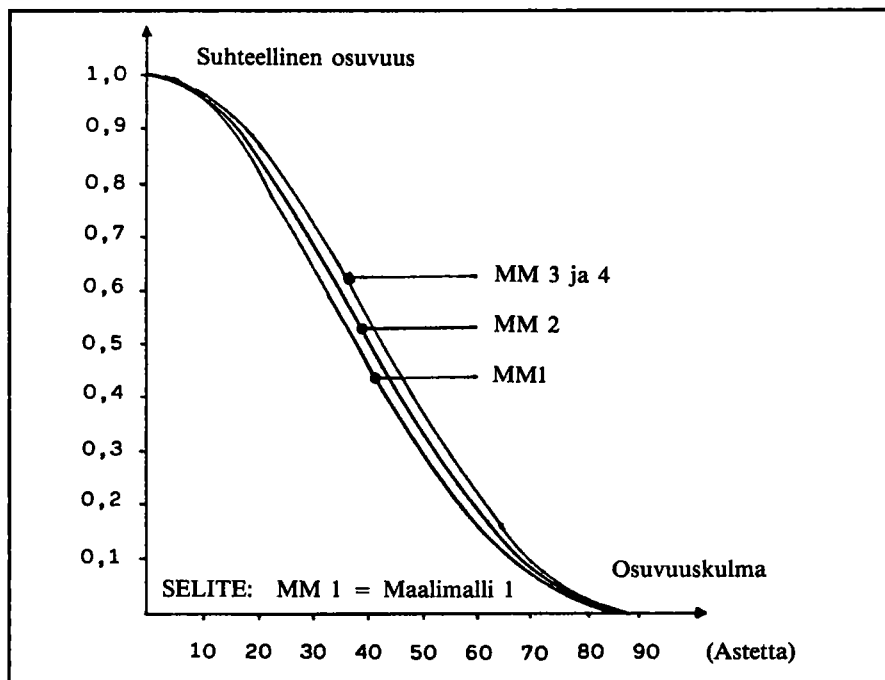
ammunnan valmistelun hajonnan mittoja. Kun osuvuus on vähintään $1/3$, todennäköisen pituuspoikkeaman suureneminen pienentää sitä aina. Kun asiaan kytketään ammunnan valmistelun hajonnan riippumattomuus panoksesta, on patteristossa suoraan vaikutusammuntaan pyrittäessä valittava panos, jonka todennäköinen pituuspoikkeama on kyseisellä ampumaetäisyydellä pienin. Ammunnan valmistelun hajonnan ollessa suuri on pienten maalityyppien (MM 4) tulituksessa tehtävä päinvastoin. Tällöin on otettava huomioon, että osuvuus on aina alle $1/3$.

Patteriston todennäköisen leveyspoikkeaman kasvaminen pienentää aina osuvuutta. 90° osuvuuskuulmalla parametrin muutoksen vaikutus on vain teoreettinen. Prikaatitykistön ampumaetäisyyksillä osuvuuden ero on viereisiä panoksia verrattaessa aina alle 7 %. Tulitettaessa pieniä maalityyppejä yli 15 km:n ampumaetäisyydeltä ero on enimmillään 10 %.

Osuuuskuulman muutoksen vaikutus voidaan mallintaa 5. asteen approksimaatiopolynomeilla, jolloin funktioiden kuvaajat kulkevat määritettyjen keskiarvojen mukaisesti. Approksimaatiopolynomien vastaavuudesta ja keskihajontojen pienyydestä johtuen MM 2:n funktiota (kuva 5) voidaan käyttää yleispätevänä.

Tulipattereiden tulituspisteiden valinta eli patteriston tulen levittäminen vaikuttaa osuvuuteen, koska sekä ammunnan valmistelun hajonnan että ammunnan hajonnan parametrit muuttuvat. Tilanne, jolloin tulen levittäminen siirtää ääri-iskemät maalin ulkopuolelle, on arvioitavissa määrittämällä trigonometrisesti suurimmat tulituspisteiden poikkeamat maalin keskipisteestä ampumaetäisyyden ja osuvuuskuulman funktioina. Tulituspisteiden valinta riippuu sekä ampumaetäisyydestä että osuvuuskuulmasta. Alle 30° osuvuuskuulmilla tulta ei kannata levittää lainkaan. Yli 10 km:n ampumaetäisyyksillä tulen levittämällä ei päästä tilanteeseen, missä tuli hajoaisi maalin alueella pattereiden iskemäkuvioiden sekoittumatta toisiinsa.

Kuva 5: Patteriston tulen osuvuus osuvuuskulman funktiona



Tulen levittäminen parantaa osuvuutta vain silloin, kun käytössä on nykyaikainen välineistö. Edullisin tulituspisteiden välinen etäisyys on osuvuuskulmasta riippuen 25—50 m. Tulen osuvuus muuttuu osuvuuskulman funktiona kuten edellä on esitetty.

2.2.3 Tulen osuvuus liikkuvaan maaliin

Tutkittaessa osuvuutta liikkuvaan maaliin patteristojen kerrat voidaan olettaa ammuttavan yhteislaukauksina tykkikalustolle ominaisella nopeimmalla tulirytmillä. Maalimalli on samanaikaisesti suoraviivaisessa liikkeessä tasaisella nopeudella. Osuvuus lasketaan tällöin edullisimman ja epäedullisimman tapauksen keskiarvona. Parametreiksi on valittava kullekin tykkikalustolle ominainen nopein tulirytm³⁵, maalin nopeus, laukausmäärä ja tulituspisteen sijainti maalin keskipisteeseen nähden eli ennakko.

Teoreettisesti määritettynä osuvuus viiden kilometrin tuntinopeudella liikkuvaan maaliin on enintään 5 % pienempi kuin paikallaan olevaan maaliin. Kun nopeus on alle 15 km/h, saadaan laukauskertoja lisäämällä aina enemmän iskemiä maalin alueelle. Maalin nopeuden ollessa 40 km/h laukauskertojen lisäämisellä on enää marginaalinen vaikutus. Patteriston edullisin ennakon mitta riippuu 90° ja 0° osuvuuskulmilla ainoastaan tulirytmistä, laukauskertojen lukumäärästä ja maalin nopeudesta ja sitä voidaan approksimoida kaavalla 1.

- (1) $E = V_m \cdot t \cdot (N-1)/2$, missä
 E = Ennakon mitta (m)
 V_m = Maalin nopeus (m/s)
 t = Laukauskertojen välinen aika, tulirytmä (s)
 N = Laukauskertojen lukumäärä.

Ammunnan valmistelun virheistä aiheutuvan ampumaetäisyyden todennäköisen poikkeaman ollessa suuri — selvästi yli 1 % ampumaetäisyydestä — osuvuutta ei voida parantaa käyttämällä ennakkoa.

2.3 Johtopäätöksiä tehdyistä tutkimuksista

Maalianalyysin perusteella voidaan muodostaa viisi maalimallia, joilla katetaan 80—90 % taistelukentällä esiintyvistä kenttätykistön maalityypeistä. Tarvittaessa maalien jakoa voidaan pelkistää. Osuvuusfunktioiden kulun mukaan kolmiluokkainen jako — **komppaniamaalit, joukkuemaalit ja joukkuetta pienemmät maalit** — on riittävä. Maalityyppien ryhmitys- ja hyökkäysalueet vaihtelevat maaston, toiminnan vaiheen ja vastatoimenpiteiden takia niin paljon, että äärimmäisillä osuvuuskuulilla kolmiluokkainen jako ei riitä. Tulenjohtajat kykenevät määrittämään laajojenkin maalien osuvuusparametrit vaikutuksen ennalta laskennan edellyttämällä tarkkuudella. Tämän perusteella voidaan laskea tulituspisteet osuvuuden maksimoimiseksi tai tulen optimaaliseksi levittämiseksi. Maalin mitat voidaan määrittää 100 m:n tarkkuudella ja etureunan suunta valmisteltua tulen käyttöä varten 100' tarkkuudella. Nopeissa tilanteissa 200—400' tarkempaan suunnan määrittämiseen ei pystytä.

Liikkuvan maalin tulituksessa on käytettävä ennakkoa. Maalin eteen kohdistuvan tulituksen mahdollisesti aiheuttama liikkeen pysähtyminen tai maalin suunnan muuttuminen muodostaa laskennan virhetekijän. Tulen jatkokäytön kannalta tällöin on kuitenkin saavutettu edullinen asetelma.

Osuvuus voidaan määrittää ampumatoiminnan edellyttämällä tarkkuudella laskemalla ensin 90° ja 0° osuvuuskuulmia vastaavat arvot ja interpoloimalla MM 2:n approksimaatiofunktiolla todellista osuvuuskuulmaa vastaavat arvot.

3. KENTTÄTYKISTÖN AMPUMATARVIKKEIDEN VAIKUTUSPARAMETRIT JA VAIKUTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN

3.1 Tutkimuksen perusteet

Kenttätykistön tulen vaikutuksella tarkoitetaan tulyyksiköllä maalissa tai maalialueella aikaansaatavia tappioita, jotka ilmoitetaan prosentteina³⁶. Vaikutuksen ennalta määrittämiseksi esitetään tässä luvussa yksikäsitteinen matemaattinen malli, jossa tarkastellaan tulyyksikkönä patteristoa sekä itsenäisenä että tykistöryhmän osana.

Tulen vaikutuksen määrittämisessä on yleisesti käytetty kaavan 2 mukaista mallia³⁷.

- (2) $P_t = 1 - e^{-(A_v/A_m)^n \cdot t^p}$, missä
 P_t = tappiot tulitusaikana t (1 = 100 %)
 A_v = ammuksen vaikutusala (m²)
 A_m = maalin pinta-ala (m²)
 n = tulirytmä (laukausta aikayksikössä)
 t = tulitusaika (aikayksikössä)
 p = laukausten osumatodennäköisyys maalin alueelle (maalin pinta-ala = A_m).

Tässä mallissa oletetaan vaikutusparametrit — erityisesti kranaattien vaikutus maalialueella — **Poisson-jakautuneiksi**. Jakauman teorian mukaan Neperin luvun eksponentin itseisarvon on oltava pienempi kuin 5. Malli edellyttää, että enimmäislaukausmäärä on muutamia kymmeniä tulitettaessa pienehköä maalia laajalle alueelle vaikuttavilla kranaateilla. On myös otettava huomioon, että maalialkioiden on oltava tasaisesti jakautuneena ja niitä on oltava runsaasti koko maalin alueella. Nämä vaatimukset aiheuttavat vaikutuksen ennalta laskennan ja vaikutusvertailun kannalta eräitä ongelmia. Erilaisten kranaattien vaikutusalojen suhde — **vaikutussuhde** — saa olla enintään 4—8, jotta tätä voidaan käyttää vertailutekijänä. Muutoin pienempien vaikutusparametrien mukaan määritetyt vertailutappiot voivat olla enintään 10—15 %. Esitetyllä ylärajalla kaavan 2 eksponentin itseisarvo on 0.163, joka kymmenkertaisena antaa vaikutukseksi 80.4 %. Vaikka maalialkioiden pääosa olisi maalin asennosta johtuen räjähdysten vaikutusten ulkopuolella, muodostuu vertailulaskennassa tappioita myös niille. Pienten vaikutussuhteiden (1—3) mukaisia vertailuja voidaan tehdä kaavasta 2 johdetulla kaavalla 3.

$$(3) \quad P_t = 1 - (1 - P_o)^{S_v}, \text{ missä}$$

P_o = vertailun perustana olevat tappiot (100 % = 1)
 S_v = vertailtavien kranaattien vaikutusalojen suhde tai tunnetun vaikutuksen aikaansaamiseksi edellyttävien laukausmäärien suhde

Suurten vaikutussuhteiden aiheuttamat ongelmat voidaan välttää vain sillä, että kyseistä mallia ei käytetä vertailussa. Kaavan 2 mukaisen mallin toinen ja merkittävämpi ongelma on, että sitä käytettäessä ei kyetä suoraan ottamaan huomioon ammunnan räjähdyspeittoa satunnaisessa asennossa olevan maalin tapauksessa. **Räjähdyspeitolla** tarkoitetaan maalin kokonaispinta-alan osaa, joka sijaitsee maaliin vaikuttavien kranaattien maan pinnalle projisioitujen räjähdyspisteiden muodostaman hajontakuvion alueella. Se voidaan tulkita myös maalin niiden alkoiden suhteelliseksi osuudeksi, jotka ovat tulen vaikutuspiirissä. Räjähdyspeitto ilmaistaan joko pinta-alana tai normitettuna kuten osuvuus, jolloin siitä voidaan arvioida ammunnulla aikaansaatavien tappioiden teoreettinen yläraja. Aiemmin esitettyä (kaava 2) mallia voidaan sen teoreettista perustaa muutamatta täydentää kaavan 4 mukaiseksi.

$$(4) \quad P_t = (A_{rp}/A_m) * (1 - e^{-K * n * p * (A_v/A_{rp})}), \text{ missä}$$

K = kokeellisesti määritetty parametrijhdistelmä, jolla korjataan mallin antamat tulokset ammuntaa vastaavaksi (korjauskerroin)
 A_{rp} = räjähdyspeiton pinta-ala.

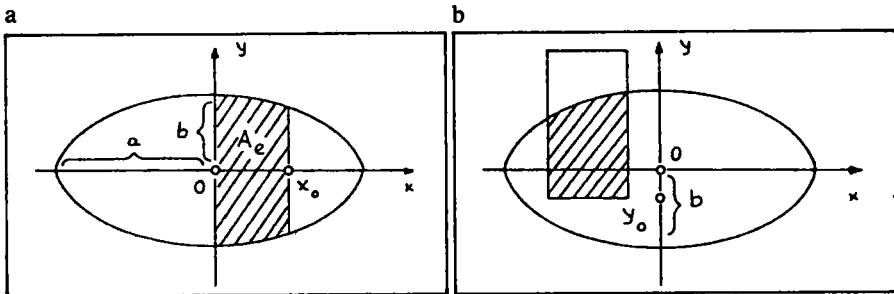
Mallia voidaan käyttää kenttätykistön tulen vaikutuksen ennalta määrittämiseen kahdella edellytyksellä. Räjähdyspeitto sekä sen riippuvuus maalin muodosta ja osuvuuskulmasta on määritettävä ja mallinnettava. Toiseksi on voitava mallintaa **korjauskerroin K** ja sen riippuvuudet vallitsevista parametreistä. Jälkimmäisessä tutkimustehtävässä on käytettävä suuria otoksia johtopäätösten teossa ja mallien laatimisessa.

3.2 Kenttätykistön tulen räjähdyspeiton määrittäminen

Kun **kaksiulotteinen normaalijakauma** rajataan ennalta normitetulle alueelle, voidaan tiheysfunktioiden yhdistelmää rajatulla tasalla kuvata ympyrällä tai ellipsillä. Kuvattu muoto riippuu hajontaparametrien suhteesta. Räjähdyspeitto ei ole

ammunnossa muodoltaan säännöllinen, ellei käytetty laukausmäärä ole selvästi enemmän kuin 100. Räjähdyseinon todellisen muodon epämääräisyys vaikeuttaa myös maalin ja hajontakuvion leikkauksen yksikäsitteistä mallintamista. Simuloitujen iskemäpiirrosten ja koeammuntatulosten perusteella hajontakuvio voitaisiin approksimoida pienillä laukausmäärillä myös suorakaiteeksi. Vastaavasti joidenkin maalimallien muoto saattaisi olla elliptinen. Tarkastelun teoreettisen taustan yhtenäistämiseksi mallintaminen on tehty yhdenmukaisesti osuvuuden kanssa. Kuvan 6a mukaisessa ellipsissä suorien $x = 0$ ja $x = x_0 \leq a$ välisen osan pinta-ala määritetään kaavalla 5³⁸.

Kuva 6: Ellipsin pinta-alaosan määrittäminen



$$(5) \quad A_e = b/a * (x_0 * \sqrt{(a^2 - x_0^2)} + a^2 * \arcsin(x_0/a))$$

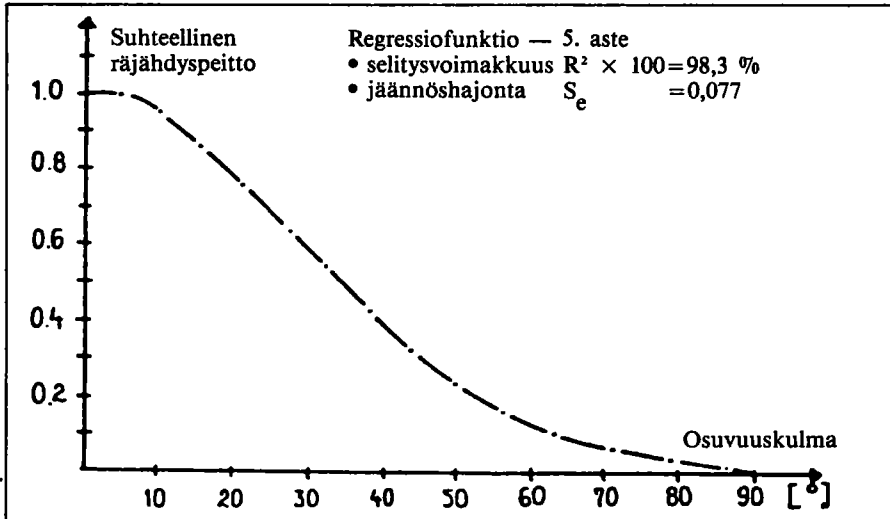
Maalin rajat voivat asettua laskentasuunnassa satunnaisesti x-akselille ja muodostunut leikkaus hajontakuvion kanssa voi olla epäsymmetrinen kuvan 6b mukaisesti. Mikäli maalimallin x-akselin suuntaiset rajat kuvassa 6a esitettyssä koordinaatistossa ovat ellipsin ulkopuolella, kyetään räjähdyspeitto ratkaisemaan pinta-alojen summien ja erotusten laskennalla. Kuvan 6b tilanteessa tarkka pinta-ala saadaan vain analyttisellä ratkaisulla.

Räjähdyseinon osuvuuskulmariippuvuudelle voidaan määrittää 5. asteen approksimaatiofunktio, jonka kuvaaja on esitetty kuvassa 7.

Epälineaarisen regressioanalyysin jäännöshajonnan suuruus osoittaa laskentatulosten hajonnan, joka on suurimmillaan 30–60° osuvuuskuililla. Esimerkiksi 54 asteen osuvuuskuilulla räjähdysseinon normitetun arvon 0.164 keskihajonta on 0.043. Hajonnan tarkastelussa on vielä otettava huomioon, ettei sarjoja ole laskettu tapauksissa, joissa osuvuuskuilman muutos 90°:sta 0°:en kasvatti osuvuutta vähemmän kuin kaksinkertaiseksi. Näin vältettiin normittamisesta muodostuvien harhojen vaikutus tulokseen. Vastaavaan osuvuustarkasteluun nähden hajonta on merkittävästi suurempi. Tämä tekee mahdottomaksi approksimoivan funktion yleisen käytön. Vaikutuksen ennalta laskennan kannalta tämä merkitsee sitä, että räjähdyspeitto on määritettävä kussakin tapauksessa erikseen.

Maalimallien 1 ja 2 räjähdyspeittoja verrattaessa todetaan, että räjähdyspeitto on kaikilla ampumaetäisyyksillä suuremmissa maalimallissa 90° osuvuuskuilulla keskimäärin 30 % pienempi. Vastaava ero 0° osuvuuskuilulla on merkittävä vain 8–12 km:n ampumaetäisyyksillä, jolloin se on keskimäärin 20 %. Pienemmillä maalimalleilla (MM 3 ja MM 4) osuvuuskuilman muutos vaikuttaa merkittävästi vain alle 10 km:n ampumaetäisyyksillä. Koska esitetyn mallin (kaava 4) eksponentiaali-

Kuva 7: Räjähdykspeiton normitettu riippuvuus osuvuuskulmasta



osassa oleva räjähdyspeiton pinta-ala pysyy muilla yhtenevillä parametreillä samana, kyettäisiin räjähdyspeittojen avulla arvioimaan myös ammunnan vaikutuksen eroja eri maalimalleissa. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että kerroin K on riippumaton maalin koosta. Edellä esitetyt ja eri osuvuuskulmissa olevien maalimallien räjähdyspeittojen erot korostavat tarvetta ilmoittaa maalin mitat ja toimintasuunta kaikissa tilanteissa.

Räjähdykspeittoa voidaan käyttää myös arvioitaessa patteriston pattereittain tehtävää **optimilevitystä**. Koetulosten mukaan patterin räjähdyspeitto on 4–10 % pienempi kuin patteristolla. Jos pyritään levittämään tuli räjähdysten sekoittumatta toisiinsa, saa patteriston räjähdyspeitto olla enintään 0.4. Kranaattien vaikutusaloja ei ole tällöin sisällytetty räjähdyspeittoihin. Näillä oletuksilla MM 4:n suuruiseen maaliin tulta ei kannata levittää millään ampumaetäisyydellä. MM 3:een patteriston tulta voidaan levittää alle 7 km:n etäisyyksillä, kun ammunnan valmistelun hajonta on nykyisin käytössä olevan välineistön mukainen ja osuvuuskulma on lähes 90°. Suuriinkin maaleihin levitys voi olla optimaalinen enintään 10 km:n ampumaetäisyyksillä. Tulokset ovat menetelmien erilaisuudesta riippumatta analogiset osuvuuden yhteydessä esitettyjen arvioiden kanssa. Vaikka räjähdyspeiton määrittämisen kautta saavutetaan matemaattisesti luotettavampi levityksen mitta, voidaan osuvuuden perusteella määritetyn approksimaation tarkkuutta pitää ampumatoinnassa riittävänä.

3.3 Kenttätykistön sirpalekranaattien vaikutusalat

Sirpalekranaattien vaikutusalan määrittämisen kannalta henkilöstön haavoittuvan pinta-alan erot ovat merkityksettömiä, jos tarkastelun **todennäköisyydestä** jätetään määrittämättä. Poisson-jakaumaa soveltaen voidaan laskea todennäköisyys sille, että saadaan maalialkioon ainakin yksi sirpaleosuma. Kääntäen voidaan laskea vaadittava

sirpaletiheys, jotta halutulla todennäköisyydellä kyetään vaikuttamaan tunnetun haavoittuvan pinta-alan omaavaan maalialkioon. Vaikutusaloja käsittelevissä tutkimuksissa on usein lähdetty olettamuksesta, että tietyllä etäisyydellä mitattu sirpaletiheys on sama koko mitatun sivuviuhkan avauskulmassa. Kokeissa, joissa kranaatti räjäytetään pystysuorassa asennossa, ei kuitenkaan yleensä voida tehdä havaintoja avauskulmien muutoksista.

Jos riittävän sirpaletiheyden avauskulma valitaan enintään 10 m:n etäisyydellä vaakasuorassa asennossa räjäytetyn kranaatin sirpaloitumisen perusteella, se on yleensä noin 45°. Jos samanaikaisesti arvioidaan sirpaletiheyttä pystysuorassa asennossa räjäytetyn kranaatin sirpaloitumisen perusteella, päädytään siihen, että dynaamisessa tapauksessa kranaatin suurin mahdollinen vaikutusala voidaan määrittää vaikutusetäisyyden mukaan laskettuna ympyräpinta-alana.

Arviointitapa ei ota huomioon, että tietyt sirpaletiheyden mukainen avauskulma muuttuu etäisyyden funktiona. Samasta syystä sirpaleiden kokonaisuudesta arvioidut vaikutusalat eivät voi olla luotettavia. Jälkimmäisessä tapauksessa harhaisuus johtuu ensisijaisesti kranaattien erilaisista sirpalemassajakaumista. Runsaasti sirpaleita tuottavan kranaatin keskimääräiset sirpalemassat ovat pieniä ja vaikutusetäisyydet tällöin lyhyitä³⁹.

Nämä perusteet tuntien voidaan laatia edellä esitettyjä epäkohtia vähentävä sirpalekranaattien vaikutusala approksimoiva malli. Mallilla määritetään pintaräjähteen dynaamisessa tapahtumassa muodostuva keskimääräinen vaikutusala. Lähtöparametreinä oletetaan tiedettävän staattisista koetuloksista määritetyt sirpaleviuhkan vaaditun tiheyden avauskulmat eri etäisyyksillä. Tällä tavoin määritetty vaikutusala on todellisen vaikutusalan alarajan approksimaatio.

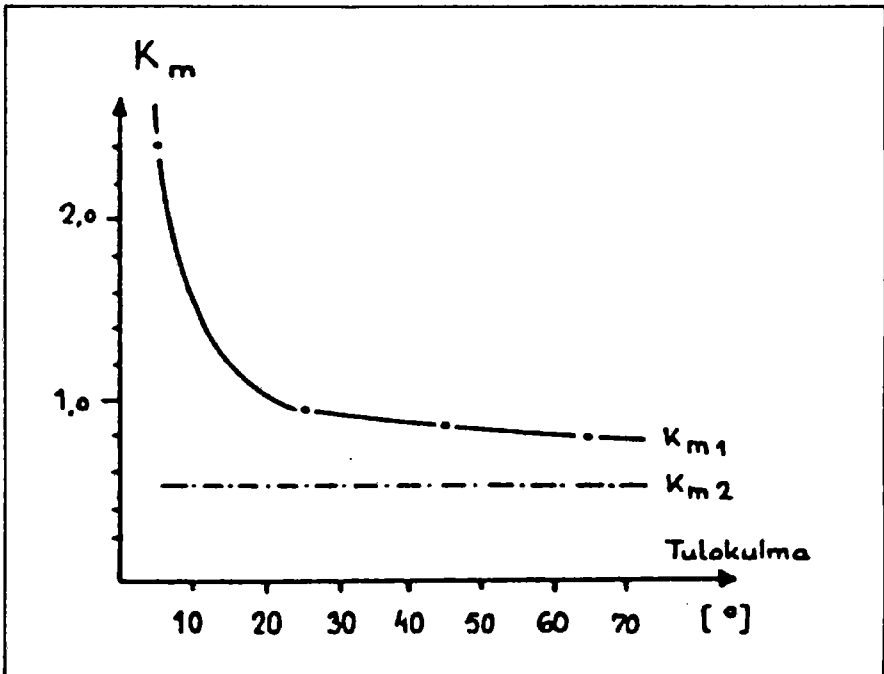
Tällaisella mallilla määritettyjä vaikutusaloja on verrattu ESTVA-tiedoston vastaaviin parametreihin kranaatin tulonopeuden ollessa keskimäärin 300 m/s. Tulokset yhtyvät suuruusluokittain hyvin. Uusimpien sirpaloitumistutkimusten perusteella nykyaikaisten sirpalekranaattien parempi tehokkuus tulee esille selvimmin pienillä tulokulmilla, jolloin lähialueella tehokkaat pienet sirpaleet kasvattavat vaikutusala. Laskentatulokset osoittavat selvästi kranaattien vaikutusalan pienemisen yli 80° tulokulmilla, jotka eivät ampumatoiminnassa yleensä esiinny. Tässä suhteessa malli antaa todenmukaisemman tuloksen tulokulmavertailua varten kuin useasti esitetty Belousovin malli⁴⁰.

Maaston vaikutus voidaan ottaa huomioon redukoimalla sirpalekranaatin vaikutusala henkilöistöön kertoimilla, jotka on esitetty kuvassa 8.⁴¹

Kertoimilla voidaan muuttaa iskusyöttymisen sirpalekranaatin vaikutusala avoimesta metsämaastoon (K_{m1}) ja kaikkien sytytinten tapauksissa tasaisesta epätasaiseen maastoon (K_{m2}). Jälkimmäinen kerroin tasoittaa henkilöistön haavoittuvien pinta-alojen ylisuuruudet silloin, kun henkilön haavoittuvaksi pinta-ala on määritetty 0.4 m².

Nykyaikainen 155 mm:n sirpalekranaatti läpäisee 90° iskukulmassa homogeenistä panssariterästä olevan 16 mm:n paksuisen levyn riittävällä sirpaletiheydellä — 1.5 sirpaleita neliometrillä — keskimäärin 7 metrin etäisyydeltä.⁴² Tehokas avauskulma on tällöin 10°, jonka mukaan määritetyt vaikutusalat ovat optimaalisella räjähdykskorkeudella tulokulmasta riippuen 17—30 m². Yläraja esiintyy vain poikkeustapauksissa.

Kuva 8: Sirpalekranataan vaikutusalan redukointikertoimet maastoa vastaaviksi (K_{m1} ja K_{m2}).



3.4 Tulivaikutuskokeiluammuntojen vertailu simuloitituloksiin

Simuloititulokset ovat tutkimuksen kannalta käyttökelpoisia vain silloin, kun ne saadaan yhtymään ammunnoissa määritettyihin tuloksiin. ESTVA-simulointeja toteutettiin käyttäen ammuttuloksista määritettyjä osuvuusparametrejä. Kesäolosuhteissa toteutettujen ammuntojen tulokset olivat kaikissa tapauksissa 90 % tarkastelutasolla ESTVA-simuloititulosten kanssa samoja eli erot olivat tilastollisesti hajonnan piiriin kuuluvia. Näin oli myös talvi- ja kesäolosuhteiden tulosten vertailussa. Tarkastelun perusteella ESTVA-simulointi antaa luotettavat perusteet arvioida kenttätykistön tulen vaikutusta. Seuraaviin seikkoihin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota:

- ammuntojen tilastollinen luotettavuus on täysin riippuvainen otoskoosta
- ammuttulosten hajonta eri sarjojen välillä on pienillä laukausmäärillä suuri. Enimmillään samalla tykkikalustolla ja panoksella ammuttujen tuliryöppyjen vaikutusten ero tulivaikutusammunnoissa oli kuusinkertainen pienempään nähden; tappioiden ero oli lähes 20 %
- simuloititulosten hajonta oli niinkään suuri. Tämä odotettavissa oleva ilmiö esiintyy merkittävänä kaikissa simulointisarjoissa, joissa laukausmäärä on pienempi kuin 100.

3.5 Vaikutusanalyysi ja korjauskertoimen määrittäminen

3.5.1 Vaikutusanalyysin perusteet

Vaikutusanalyysin ensisijaisena tavoitteena on hakea ratkaisut seuraaviin ongelmiin:

- kuinka suuri on patteriston vaikutus maalissa tykistöryhmän osana verrattaessa sitä vaikutukseen tulyyksikkönä
- kuinka mainittu ero tai suhde voidaan mallintaa
- miten määritetään ja mallinnetaan kenttätykistön tulen optimitiheys, joka saadaan aikaan levittämällä tulta patteriston sisällä
- onko patteriston tulen vaikutus mallinnettavissa ennalta yleispätevästi eli onko korjauskerroin riippumaton muuttuvista tekijöistä tai voidaanko osoittaa hallitseva riippuvuus tietyistä parametreistä ja
- onko malli pätevä kaikkien maalialkioiden kohdalla.

Toissijaisena tavoitteena on selvittää kenttätykistön tulen vaikutus tavanomaisiin maalimalleihin ja tehdä tämän perusteella tulen vaikutuksen ennalta arviointia helpottavat yleistykset.

Vaikutusanalyysiä varten laadittiin ESTVA-tutkimusmallilla toteutettavaksi ajosarjat, joissa esitetyt seikat otettiin huomioon. Käsiteltävillä tykkikalustoilla tulitettiin 5—20 km:n ampumaetäisyyksille kaikilla käytettävissä olevilla panoksilla. 122H63-kalustolla ammuttiin myös yläkulmilla 5—10 km:n etäisyyksille, Kaikki ammunnat simuloitiin isku-, aika- ja herätesytyttimillä ottaen huomioon, että aikasytyttimiä on tarkoituksenmukaista sekä pituus- että aikautushajonnasta johtuen käyttää vain pienillä tulokulmilla. Ammunnat tykkikaluston tavanomaisilla ampumaetäisyyksillä toteutettiin sekä yhdellä että kahdella patteristolla, 122H63-kalustolla myös kolmella patteristolla. Useiden tulyksiköiden ajosarjoissa ampumasuunnat poikkesivat toisistaan vähintään 300°.

Eri tulyksiköiden yhtäsuurten vaikutusten mahdollisesti muodostaman harhaisuuden estämiseksi niiden vaikutusparametrien piti eräissä tapauksissa erota selvästi toisistaan. 10 ja 15 km:n ampumaetäisyyksillä tutkittiin 1—3 patteristolla pattereittain toteutettavan tulen levittämisen aiheuttamia vaikutuksen muutoksia eri maalimalleissa. Maalien liikkuvuus otettiin huomioon tulittamalla jalan 6 km/h ja rynnäköpanssarivaunuissa 15 km/h nopeuksilla eteneviä maalimalleja. Vaikutusanalyysi tehtiin sekä pienillä, 3—6, patteriston kertamäärillä että käyttämällä nopeinta tuliryntiä suurimman yhtäjaksoisesti sallitun tulitusajan. Maalimallien suojautumisasteet valittiin siten, että niiden piti osoittaa suojan paranemisen vaikutus korjauskertoimeen. Osuvuusparametrit valittiin nykyaikaista ammunnan valmistelun välineistöä vastaaviksi. Näillä perusteilla sirpalekранаateilla simuloitiin 140 sarjaa, joissa räjähdysten kokonaismäärä oli 1.051.200.

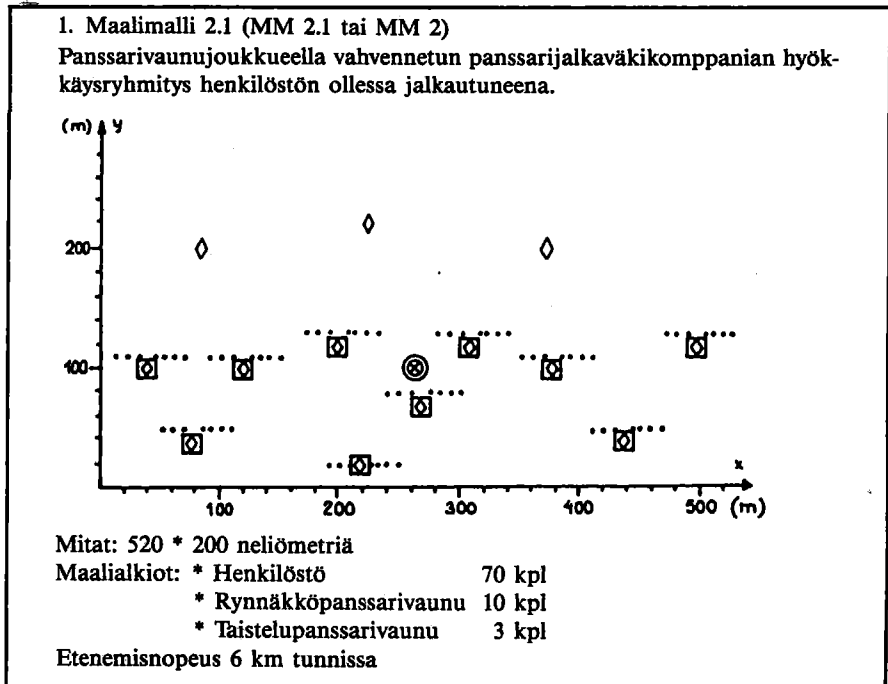
ESTVA-tutkimusmallin vaikutusosassa lasketaan tappioihin ne alkiot, jotka ovat enintään vaikutusalan **ympyräapproksimaatiosta** määritetyn säteen etäisyydellä räjähdyspisteestä.⁴³ Mallin kannalta on tällöin yhdentekevää, miten maaston peitteisyys ja korkeuserot, olosuhteet tai ilmaräjähteiden katvealueet otetaan huomioon. Tästä lähtökohdasta heräte- ja aikasytyttimisten sirpalekранаattien vaikutusalojen hajontatekijöitä ovat vain räjähdyskorkeuksien hajonnat. Niiden merkityksen selvittämiseksi aikasytyttinten räjähdyskorkeudeksi valittiin kaikilla tykkikalustoilla 20 m ja sen keskihajonnaksi 10 m. Herätesytyttimillä tehtiin vastaava parametrisointi.

Koesarjoilla todettiin, että näiden kiinteinä pidettävien parametrien avulla saadaan samansuuntaiset tulokset. Esitetyillä parametreillä sirpalekранаattien keskimääräiset vaikutusalat henkilöstöä vastaan olivat herätesyöttimiä käytettäessä 20—30 % pienemmät kuin ESTVA-tiedoston arvot. Vastaava muutos oli aikasyöttimillä 25—40 %. Tulosten mukaan keskimääräiset vaikutusalat ovat suoraan sijoitettavissa esitettyyn malliin, kun niiden perusteet luotettavasti tunnetaan.

3.5.2 Vaikutusanalyysin maalimallit

Vaikutusanalyysissä käytetyt maalimallit on esitetty kuvassa 9. Osuvuustarkastelun perusteella ne vastaavat kahta merkittävintä pääluokkaa: komppania- ja joukkue-maaleja.

Kuva 9: Vaikutusanalyysin maalimallit

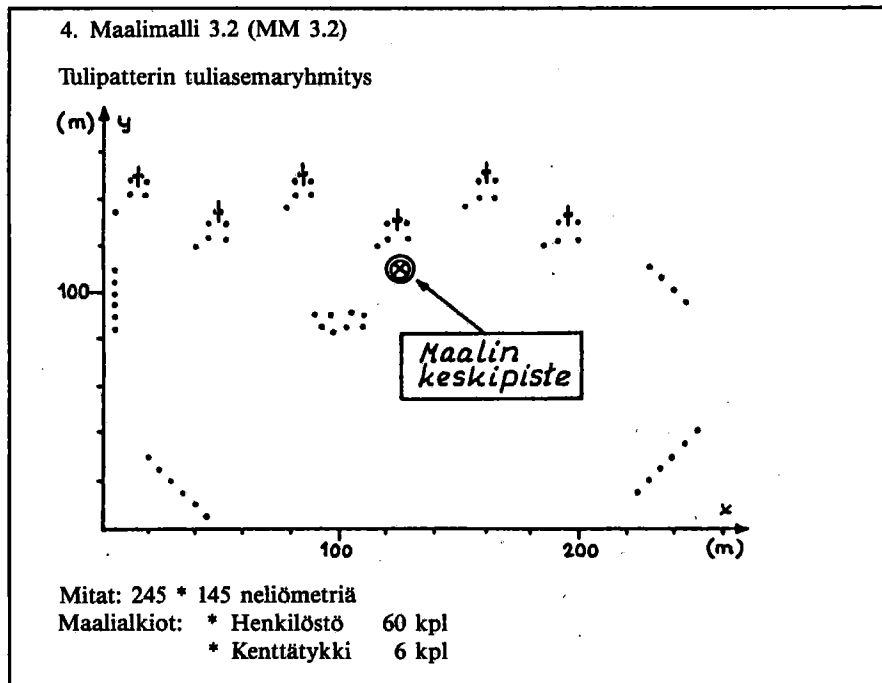
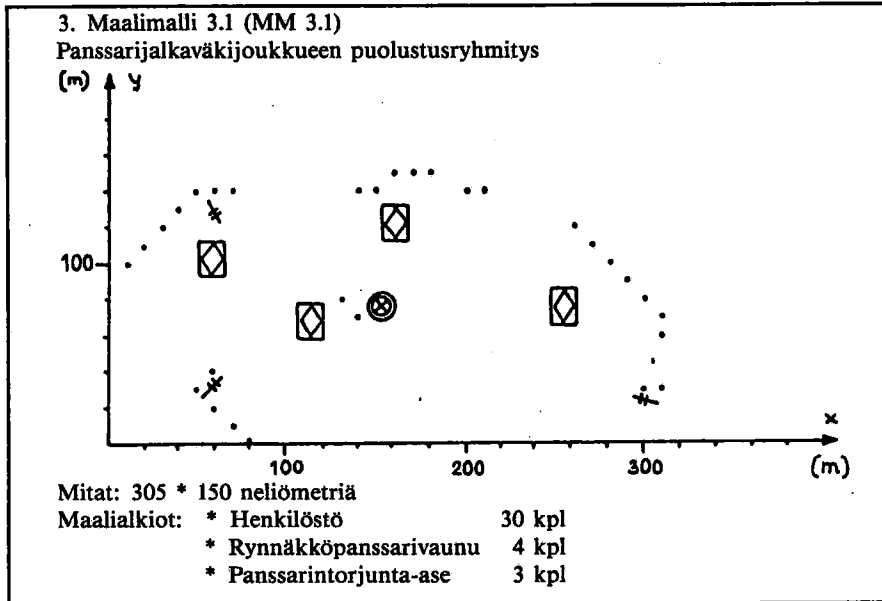


2. Maalimalli 2.2 (MM 2.2)

Panssarivaunujoukkueella vahvennetun panssarijalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitys henkilöstön ollessa rynnäköpanssarivaunuissa.

MM 2.1 seuraavin muutoksin:

- ei henkilöstöä
- etenemisnopeus 15 kilometriä tunnissa



Maalimalli 2.1 (MM 2.1 tai MM 2) on panssarivaunujoukkueella vahvennetun panssarijalkaväkikomppanian hyökkäysryhmittäminen henkilöstön ollessa jalkautuneena. Maalimallin koko vastaa patteriston hajontakuviota yli 10 km:n ampumaetäisyyksillä. Maalialkioiden keskimääräiset tiheydet ovat henkilöstöä 6.7 ja rynnäkköpanssarivaunuja 1.0 alkiota maalihehtaaria kohti. Ryhmittäminen on tasainen koko maalimallin alueella. 10 km:n ampumaetäisyydellä enintään patteriston yhden todennäköisen poikkeaman etäisyydellä maalin keskipisteestä on henkilöstöstä 90° osuvuuskuulmassa 25.7 % ja 0° osuvuuskuulmassa 12.9 %.

MM 2.1:n henkilöstöstä 25 % kykenee suojaautumaan tulituksen aikana paremmin kuin maahan heittäytymällä. Näistä puolella suoja vastaa kattamatonta avopoteroa ja lopuilla tilannetta, jossa henkilöt on puolittain avopoteroissa suojaautuneena. Henkilöstö heittäytyy maahan aikavälillä 3—8 sekuntia ja pääsee parempaan suojaan aikavälillä 8—15 sekuntia tulituksen alusta. MM 2.1:n etenemisnopeus on tulituksen alkaessa 6 km/h. MM 2.2 on henkilöstöä lukuunottamatta edellistä vastaava maalimalli, jonka etenemisnopeus on 15 km/h.

Maalimalli 3.1 (MM 3.1) on panssarijalkaväkijoukkueen puolustusryhmittäminen. Maalimallin koko vastaa patteriston hajontakuviota alle 10 km:n ampumaetäisyyksillä. Maalialkioiden keskimääräiset tiheydet ovat henkilöstöä 6.6 ja rynnäkköpanssarivaunuja 0.9 alkiota maalihehtaaria kohti. Henkilöstöalkiot ovat ryhmittyneet maalimallin ulkokehälle, jolloin niitä on MM 2.1:n yhteydessä esitetyllä alueella 90° osuvuuskuulmassa 6.7 % ja 0° osuvuuskuulmassa 13.3 %.

MM 3.1:n henkilöstöstä on tulituksen alussa maassa 20 % ja avopoteroissa osittain suojaautuneena 15 %. Tulituksen aikana 75 % henkilöstöstä kykenee suojaautumaan paremmin kuin maahan heittäytymällä. Näistä 10 % jää avopoteroissa vain osittaiseen suojaan 90°:n suojautuessa kokonaan. Henkilöstö heittäytyy maahan aikavälillä 5—10 sekuntia ja pääsee poteroitten suojaan aikavälillä 8—15 sekuntia tulituksen alusta. Maalimalli 3.1.2:n suojautumiskyky on sama kuin MM 2.1:llä.

Maalimalli 3.2 (MM 3.2) on tulipatterin tuliasemaryhmittäminen. Henkilöstön keskimääräinen tiheys on 16.9 maalihehtaaria kohti. 90° osuvuuskuulmassa on edellä esitetyllä alueella 33.3 % ja 0° osuvuuskuulmassa 20.0 % henkilöstöstä. Maalin keskipisteen läheisyydessä on maalialkioiden suurin tihentyminen. Maalialkiot kykenevät suojaautumaan vain maahan heittäytymällä, joka tapahtuu aikavälillä 5—10 sekuntia tulituksen alkamisesta.

3.5.3 Patteriston vaikutusosuuksien mallintaminen tykistöryhmän osana

Tuliyksiköiden yhteisvaikutus voidaan ottaa käyttöön kahdella tavalla. Teoreettisesti oikein tapa on kaavan 4 Neperin luvun eksponentissa tehtävä yhteenlasku. Sen tekee käytännössä mahdottomaksi menettelytavan edellyttämä räjähdyspeittojen yhtäsuuruus kaikilla tykistöryhmän patteristoilla. Toinen tapa on määrittää **suhteet**, joissa patteriston vaikutus muuttuu osana kahta tai useampaa patteristoa.

Alustavaksi tutkimusmenetelmäksi on valittu varianssianalyysi. Otoksena on tykkikalustoittain, sytytintyypeittäin, panoksittain, ampumaetäisyyksittäin, maalimalleittain ja laukausmäärittäin vaihtelevat simulointitulokset. Kaikki testaukset on tehty kaksipuolisina, jolloin osa riippuvuuksista tulee testatuksi kahteen kertaan. Vertailuasetelmassa tykkikalusto — maalimalli ei voida todeta eroja 10 % riskitasolla, kun kohteena oli koko otos. Yleistutkimuksen jälkeen on yksilöity

tutkimusparit ampumaetäisyys — maalimalli, patteriston laukausmäärä — maalimalli, ampumaetäisyys — patteriston laukausmäärä ja ampumaetäisyys — tykkikalusto. Kahden ja kolmen patteriston simulointituloksista tehdyissä vertailupareissa parametreiksi valittiin muut esitetyt tekijät. Varianssianalyysyjä tehtiin 77 kappaletta, joista 67 testissä tilastollisia eroja ei voitu 5 % riskitasolla todeta. Melkein merkittävä ero, 1 % < riski < 5 %, todettiin 6 testissä, jotka kaikki poikkesivat toisistaan vertailuparametrien kohdalla. Siten ei voida osoittaa tiettyä ensisijaista selittäjää eroille. Kahden patteriston tapauksessa neljässä testissä ero oli tilastollisesti merkittävä. Näissä sarjoissa parametreinä olivat kaikki tykkikalustot ja kaksi sytytintyyppiä, joten ne edustavat tilastollisia ääritapauksia.

Tehty tutkimus osoittaa, että haluttujen vaikutussuhteiden määrittämiseksi voidaan ottaa käyttöön muuttuvista tekijöistä riippumattomat kertoimet. Tilastollisten harjojen välttämiseksi on määritetty patteriston suhteelliset vaikutusosuudet. Tykkikalustoittain eriteltyt tulokset pieniä laukausmääriä tarkasteltaessa ovat kuvassa 10. Taulukko kuvaa kerrointa (K_t), jolla saadaan patteriston itsenäisesti määrittämistä tappioista sen vaikutus osana tykistöryhmää.

Kuva 10: Patteriston vaikutus osana tykistöryhmää

Patteristojen		122H63	130K54	155K83
lukumäärä	kertoja	K_t	K_t	K_t
2	1	0.94	0.96	0.96
2	2	0.93	0.95	0.94
2	4	0.88	0.92	0.90
2	6	0.88	0.88	0.89
3	6	0.85	0.83	0.83

Taulukko osoittaa, että riippuvuuksia esiintyy, vaikka tilastollisesti erot ovat merkityksettömiä. Patteriston osuus kahden patteriston vaikutuksesta pienenee keskimäärin suhteella 0.922 redukoituna. Osuudessa kolmesta vastaava suhde on 0.835. Osuus kolmesta verrattuna osuuteen kahdesta pienenee suhteessa 0.935. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että neljän patteriston tapauksessa suhteellinen muutos on vastaava. Tällöin yhden patteriston osuus neljän patteriston vaikutuksesta pienenee suhteella 0.770. Esitetyjä kertoimia voidaan käyttää yleisesti pätevänä.

3.5.4 Patteriston tulen levittämisen vaikutus henkilöstötappioiden muodostumiseen

Patteriston tulen levittämisen merkitystä aikaansaataviin henkilöstötappioihin on tutkittu tulittamalla samoja maalimalleja pattereittain samaan maalipisteeseen ampuen sekä maalimallin asennon mukaan 50 ja 100 m eri suuntiin levittäen. Muodostuneiden tappioiden eroja on verrattu tykkikalustoittain ja maalimalleittain. MM 3.1:n ja MM 3.2:n simulointituloksista on selvästi havaittavissa, että ensimmäinen laukauskerta on suuntaa antava myös erolla kuuden kerran jälkeen. Logiikka maalimallien tulosten välillä on kuitenkin lähtökohtaan nähden päinvastainen. Kun MM 3.1 on suojautumisasenteeltaan ja -kyvyltään parempi, jää eroa selittämään vain MM 3.2:n suuremmat paikalliset maalialkiotihentymät. Ampuma-

toiminnan kannalta tämä merkitsee sitä, että tulenjohtajan pitäisi kyetä arvioimaan, miten maalialkioiden mahdollinen tihentyminen sijaitsee ammunnessa muodostuviin iskemiin nähden. Tätä voitaneen ennen tulenaloitusta pitää mahdottomana.

Kun tarkastellaan tappioiden eroja patteriston neljän laukauskerran jälkeen, ne antavat useissa tapauksissa erilaisen tuloksen kuin kuuden laukauskerran jälkeen. Eri tykkikalustoilla muutokset ovat maalimalleittain samansuuntaiset, mutta suuruusluokissa on merkittäviä eroja. Vaikka MM 3.1:n kohdalla tulen levittäminen vie osan räjähdyksistä maaliin vaikuttavan alueen ulkopuolelle, tappiot voivat kasvaa. MM 2:n tapauksessa muodostuvat erot ovat käytännössä merkityksettä. 50 m:n levytyksellä, joka sekottaa pattereiden räjähdyskuviot toisiinsa, saadaan lähes kaikissa tapauksissa suurimmat tappiot. Tämä viittaa siihen, että kenttätykistön tulen optimitiheys henkilöstöä vastaan on määritettävissä pienimmän ja suurimman teoreettisen levytyksen väliltä. Pienempien maalimallien kohdalla voidaan todeta kuitenkin paikallisten alkioitihentymien ratkaiseva vaikutus. Tulosten perusteella mahdollisen optimitiheyden analyttinen ratkaiseminen ei ole tarkoituksenmukaista. Jos tulen levittämisellä saadaan aikaan keskimäärin samat tappiot kuin samaan maalipisteeseen ampumalla, on levytyksen perusteet löydettävä muualta.

Levytyksen tarpeen selvittämiseksi tehdellä kyselytutkimuksella pyrittiin selvittämään, vaikuttaako maalina olevan joukon toimintakyvyn heikkenemiseen enemmän tappioiden kasaantuminen vai niiden tasainen jakauma. Kyselyssä esitettiin kaksi tapausta. Ensimmäisessä tapauksessa puolustukseen nopeasti ryhmittynyttä panssarijalkaväkikomppaniaa vastaan hyökättiin kahdella jääkärikomppanialla tulivalmistelun turvin. Toisessa tapauksessa maalina oli jalan hyökkäävä maalimalli 2.

Kyselytutkimus toteutettiin delfi-tekniikkaa soveltaen. Toisessa kyselyssä esitettiin, että ensimmäisessä tapauksessa saavutettu yksimielisyys tulen keskittämisen puolesta ei yhdy useasti esitettyyn käsitykseen. Sen mukaan kunkin hyökkäävän komppanian on voitava edetä tykistön tai heittimistön ”tulivallin” suojassa lähitaisteluetäisyydelle. Tähän voivat vähäisetkin tappiot antaa mahdollisuuden. Toisen kyselyn ensimmäisessä tapauksessa painotus keskittämisen puolesta oli vielä selvempi. Näkemykset muuttuivat kuitenkin vain hajonnan piirissä. Vaikutuksen ennalta määrittämisen kannalta esitetyt tulokset merkitsevät sitä, että tulen taktinen tilanneriippuvainen käyttövaatimus sanelee levittämistarpeen.

3.5.5 Patteriston korjauskertoimen määrittäminen

3.5.5.1 Lähtökohta

Seuraavassa laaditaan korjauskertoimelle K yksikäsitteinen matemaattinen malli. Mallin määrittäminen edellyttää erilaisten vaihtoehtojen tutkimista, joista useimmat eivät johda tulokseen. Vaikka näiden laaja tarkastelu ei tutkimuksen raportoinnissa ole tarkoituksenmukaista, viitataan mahdollisten jatkotutkimusten helpottamiseksi eräisiin käsiteltyihin tarkastelutapoihin.

Matemaattisesti tarkastellen kranaatin sirpaloitumisesta muodostuvaa vaikutus- alaa ei voida mallintaa ympyränä. Pintarajäteiden vaikutusala on tasolle projisoidulta muodoltaan ympyräsektorien tai täsmällisesti määritettynä kartioleikkausten elliptisten tai parabolisten sektorien yhdistelmä. Ilmarajäteillä ympyräap-proksimaatiota ei voida käyttää. Tästä johtuen syntyy tilanteita, joissa maalimalliin osuviksi voidaan laskea vain sen alueella olevat räjähdyskytöt tai toisaalta

räjähdykspeitoksi vain iskemäpisteiden muodostaman kuvion pinta-ala. Suorakulmaisilla maalimalleilla näin käy esitetyllä osuvuusmallinnuksella yleensä enintään kahden sivun suunnassa. Samalla on otettava huomioon, että hajonnan äärimmäiset räjähdysket eivät muodosta yhtenäistä peittoa kuvion reuna-alueilla.

Loogisin tapa lähteä mallintamaan korjauskerrointa on laskea osuvuus ja räjähdyspeitto ilman kranaatin vaikutusalaa. Tällä menetetyllä ei voida löytää sellaisia riippuvuuksia, jotka olisivat yksiselitteisesti — esimerkiksi tykkikalustoittain tai sytytintyyppittäin — mallinnettavissa. Tutkimusta jatkettiin ottaen osuvuus ja räjähdyspeitto huomioon määritelmiensä mukaisina. Edellä esitetyistä virhe- tai epävarmuustekijöistä huolimatta lähtökohdaksi otettiin vaikutusalojen ympäräaproksimaatio kaikkien sytytintyyppien kohdalla. On kuitenkin todettava, että näin määritetyissä korjauskertoimissa saattaa esiintyä systemaattisia virheitä, jotka johtuvat ESTVA-tutkimusmallin ja käytetyn tarkastelumallin samasta lähtökohdasta.

Valmiiksi asetettuihin tiedostoihin perustuvan, vaikutuksen ennalta määrittämisessä tarvittavan mallin toinen ongelma-alue on suojautumiskykyisten maalialkioiden **hallitsevan suojautumisasteen** määrittäminen. Tutkimuskohteiksi valittiin kaksi vaihtoehtoa. Ensiksi käytettiin tulitusajan mukaan painotettuja suojautumisasiesteiden muutokset huomioon ottavia vaikutusaloja. Näissä ensimmäisten laukausten aikana vallitseva suojautumisasieste otettiin mukaan kaikkien patteriston kertojen laskentaan sen kestoajan mukaisena osana käytetystä tulitusajasta. Vastaavasti meneteltiin suojautumisasiesteiden muuttuessa. Tällainen laskentatapa korostaa suojautumiskykyisen henkilöstön tapauksessa alati pienenevää tulen tehoa. Näin lasketut korjauskertoimet eivät osoittautuneet yhtenäisesti mallinnettaviksi. Avopoteroihin suojautumiskykyisen henkilöstön kohdalla saatiin eksponentiaalisesti kasvavia riippuvuuksia laukaussuureista, kun muissa tapauksissa riippuvuudet olivat lähes lineaarisia pienillä kulmakertoimilla. Toisessa tapauksessa perusteeksi valittiin se, että tulirytmistä riippumatta ensimmäisellä tuliyksikön kerralla suojautumisasiesteiden henkilöistöä tarkasteltiin seisovana ja toisesta kerrasta alkaen tulituksen loppuun saakka maan suojautuneena. Tämä menetelytapa mahdollistaa mallintamisen.

Korjauskertoimen riippuvuuksia eri tekijöistä tarkasteltiin aluksi pienillä laukaussuureilla, 1...6 patteriston kertaa. Toiseksi lähtökohdaksi otettiin suuret laukaussuureet. Ne rajattiin yleisen kansainvälisen käytännön mukaisesti enintään kolmen minuutin tulitusajoille.

3.5.5.2 Korjauskertoimen määrittäminen

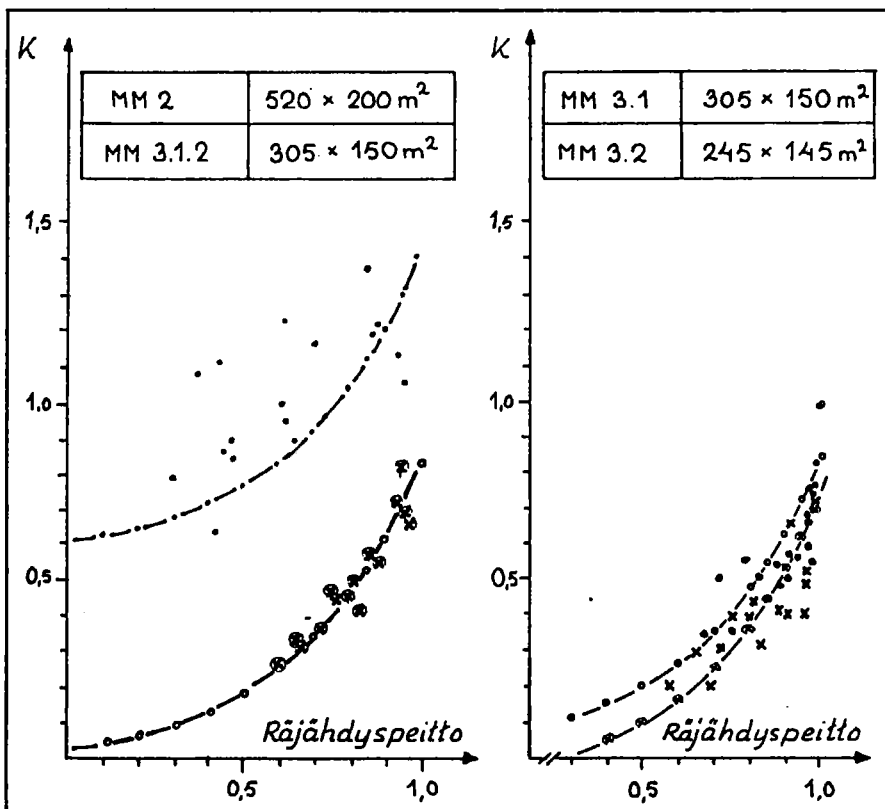
Simulointi- ja laskentatulosten perusteella korjauskertoimet asettuvat tiettyyn suuruusjärjestykseen maalimalleittain. Kerroinfunktioiden pääpiirteinen kulku laukaussuureiden kasvaessa on iskusytyttämiä käytettäessä logaritmisesti laskeva sekä aika- ja herätesytyttämiä käytettäessä tasainen tai lievästi nouseva. Tämä osoittaa muun muassa sen, että ilmaräjähteet ovat pintaräjähteitä keskimääräisten vaikutusalojen suhdetta tehokkaampia tilanteessa, jossa henkilöistö on maan suojaunut.

Perinteistä vaikutusmallia kohtaan esitetty kritiikki pätee osittain myös kehitettyyn malliin. Pienempien maalimallien korjauskertoimet ovat selvästi pienempiä kuin yksi, jonka molemmiin puolin MM 2:n korjauskertoimet asettuvat. Koska MM 3.2 on pienempi kuin MM 3.1 ja samalla sen korjauskertoimet ovat

jälkimmäisen vastaavia suuremmat, ei riippuvuutta voida määrittää pelkästään maalin koon perusteella.

Seuraavaksi on haettava sitä mallin tekijää tai tekijöiden yhdistelmää, joista korjauskerroin riippuu eniten. Todennäköisimmät vaihtoehdot ovat tällöin osuvuuden käänneisluku ja räjähdyspeitto. Ensiksi mainittua tekijää ei voida osoittaa missään tapauksessa korjauskerroinfunktioiden argumentiksi. Korjauskerrointen riippuvuudet räjähdyspeitosta kolmen minuutin tulituksen jälkeisessä tilanteessa ovat kuvassa 11. Maalimalleja on tulitettu 0° ja 90° osuvuuskuulmissa, jolloin räjähdyspeittojen koko vaihteluväli tulee käsitellyksi, pois lukien lyhimmat — 3...5 kilometrin — ampumaetäisyydet.

Kuva 11: Korjauskerrointen riippuvuudet patteriston räjähdyspeitosta kolmen minuutin tulituksen jälkeisessä tilanteessa ja esimerkkejä korjauskertoimen eksponenttisovituksista.



SELITE:

- = maalimalli 2 (MM 2)
- ⊗ = MM 2:n tavoin suojautuva maalimalli 3.1 (MM 3.1.2)
- × = maalimalli 3.1 (MM 3.1)

- = maalimalli 3.2 (MM 3.2)
- = sovitus maalimalliin 2
- ⊗-⊗ = sovitukset maalimalliin 3.1
- ⊗-⊗ = sovitus maalimalliin 3.2

MM 3.1:n ja MM 3.2:n kohdalla havaitaan vallitseva selvä korrelaatio. MM 2:n tapauksessa saatu pistejoukko on muodoltaan epämääräinen ja korreloi heikosti kaikkien tekijöiden kanssa. Jatkokehittelyn perustaksi on valittava maalimalli, jolla regressiosovitus selitysvoimakkuus on suurin. Näitä tekijöitä voidaan aluksi etsiä lineaarisella sovituksella. MM 2:n tavoin suojautuvalla MM 3.1:llä pinta-alan selitysvoimakkuus on 85.1 %. Kun yhteistä sovitusta etsitään edellisen lisäksi 90° osuvuuskuulmassa olevalle MM 3.1:lle, saadaan pinta-alan selitysvoimakkuudeksi 75.1 %. Lineaarisen sovituksen asemesta on tutkittava myös mahdollisuutta valita eksponenttifunktio. Tällä voidaan estää kerrointen pieneminen noltaan 0.4 tai pienemmällä räjähdyspeitoilla. Kerroinfunktion alaosassa tämä hyödyttää käytännössä vain pientä ampuma-alaa, sillä MM 3:n kokoluokan maalien määrittelmän mukaiset räjähdyspeitot ovat vain harvoin pienempiä kuin 0.4.

Muotoa $f(x) = A \cdot e^{Bx}$ olevassa funktiossa pinta-alan selitysvoimakkuudeksi saadaan esitettyssä perustapauksessa 90.7 % jäännöshajonnalla 0.111. Nämä tulokset jättävät tykkikaluston, sytytintyyppin ja ampumaetäisyyden selitettäväksi vähemmän kuin 10 % korjauskertoimesta. Osuutta voidaan pitää käytännössä merkityksettömänä.

Esitetty sovitusmalli pätee maalille, jonka alkiot voivat suojautua heittäytymällä makuulle. Parempi suojautumiskyky pienentää korjauskerrointa ja aiheuttaa virheen, ellei vaikutusalan muutosta kyetä määrittämään ennalta. MM 3.1:n kohdalla erilaisen suojautumiskyvyn vaikutus korjauskertoimeen on keskimäärin 0.2 yksikköä, mikä saattaa merkitä pienillä räjähdyspeitoilla jopa 50 % muutosta. Vaikutuskaavan 4 herkkyteen on lähes muutosprosentin suuruinen. Henkilöstömaaleilla maalialkioiden suojautumisasteita on tällöin oltava viisi: makuulle suojautumiskykyinen, makaava, avopoteroin suojautumiskykyinen ja -poteroissa oleva sekä katetuissa poteroissa oleva. Jako on tulenjohtajan kannalta liian moniluokkainen. Tämä korostuisi nopeasti muuttuvissa tai puutteellisilla perusteilla käynnistyvissä tilanteissa.

Sirpalekranaattien vaikutusalojen perusteella henkilöstömaalien suojautumisaste jakaantuu suuruusluokittain kolmeen osaan: suojautumaton, avopoteroin suojautunut ja katetuihin poteroihin suojautunut henkilöstö. Viimeksi mainitussa tapauksessa keskimääräiset vaikutusalat yhtyvät kevyesti panssaroituihin ajoneuvoihin määritettyihin vaikutusaloihin. Koska tappiot näiden yhteydessä ovat yleensä alle 5 %, muodostuvat erot ovat kokonaistuloksen kannalta merkityksettömiä.

Kolmiluokkaisen jaon väliä voidaan hallita määrittämällä tarvittaessa vaikutuskyky. Kun arvioidaan maalin kykenevän suojautumaan lähtökohtatilannetta — suojautumiskyky makuulle — paremmin, voidaan vaikutuslaskennan tarkentamiseksi pienentää korjauskerrointa sovitulla koodilla. MM 3.1:n kohdalla suojautumisasteen muutos merkitsee esitetyn eksponenttifunktion tuloksen pienentämistä luvulla 0.15, jolla saadaan lasketut neliölliset poikkeamat minimoiduiksi.

Vastaavaa menettelyä on sovellettava myös maalimallien koon vaikutuksen huomioon ottamisessa. Kokonaisuksi laaditaan tällöin MM 3.1.2 perusteella. Tämän maalimallin alkiot voivat suojautua vain makuulle heittäytymällä. Kun maalin pinta-ala valitaan nollakohdan määrääväksi tekijäksi, saadaan kaava 6.

- (6)
$$K_c = A_m \cdot 10^{-5} \cdot 0.45 \cdot K_c + A \cdot e^{B \cdot A_{rp}} / A_m$$
, missä
 K_c = korjauskertoimen K eksponenttifunktiolla määritetty 3 minuutin tulitusaikaa vastaava tekijä

$$A = 4.4910 \cdot 10^{-2}$$

$$B = 2.9185$$

K_s = suojautumisasteen muutoksen huomioon ottava tekijä

A_m ja A_{rp} sijoitetaan neliömetreinä.

Mallilla määritetään suurimman yhtäjaksoisen tulitusajan mukainen korjauskerroin. Esimerkkejä eksponentiaalisovituksista on kuvassa 11. Malli sopii sellaisenaan MM 3.2:n tuloksiin. Korjauskerroin on lähes riippumaton maalialkioiden suhteellisista sijainneista. Sen luotettavuutta heikentää maalialkioiden pääosan kasautuma. Tämä voidaan ottaa huomioon määrittämällä maalin mitat alkioden pääosan ryhmitystä vastaaviksi. MM 2:n kohdalla jo aiemmin esitetty sovitettavuusongelma vaikeuttaa mallin hyväksymistä sellaisenaan. Koska tilastollisesti ei voida osoittaa käyttökelpoisuutta suurten maalimallien kohdalla, mallin luotettavuus on selvitetävällä herkkyysosoitella.

Korjauskerroin K muodostuu kahdesta osasta. Kerroin kiinnitetään lähtötasolle räjähdyspeiton, maalin laadun ja tavanomaisesta jaosta poikkeavan suojautumisasteen mukaan. Tulitusaikaa ja sitä kautta laukaussuurea vastaava kerroin voidaan määrittää regressiosovituksella.

Sovitusta varten kertoimet on normitettu ja luokitettu tähän tehtyillä tietokoneohjelmistolla. Normituksen perustaksi on asetettu 3 minuutin tulitusajan kerrointa vastaava lukuarvo ykköseksi. Normitetuista tuloksista voidaan täten muodostaa suoraan kerroinfunctioita. Iskusytyttimisillä sirpalekranaateilla simuloidujen ammuntojen kerrointen erot ovat 60 sekuntia pitemmillä tulitusajoilla keskiarvoon verrattuna pienempiä kuin 5 %. Ne ovat riippumattomia tykkikalustosta ja maalimallista. Sama tilanne on myös aika- ja herätesytytinammuntojen kertoimilla, joskin ne poikkeavat lähes koko tarkasteltavalla alueella iskusytytintuloksista. Alle 60 sekunnin tulitusajoilla pienten laukaussuureiden satunnaistekijät ovat pääasiassa erojen muodostajia. Keskiarvotesteillä ei voida todeta kerrointen maalimalleista johtuvia tilastollisia eroja. Tämä pätee kaikissa vertailutilanteissa, myös yläkulma-ammunnoissa.

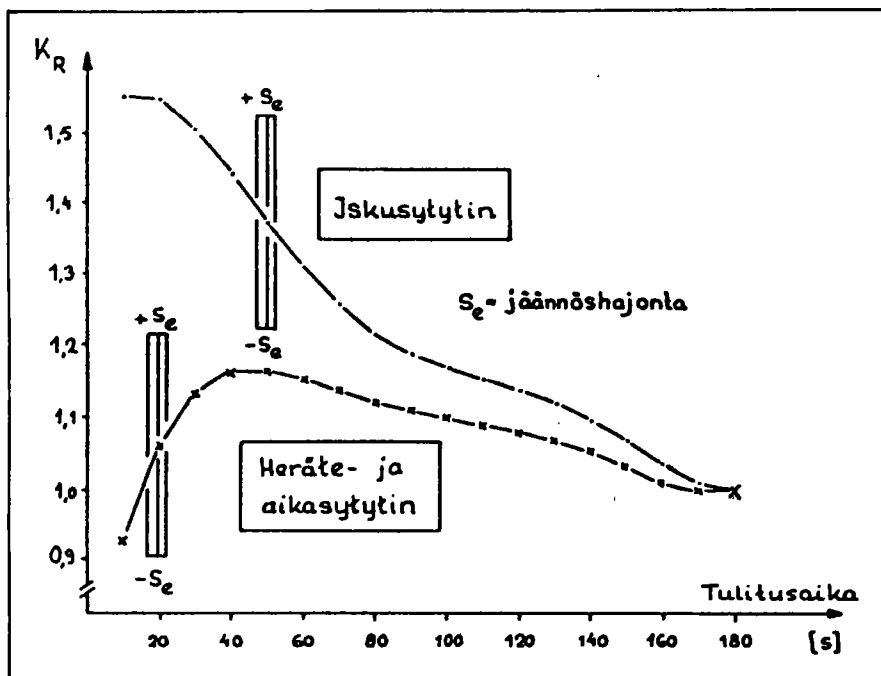
Vertailun perusteella kerroinlaskenta on jaettava kahteen osaan: iskusytyttimiset sekä toisaalta aika- ja herätesytyttimiset sirpalekranaatit. Muodostuneille tiedostoille voidaan tehdä 5. asteen regressiosovitukset (K_r), jotka ovat kuvan 12 mukaiset.

Muodostuneet jäännöshajonnatkin, molemmissa tapauksissa enintään 15 % kerroinvarovasta, huomioon ottaen pinta- ja ilmaräjähteiden kertoimet eroavat alle 60 sekunnin tulitusajoilla merkittävästi. Myös tulitusajan selitysvaikutukset ilmaisevat kuvaajien luonteen. Iskusytytinten tapauksessa $R^2 \cdot 100$ on 55.8 %, jonka perusteella tulitusaika on suurin selittävä tekijä. Aika- ja herätesytyttimisillä $R^2 \cdot 100$ on 11.1 %, joka merkitsee sitä, että kertoimena K_r voitaisiin kaikilla tulitusajoilla käyttää ykköstä. Iskusytyttimillä 5. asteen funktio voidaan linearisoida jäännöshajonnan puitteissa suoraksi $K_r = 1.54 - 3.24 \cdot 10^{-3} \cdot t$, missä t on tulitusaika. Suora selittää 94.6 % alkuperäisestä funktiosta.

3.5.6 Tytäkranaattiammusten vaikutus

ICM-tytäkranaattiammukset (ICM = Improved Conventional Munition) on tarkoitettu ensisijaisesti kevyesti panssaroituja ajoneuvoja ja niiden muodostelmia vastaan. Ammusten kehitystyö on kesken, mutta ne saataneen laajalti palvelukäyttöön 1990-luvulla ainakin NATO-maissa. Toisaalta kehitystyön keskeneräisyydestä

Kuva 12: Korjauskertoimen tulitusaikariippuvuus eri sytyttimillä sirpalekranaateilla (K_R).



johtuen ja toisaalta maalien liikkuvuutta ja panssarointia korostavan uhkakuvan takia Sveitsissä kehitetään itsenäisesti tytäkranaattiammusta⁴⁴. Kranaatit sisältänevät vain ontelolatauksen.⁴⁵

Tutkittaessa linnoittamisen vaikutusta sirpalekranaateilla aikaansaataviin elävän voiman tappioihin on päädytty siihen, että sirpaloituvia tytäkranaatteja sisältävien ammusten vaikutussuhde — samoihin tappioihin tarvittavien laukaussuorien suhde — sirpalekranaatteihin verrattuna on kuusi. Vaikutussuhde on riippumaton maalin suojautumisasteesta tai -kyvystä.⁴⁶

ESTVA-tutkimusmallilla on simuloitu ammuntoja 1...3 patteristolla eri tykkikalustoilla ICM-ammusten vaikutusparametrejä vaihdellen. Maaleina on käytetty MM 2.1:tä ja 2.2:ta, joista jälkimmäinen saattoi toimia tulituksen alettua kolmella tavalla: se joko jatkoi matkaansa tulituksesta välittämättä, pysähtyi ensimmäisen kerran jälkeen tai se keskeytti hyökkäyksensä, kun tappiot ylittivät 17 %.

Toimintatavan muutos on rynnäköpanssarivaunutappioiden kannalta lähes merkityksetön tekijä. Vaikutusparametreistä tärkein on se, kuinka monta tytäkranaatin osuaa rynnäköpanssarivaunu vaatii tuhoutuaakseen. Mikäli edellytetään kuutta osuaa, patteriston 6 kerralla kyetään aiheuttamaan 0...4 %, keskimäärin 2 % tappiot. Tällöin vaikutussuhde sirpalekranaatteihin verrattuna on kaksi. Mikäli neljä osuaa riittää, vastavat tappiot ovat 2...6 %, keskimäärin 4 %, jolloin vaikutussuhde on 4...6. Toisin kuin sirpalekranaateilla, ICM-ammuksilla usean tuliyksikön samanaikainen käyttö ei pienennä patteristojen vaikutusosuutta.

ICM-ammusten edullisuus sirpalekranaatteihin nähden ilmenee, kun vaikutuskriteerinä on enintään kolme osumaa. Kolmen osuman mukaan simuloituna patteriston 6 kerralla aiheutetaan 8...16 %, keskimäärin 10 % tappiot, joita sirpalekranaateilla ei keskitetylläkään tulella saada aikaan. Jos kaksi osumaa osoittautuu riittäväksi, keskimäärin 10 % tappiot — yhden vaunun tuhoutuminen ja henkilöstötappioita 1...2 muussa vaunussa — saadaan aikaan patteriston 3 kerralla. Kolmen patteriston 6 sirpalekranaattikerralla aiheutetut tappiot saadaan aikaan patteriston yhdellä ICM-kerralla. Vaikutussuhde on tällöin 15...20. Vaikutussuhteen käyttö kustannusvertailutekijänä ei ole mielekäs, sillä vain tytäkranaattiammuksilla voidaan myös ennalta arvioiden aiheuttaa tappioita rynnäköpanssarivaunuille ja niissä etenevälle henkilöstölle. Vastaava tilanne on myös silloin, kun maalin henkilöstö on sirpalesuojaisiksi katetuissa avopoteroissa.

3.6 Mallin herkkyys

Herkkyysanalyysin tarkoituksena on selvittää, sisältääkö vaikutuksen ennalta laskennan malli virhetekijöitä ja rajoittaako malliin sijoitettavien parametrien määrittämistarkkuus sen luotettavuutta. Simulointitulosten perusteella määritettyjä kertoimia arvioitaessa on muistettava, että ne ovat keskimääräisten tappioiden mukaan laskettuja, jolloin niissä ei näy eri simulointikierrosten välillä esiintyvä stokastisuus. Tuloksissa se ilmenee suurimpina keskihajontoina maalialkiotihentymän omaavassa MM 3.2:ssa. Mallin herkkyys on vaikutuksen ennalta laskennassa rajattavissa siten, että satunnaiset virheet eivät saa yksittäisinä aiheuttaa laskentaan yhtä patteriston kertaa suurempia poikkeamia.

Esitetyn mallin (kaava 4) herkkyyttä on analysoitava kolmessa tasossa: korjauskertoimen käytettävyyden tarkasteluna, osana vaikutuksen ennalta määrittämistä ja osana vaikutuksen määrittämisen kokonaismallia. Korjauskertoimen vaikutus mallin herkkyuteen voidaan todeta vertaamalla sovitettuja kertoimia simulointituloksista määritettyihin kertoimiin. Tarkastelu antaa ampumatoiminnan kannalta parhaan tuloksen, kun vertailu tehdään pienillä laukausmäärillä, 2...6 patteriston kertaa.

Maalialkiotihentymän vaikutuksesta MM 3.2:n kohdalla muodostuu huomattavia virheitä, kun räjähdyspeitto on pieni. Virhe vähenee oleellisesti osuvuuskulman pienentyessä selvästi alle 90°:een ja ampumaetäisyyden kasvaessa vähintään 10 kilometriin. Muiden maali mallien kohdalla virhe on keskimäärin — MM 2:lla selvästi — pienempi kuin edellä asetettu herkkyysvaatimus.

Mallin herkkyys osana vaikutuksen ennalta määrittämistä tarkoittaa sen tekijöiden muutosten merkitystä laskentatuloksiin. Kaavassa 4 Neperin luvun eksponentissa olevat tekijät ovat räjähdyspeittoa lukuunottamatta herkkyuden kannalta samanvaikutteisia. Halutun vaikutuksen ollessa 10...50 % kunkin eksponentin tekijän 10 % muutos suurentaa tai pienentää laskettua vaikutusta 8...12 %. Tämä on asetetun vaatimuksen mukainen, kun tulitehtävään tarvitaan enintään 10 patteriston kertaa. Ilman korjauskertoimen osuutta räjähdyspeiton 10 % muutos vaikuttaa keskimäärin 3 %, kun haluttu vaikutus on 20 % ja alle 1 %, kun haluttu vaikutus on 10 %. Korjauskertoimen riippuvuus räjähdyspeitosta ja maalin koosta kasvattaa räjähdyspeiton suhteellisen muutoksen merkityksen lähes muita tekijöitä vastaavaksi.

Tulitettaessa katettuihin poteroihin tai panssaroituihin ajoneuvoihin suojautunutta henkilöstöä 20 % tekijävirhe aiheuttaa yleensä alle 1 prosenttiyksikön muutoksen

laskettuun vaikutukseen. Toisaalta tämä vaikeuttaa halutun vaikutuksen kvantifioimista. Samasta syystä ja ammuntojen stokastisuus huomioon ottaen malli ei ole luotettava arvioitaessa ennalta patterin muutamien kertojen aiheuttamia tappioita.

Ainoa tekijä, johon voidaan valinnalla vaikuttaa etukäteen, on tulenjohtopaikan tarkkuus. Sen tarkoituksenmukainen luokitusihteys voidaan määrittää herkkyyksanalyysin avulla. Työssä tutkittiin erilaisten luokitusihteysien merkitystä osuvuuteen ja sen kautta halutun vaikutuksen edellyttämien patteriston kertojen määrittävyyttä. Riippuvuuskehysten monimutkaisuuden vuoksi tämä havainnollistuu parhaiten esimerkein. Patteristolla, jossa on nykyaikainen ammunnan valmistelun välineistö, ammutaan 5 kilometrin etäisyydeltä MM 3.1:tä maalin paikantamisen todennäköisen sädepoikkeaman ollessa 30 m. Maalille aiheutetaan neljällä kerralla 7.9 % tappiot. Mikäli todennäköinen sädepoikkeama on 60 m, on kuuden patteriston kerran vaikutus samassa maalissa 7.8 %. Ennalta laskennassa kahden laukauskerran eroa ei voida havaita. Samalla patteristolla ammutaan 10 kilometrin etäisyydeltä MM 2:ta. Kun maalin paikantamisen todennäköinen sädepoikkeama on 30 m, maalille aiheutetaan viidellä kerralla 10.3 % tappiot. Sädepoikkeaman ollessa 60 m patteriston kuuden kerran vaikutus maalissa on 10.4 %. Esitettyjä suuremmilla laukausmäärillä ja aina liikkuvaa maalia tulitettaessa virhe korostuu.

Herkkyyksianalyysin perusteella maalin paikantamisen tarkkuusluokituksen välit sädepoikkeamina voivat olla alle 10...12 kilometrin ampumaetäisyyksillä enintään 20 m. Kun tarkimmaksi luokaksi valitaan 20 m, muiden lukuarvot ovat tällöin 40 ja 60. Pitemmillä prikaatitykistön ampumaetäisyyksillä kaksiluokkainen jako, 20 ja 60 m, on riittävä. Kaukotoiminnan ampumaetäisyyksillä maalin paikantamisen todennäköinen poikkeama on merkityksetön. Vastaavasti laskettuna tulenjohtajan on määritettävä maalin mitat 100 m:n ja maalin etureunan suunta 200...300^v tarkkuudella.

4 HALUTUN VAIKUTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN

4.1 Taktiset vaikutusvaatimukset

4.1.1 Tuhoaminen ja lamauttaminen

Taktiset vaatimukset maalille aiheutettavista tappioista vaihtelevat eri maissa. Oman käytäntömme mukaan maalissa edellytetään saavutettavan lamauttava vaikutus 20 % ja tuhoava 50 % tappioilla⁴⁷.

Neuvostoliiton tykistön tehtävät voidaan täyttää hävittämällä, tuhoamalla tai lamauttamalla maali tai häirintäammunnalla. Maalin hävittämiseen katsotaan päästävän silloin, kun tuhoamistodennäköisyys on vähintään 0.9. Maali tuhoetaan tuottamalla kerralla sellaiset henkilöstö- ja kalustotappiot, että se menettää taistelukykynsä. Tappioiden on oltava vähintään 50 %. Tällöin esimerkiksi tulipatteri ei kykene toimimaan patterina, vaikka siitä jokin osa toimisikin vielä jaoksena. Samalla näin suuret tappiot aiheuttavat järkytksen jäljelle jääneelle henkilöstölle. Epäsuoralla ammunalla pyritään tuhoamiseen vain kun maaleina ovat ydintaisteluvälineet. Lamauttamisessa maalille tuotetaan sellaiset tappiot, että se menettää tilapäisesti taistelukykynsä. Tappioprosentti on tällöin 25...30. Lamauttamiseen tarvittavat laukausmäärät on normitettu kaliiperin mukaan kutakin tärkeintä maalityyppiä ja sen suojautumisastetta kohti. Häirintäammunnan tarkoituksena on

häiritä vihollista esimerkiksi vaikeuttamalla johtamispaikkojen toimintaa ja henkilöstön lepoa.⁴⁸

Yhdysvaltalainen käytäntö on joustavampi ja pyrkii ottamaan tilannetekijät huomioon. Lamauttamisella (Neutralization) tarkoitetaan niin suurten tappioiden tuottamista maalissa, että sen taistelukyky laskee tilapäisesti⁴⁹. 30 % tai suuremmat tappiot haavoittuneina, kaatuneina ja materiaaliin kohdistuvina saavat tavallisesti joukon pysyvästi tehottomaksi.⁵⁰ Näin suuret tappiot hajottavat ja saattavat pitkähköksi aikaa epäjärjestykseen hyökkäävän jalkaväen tai moottoroidun yksikön. Aika riippuu joukon kyvystä koota voimansa tai saada vahvennuksia⁵¹. Käytännön kokemukset osoittavat, että jo noin 10 % henkilöstötappiot riittävät keskeyttämään hetkellisesti joukon toiminnan.⁵² Tällöin moraaliset ja muut vaikeasti arvioitavat seikat ovat vaikuttaneet joukon taistelukunnon lamautumiseen. Tulen vaikutuksen mallintamista käsittelevissä tutkimuksissa on esitetty **komppanian puolustuksen murtamisen edellyttävän** henkilöstön tappioiden 30...50 % ja **hyökkäävän komppanian pysäyttämisen edellyttämiseksi** tappioiksi 15...30 %⁵³. Taisteluja tutkittaessa on kuitenkin todettu, ettei kiinteitä tasoja ole yksiselitteisesti voitu määrittää.⁵⁴

Yhdysvaltalaisen ohjesäännön mukaan ei tunneta analyttistä menetelmää niiden haavoittuneiden, kaatuneiden tai materiaalien vahinkojen tarkaksi määrittämiseksi, jotka vaaditaan maalin lyömiseksi. Jos tarkastellaan **todennäköisyystasoa 0.5**, hyökkääjä joutuu pysäyttämään toimintansa 2...24 tunniksi kärsittyään noin 17 % tappiot⁵⁵. Joukko on hyökkäyskyvytön vähintään 2 vuorokautta kärsittyään 23 % tappiot. Puolustajan vastarinta murtuu samalla todennäköisyydellä sen kärsittyä 27 % tappiot. Jos tarkastellaan **todennäköisyystasoa 0.0**, ovat tappiorajat edellä esitetyssä järjestyksessä 4, 9 ja 10 %.⁵⁶ Suuruusluokkatarkastelussa havaitaan neuvostoliittolaisten lamauttamisvaatimusten yhtyvän yhdysvaltalaiseen todennäköisyystasoa 0.5.

Yhdysvaltalaisen ohjesäännön mukaan tuhoavaan vaikutukseen voidaan kenttätykistöillä pyrkiä tulitettaessa epäsuorin ammunnoin muun muassa:

- suojatonta tai avopoteroihin suojautunutta henkilöstöä massoitettulla tulella heräte- tai aikasytyttimisillä sirpalekranaateilla tai vaihtoehtoisesti henkilöstöä vastaan tarkoitetuilla ICM-ammuksilla (APICM = Anti Personnel ICM)
- taistelu- tai kuljetuspanssarivaunuja, siltoja, kantalinnoitteita ja teitä täsmäammuksilla, esimerkkinä **COPPERHEAD**
- ajoneuvoja (kuorma-autoja) heräte- tai aikasytyttimisillä sirpalekranaateilla tai vaihtoehtoisesti kaksivaikutteisilla ICM-ammuksilla (DPICM = Dual Purpose ICM).⁵⁷

Edellä luetellut maalityypit vaativat tuhoutuakseen joko osumia tai niin pienen tulenaloituksen virheen, että se edellyttää viiveettömiä ja tarkkoja säätietoja. Molemmissa tapauksissa ennalta laskettavat laukausmäärät kasvavat niin suuriksi, ettei tällaisten tulitehtävien toteuttaminen ole yleensä mahdollista. Kun verrataan suurvaltojen tulenkäyttöperiaatteita omiimme, todetaan, etteivät kenttätykistömme maalityypit tai nykyiset ampumatarvikkeet anna mahdollisuutta asettaa tuhoamisvaatimusta muiden taktisten vaatimusten rinnalle. Tuhoamistehtävää vastaavaan tulenkäyttöön on kuitenkin valmistauduttava.

Tulitettaessa suojatonta henkilöstöä **tuhoamistehtävä** aloitetaan maalin lamauttamiseen tarvittavalla laukausmäärällä optimaalista ampumatarvikeyhdistelmää. Tulenavauksen on oltava yllättävä. Mikäli edellytykset maalin tuhoamiseen ovat sen suojautumis- ja liikkumismahdollisuuksien rajoittuneisuudesta tai maaston laadusta

johtuen edelleen olemassa, tulenjohtaja jatkaa tehtävänsä lamauttamisvaatimusten mukaisia lisälaukausmääriä käyttämällä. Tulen käyttö keskeytetään, kun tähytyksellä on todettu halutun vaikutuksen aikaansaaminen.

Osumavaatimus epäsuorassa ammunnessa on sen satunnaistekijöistä johtuen hyvin vaativa. Nykyaikaisella taistelulentällä esiintyy vain harvoin paikallaan olevia ja liikuntakyvyttömiä pistemaaleja, joiden tuhoamiseen on käytettävissä tehtävän edellyttämä aika. Tilanteen vaatiessa tällaiseen on valmistauduttava ja se toteutetaan aina tähytetysti käytettävät laukausyhdistelmät määrineen erikseen käskien.

4.1.2. Järkyttäminen

Taktisen tehtävän ”lamauttaminen” seuraukset voidaan jakaa kahteen osaan: fyysiseen lamautumiseen, joka aiheutuu henkilöstön, ajoneuvojen tai aseiden tappioista sekä psyykkiseen lamautumiseen. Viimeksi mainitusta käytetään tässä kirjoituksessa käsitettä järkyttyminen ja siihen tulen käytöllä pyrkimisestä käsitettä **järkyttäminen**.

Kenttätykistön ammunnessa aiheutuva järkyttyminen voidaan määritellä taistelukyvyyn tilapäiseksi alentumiseksi räjähtävien ampumatarvikkeiden jälkivaikutusten seurauksena.⁵⁸ Järkyttymistä eniten aiheuttavia tekijöitä ovat laukausmäärä ja tulen tiheys, kranaatin ruhjosäteen ylittävä painevaikutus, kranaatin lentoratavaiheen ääni, räjähdysäänien voimakkuus ja tulen tarkkuus. Järkyttymisen katsotaan kestävän vain tulituksen kestoajan. Sen tarkoituksena on antaa edellytykset tulen jatkokäytölle maalia vastaan sen alkioiden suojautumisasteen tai liiketilan muututtua ampumatarvikkeiden vaikutuksen kannalta edullisemmaksi⁵⁹. Järkyttämiseen pyritään, kun maalityyppiä tai sen hallitsevaa maalialkiotyyppiä vastaan ei ole käytettävissä fyysistä lamautumista aiheuttavia ampumatarvikkeita⁶⁰. Tyypillisimpiä tilanteita ovat ne, joissa panssaroitujen ajoneuvojen muodostelmia vastaan on käytettävissä vain sirpalekranaatteja.

Yhdysvalloissa on tutkittu eri asejärjestelmien tulituksen vaikutusta järkyttymisen todennäköisyyteen. Kokeiden kohteina olivat avopoteroihin suojautuneet henkilöt, jotka toimivat panssarintorjuntaohjusampujina. Tutkimuksessa selvitettiin, missä suunnassa räjähtävä kranaatti tai laukaussarja erikaliiperisilla aseilla aiheutti suurimmalla todennäköisyydellä koehenkilöiden järkyttymisen. Samalla selvitettiin räjähdyspisteen tai -alueen etäisyyden vaikutus. Staattisesti räjäytetyistä kranaateista ei kohdistunut koehenkilöön fyysistä vaikutusta. Kaikissa tapauksissa ja kaikilla etäisyyksillä kranaattien räjäyttäminen edessä aiheutti suurimmalla todennäköisyydellä henkilön psyykkisen lamautumisen. Tämä voitiin todeta seuraamalla rinnan neljän koehenkilön kykyä jatkaa simuloituina maaleina olleiden panssarivaunujen seurantaa ja tulittamista.⁶¹

Tärkeimmät johtopäätökset järkyttämisestä ovat ne, että tykistön tulitus lähes täysin eliminoi jalkaväen asejärjestelmien vastatulen ja tykistön tulen seurauksena panssaroidut ajoneuvot todennäköisesti pysähtyvät tai liikkuvat pois tulitusalueelta. Henkilöstön on joissain tapauksissa tällöin jalkauduttava.

Tykistön tulivaikutuksen aineellista ja moraalista merkitystä on tutkittu sotiemme kokemusten valossa. Tykistöaseiden sirpalevaikutus on saanut aikaan 50...80 % kaikista henkilöstötappioista⁶². Haastattelutulosten mukaan vaikutus asettuu vaihteluvälillä ylärajalle. Tapaturna-arkiston tilastojen mukaan sirpaletappioiden osuus on 49...67 %⁶³. Sotavuositain tarkasteltuna eri menetelmillä saadut tappiotilastot yhtyvät pääpiirtein toisiinsa. Yhdysvaltalaisen tilaston mukaan kranaattien sirpalei-

den aiheuttamia vammoja oli toisessa maailmansodassa Euroopan sotanäyttämöllä 62.4 % kaikista vammoista⁶⁴.

Tykistökeskityksen todettiin olevan merkittävin pakokauhua aiheuttava tekijä. Tykistölliset aseet olivat keskeisin vaikuttaja 30...50 %:ssa tapauksista painotetun keskiarvon ollessa noin 45 %⁶⁵. Suurin merkitys oli tulituksen kestolla. Kranaattien kaliiperi ei ole ollut kovinkaan merkittävä tekijä. Sen sijaan räjähdysten määrä vaikutti keskeisesti psyykkisesti lamauttavan vaikutuksen muodostumiseen.⁶⁶

4.2 Määrittely ja kvantifiointi

Tutkimuksen perusteella voidaan määritellä ja kvantifioida taktiset vaikutusvaatimukset. Ne on eriteltävä hyökkäyksellisesti ja puolustuksellisesti tai paikallaan ollen toimivia maaleja varten. Hyökkäykselliset erotetaan puolustuksellisista siitä, että ne toteuttavat tehtävänsä myös liikettä käyttämällä. Näitä ei pyritä tuhoamaan tykistön tulella. Hyökkäyksellisen maalin lamauttamisella tarkoitetaan sen käynnistämisen liikkeen pysäyttämistä ja joukkojen hajaannuttamista siten, että se menettää tuntien ajaksi kykynsä vaikuttaa taisteluun. Lamautuminen edellyttää 20 % henkilöstötappioita haavoittuneina tai kaatuneina. Hyökkäyksellisesti toimivaa maalia vastaan ei aseteta häirintävaatimusta.

Maalin liike voidaan pysäyttää aiheuttamalla järkyttävä vaikutus panssaroiduissa ajoneuvoissa liikkuvalla henkilöstölle, erityisesti johtajille ja ajajille. Tulituksessa käytetään ennakkoa, jolloin laukausten pääosa saadaan maalin eteen tai vaikuttamaan etummaisiiin maalialkioihin. Laukauserä valitaan siten, että kunkin ajoneuvon henkilöstön havaintokentässä räjähtää 1...2 kranaattia. Panssarijalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitystä tulitettaessa laukauserä on maalin nopeudesta riippuen 2...4 patteriston kertaa. Ellei maalin pitempi sivu pääpiirtein yhdy ampumasuuntaan, tuli levitetään optimimitoituksen mukaisesti.

Puolustuksellisesti toimivan maalin tuhoamisella tarkoitetaan sen saattamista vuorokausiksi kyvyttömäksi jatkaa toimintaansa. Tällaisen maalin lamauttamisella tarkoitetaan niin suurten fyysisten tappioiden ja psyykkisten vaurioiden tuottamista, että kohteena oleva joukko ei kykene tunteihin jatkamaan tehtävänsä entisellä alueellaan. Lamautuminen edellyttää 30 % henkilöstötappioita. Vahvasti linnoittautuneen maalin lamauttamiseen ei yleensä kyetä kuin suurvalloille ominaisella massamaisella tulen käytöllä. Esimerkiksi maalina oleva 300x150 m²:n alueelle ryhmittynyt katettuihin poteroihin linnoittautunut jalkaväkijoukkue vaatii lamautukseen neuvostoliittolaisten normien mukaan 675 sirpalekranaattia 122...130 mm:n kaliiperisilla tykeillä⁶⁷. Laukauserä vastaa noin 57 meidän patteristomme kertaa.

Tällaisessa tilanteessa on tarkoituksenmukaista pitäytyä järkyttämisvaatimuksessa, joka toteutetaan pitämällä maali tulen alla oman hyökkäävän joukon hyökkäysvalmistelujen ja ennen kaikkea liikkeen ajan. Samalla vaikeutetaan vastatoimenpiteiden käynnistämistä. Järkyttävä vaikutus aiheutetaan laukauserällä, joka vastaa 20 % tappioiden tuottamista enintään avopoteroihin suojautumiskykyiselle henkilöstölle. Häirinnällä vaikeutetaan vihollisen toimintaa⁶⁸. Häirintäamuntaan käytetään yleensä patteriston kertoja epäsäännöllisin väliajoin ammuttuna. Tähysetyissä ammunna vaikutuksen ennaltaäärittämismallilla voidaan laskea maalin ominaisuuksien mukaan edullisin ampumatarvikeyhdistelmä. Maalipistettä on tarvittaessa muutettava ammunnan kuluessa. Lamauttamisvaatimuksen liittyessä kaikkien käytävissä olevien asejärjestelmien yhteisvaikutukseen tykistön vaikutusosuus on edellä esitettyä pienempi.

Kenttätykistön osuutta vaikutusvaatimuksesta on pienennettävä, kun kokonais-tappioita on aiheuttamassa myös muita asejärjestelmiä. Tällä perusteella on kvantifioitava erikseen haluttu vaikutus aikataulukkaan sidotussa tulivalmistelussa ja joustavassa hyökkäyksellisessä tulenkäytössä sekä toisaalta äkillisessä torjunnassa ja joustavassa, keskitettyyn tulenkäyttöön perustuvassa puolustustilanteessa. Yleisim-mät vaikutusvaatimukset voidaan kvantifioida tutkimuksen mukaan kuvan 13 mukaisiksi:

Kuva 13: Yleisimmät vaikutusvaatimukset eri tulenkäyttötilanteissa

Kranaattityyppi	Sirpalekranaatti		ICM-ammus
Tulen-käyttö-tilanne	Suojautumaton tai avopoteroihin suojautunut	Panssaroituihin ajoneuvoihin tai katettuihin poteroihin suojautunut	
<u>Hyökkäyksellinen:</u> — aikataulukkaan sidottu — välitön, joustava	Lamauttaminen 20% Lamauttaminen 30%	Järkyttäminen Tulimuoto Järkyttäminen 20%	Lamauttaminen 20% Lamauttaminen 30%
<u>Puolustuksellinen:</u> — torjuntasuunnitelman mukainen, kiireinen — tulisuunnitelman maaleja hyväksi-käyttävä, joustava	Lamauttaminen 20% Lamauttaminen 10%	Järkyttäminen 2—4 kertaa patteristolla Järkyttäminen 2—4 kertaa patteristolla	Ei käytetä Lamauttaminen 10%

5 TUTKIMUSTULOSTEN YHTEENVETO

Patteriston vaikutuksen ennalta määrittämismallin avulla voidaan laskea laukaus-määrät, jotka kutakin ampumatarvikeyhdistelmää on ammuttava tulenjohtajan identifioidaan maaliin halutun vaikutuksen aikaansaamiseksi.

Laukausmäärä saadaan kaavasta 4 johdetulla kaavalla 7.

$$(7) \quad N = n \cdot t = -M \cdot \ln(1 - P_t \cdot (A_m / A_{rp})), \text{ missä}$$

$$N = \text{tarvittava laukausmäärä}$$

$$M = A_{rp} / (K_m \cdot A_v \cdot p \cdot K_c \cdot K_r)$$

Koska suojautumattomaan henkilöstöön iskusyyttimisillä sirpalekranaateilla aiheu-tetut tappiot ovat yleensä pienimpiä panoksia käytettäessä suurimmat, valintaa voidaan niiden kohdalla nopeuttaa. Koska aikasyyttiminen sirpalekranaatti vaatii yleensä suurimman mahdollisen panoksen, kohoavat kokonaiskustannukset iskusy-tyttimisiin kranaatteihin verrattuna yleensä saavutettavaa hyötyä suuremmiksi.

Liikkuvaa maalia tulitettaessa on osuvuuden maksimoimiseksi valittava suurin mahdollinen panos. Rynnäkkö- tai kuljetuspanssarivaunuissa etenevä maalityyppi ei ole lamautettavissa sirpalekranaateilla. Tällaisten maalien järkyttämisessä käytetään hyväksi ennakkoa. Laukausmäärä valitaan maalin nopeuden mukaan siten, että 6...15 km/h etenevää maalia tulitetaan kahdella ja tätä nopeampia maaleja 3...4 patteriston kerralla nopeimmalla mahdollisella tulirytmillä.

Optimilevitystä voidaan käyttää aina, kun maali etenee leveässä ryhmytyksessä ja sen mitat tunnetaan.

Tulitehtävä voidaan toteuttaa suoraan vaikutusammuntana, jos osuvuus maaliin on enemmän kuin $\frac{1}{3}$. Vaikutuslaskennalla on mahdollista määrittää minimitappiot, joita voitaisiin edellyttää vaikutusammunnan lähtökohdaksi. Sirpalekranaattien vaikutusalat seisovaan tai maaten suojautuneeseen henkilöstöön voivat vaihdella samalla ampumaetäisyydellä äärimmillään välillä 200...1 200 m², jonka takia vaikutuslaskentaa ei kannata kytkeä mukaan rajan määrittämiseen.

Osuvuuden laskentaan otetaan mukaan kranaatin vaikutussäde ympyräksi approksimoidusta vaikutusalasta määritettynä. Sellaisen maalin kohdalla, joka voi muuttaa suojautumisasetettaan, vaikutusala valitaan lähtökohtatilanteen mukaisesti. Suojautumattoman henkilöstön tapauksessa yhden patteriston kerran laskennassa käytetään vaikutusaloja seisovaan ja toisesta kerrasta alkaen maaten suojautuneeseen henkilöstöön. Räjähdyseiton laskennassa vaikutusala otetaan huomioon kuten osuvuudessa.

ICM-ammusten laukausmäärä voidaan määrittää samoin kuin pyrittäessä lamauttamaan henkilöstömaalia sirpalekranaateilla. Ampumatarvikkeen valinta on selvästi enemmän taktinen tai taistelutekninen kuin analyttinen tehtävä. ICM-ammuksia käytetään, jos halutaan tuhota yksi tai muutama rynnäkköpanssarivaunu. Sirpalekranaateilla pyritään pysäyttämään hyökkääjä, jotta muita asejärjestelmiä voidaan käyttää tehokkaasti ja henkilöstö samalla pakotetaan jalkautumaan. ICM-ammuksista saatava hyöty lisääntyy, jos maali pysäytetään ensin muulla tulitoiminnalla.

Kun edellytetään tulen levittämistä pattereittain, vaikutuslaskenta toteutetaan kokonaisuudessaan kuten ammuttaessa pattereittain samaan maalipisteeseen. Muodostuvat virheet eivät aiheuta laskentaan patteriston kertaa suurempaa eroa.

Laskentamallin herkkyys on esitetyssä järjestelmässä sellainen, ettei laukausmäärä minkään yksittäisen tekijän vaikutuksesta muutu yhtä patteriston kertaa enempää. Satunnaisten virheiden yhteisvaikutuksesta muutos voi olla jopa 2...3 patteriston kertaa. Näissä tilanteissa virheet kohdistuvat samanlaisina kaikkiin laskettaviin ampumatarvikeyhdistelmiin. Pitkällä aikavälillä virheet tasoittuvat.

Tutkimustuloksia voidaan pelkistää käytännön ampumatoimintaa varten. Kolmella maalimallilla (MM 2, 3 ja 4) osuvuus voidaan eri tilanteissa määrittää 10...29 % tarkkuudella. Patteriston tuliportaan ammunnan valmistelun virheistä aiheutuva todennäköinen poikkeama ampumaetäisyydessä on nykyaikaisella välineistöllä 0.5 % ja ainoastaan laskimen ollessa käytössä 1.3...1.4 % ampumaetäisyydestä. Alueellisten tarkistusammuntojen tai vastaavan aikaisemman tulen käytön voidaan arvioida pienentävän ammunnan valmistelun hajontaa 30...40 %⁶⁹. Patteriston tulen osuvuus on likimain edellä esitettyjen tekijöiden lineaarinen funktio.

Näillä perusteilla ja maalin ominaisuudet huomioon ottamalla tulen osuvuus on määritettävissä ohjelmoitavalla funktiolaskimella. Näin voidaan selvittää, ovatko perusteet riittävät tulenaloitukselle vaikutusammuntana. Menetelmä ei sovellu

liikkuvan maalin tulittamiseen, koska sen avulla ei päästä lyhyeen tulenavausaikaan.

Liikkuvan maalin järkyttäminen toteutetaan kuten edellä on esitetty. Maali paikannetaan kulku-uralle, jolloin pyritään määrittämään maalin nopeus. Järkyttämiseen on tyydyttävä myös tulitettaessa sirpalesuojaisissa poteroissa olevaa henkilöstöä. Tulivalmisteluissa, joissa ei pyritä massamaiseen tulen keskittämiseen, joudutaan tämänkin vaatimuksen täyttämiseksi käyttämään ainakin se laukausmäärä, jonka patteristo kykenee nopeimmalla tulirytmillä minuutissa ampumaan. Sirpalekranaateilla pidetään tällöin maalin henkilöstö tulen alla jalkavaen etenemisen mahdollistamiseksi lähitaisteluetäisyydelle.

Keskimääräisillä tulokulmilla määritettyihin tuloksiin perustuen voidaan tulena-loitusta varten tehdä eräitä yleistyksiä. Kun iskusytyttimisillä sirpalekranaateilla tulitetaan seisovaa tai maaten suojaunutta henkilöstöä, tarvitaan 20 % tappioiden aiheuttamiseksi yleensä vähintään kuusi patteriston kertaa. Poikkeuksen muodostavat suuret maalit (MM 2) lähellä 0° olevissa osuvuuskuulmissa, jolloin neljä kertaa on riittävä määrä. Kun ammutaan herätesytyttimisillä sirpalekranaateilla yläkulmilla tai kun sirpalekranaatin kaliiperi on vähintään 155 mm, voidaan enintään 10 kilometrin ampumaetäisyydellä aiheuttaa mainitut tappiot neljällä patteriston kerralla. Kuudella kerralla saadaan aikaan 30 % tappiot vain alle 15 kilometrin ampumaetäisyyksillä ja herätesytyttimillä.

Vakioituja tulitustapoja on käytettävä tulitoiminnan nopeuttamiseksi ja yksinkertaistamiseksi. Tulimuodot voidaan vakioida tykkikalustojen mukaan siten, että ne sisältävät nopeimmalla tulirytmillä minuutin aikana ammuttava laukausmäärän. Tulimuotoja ei kuitenkaan saa käyttää herätesytyttimisiä sirpalekranaatteja ammuttaessa eikä yli 15 kilometrin ampumaetäisyyksillä, joilla osuvuuskin on suurimpia 0° osuvuuskuulmassa olevia maaleja lukuunottamatta alle 1/3.

LÄHDEVIITTEET

1. Nykysuomen sanakirja, osa 4, 1984, s 296.
2. Kenttätukikoston taisteluohjesääntö, II osa, Tulenjohtotoiminta, 1972, s 123.
3. Peltola, J: Epäsuoran tulen teholle asetettavat vaatimukset eri maalityypeihin. SKK:n diplomityö 1555/1983, s 2.
Teksti "... tai suuremman kokonaisuuden osana ..." on kirjoituksen laatijan lisäämä.
4. Isby, D C: Weapons and tactics of the Soviet Army. Jane's Publishing Company Limited, Lontoo, 1981, s 42...43.
FM 7—20, The Infantry Battalion, 1978, s 2—15.
5. FM 6—20, Fire Support in Combined Arms Operations, 1977, s 2—14.
FM 7—20, emt, s 2—15.
Peltola, J, emt, liite 7.
6. FM 6—20, emt, s 2-14.
7. Isby, D C, emt, s 49.
8. Sivula, A: Maalianalyysi ja siitä tehtävät johtopäätökset epäsuoran tulen käytön kannalta tarkasteltuna. SKK:n diplomityö 1026/1969, liite 25.
Isby, D C, emt, s 46.
FM 7—20, emt, s 2—15 ja 2—17.
9. Sivula, A, emt, s 22.
10. Peltola, J, emt, liite 7.
Isby, D C, emt, s 49.
11. Puheloinen, A: Moottoroidun jalkaväkirykmentin hyökkäys (sovellutusesimerkein valaistuna). SKK:n oppilasesitelmä 88/1/E/81, 1981, liite 5.
Isby D C, emt, s 55...57
12. Isby, D C, emt, s 57.

13. Puheloinen, A, emt, liite 5.
Isby, D C, emt, s 57...59.
14. Kainulainen, J: Kenttätykistön eri tykkimalleille varattavat ammuksiset ja syyttimet ja varauksien optimisuhte. SKK:n diplomityö 1079/1971, s 22.
15. Isby, D C, emt, s 166.
16. Isby, D C, emt, s 167.
Peltola, J, emt, liite 7.
17. Peltola, J, emt, liite 7.
18. Mäki, E ja Alasjärvi, J: Taktiikan ja sotatekniikan kehittymisen asettamia vaatimuksia kenttätykistön tulen käytölle. Tiede ja ase 43/1985, s 41.
19. Emt, s 39.
20. Peltola, J, emt, liite 7.
21. Laininen, P: Todennäköisyyslaskenta ja tilastolliset menetelmät, TKY Otapaino, Espoo 1975, s 307.
22. Tilastomatematiikka I (luentomoniste), Sotakorkeakoulu, Helsinki, 1985, s 39.
23. Ukkonen, L, kapteeni, opetusupseeri, Reserviupseerikoulu. Kertomus kokeilusta Reserviupseerikoulun kenttätykistöpatterissa, 29. 5. 1986.
24. Pajunen, H: Epäsuoran tulen sirpalevaikutus eri maalityyppeihin. SKK:n diplomityö 1429/1979, s 15.
25. Suninen, J, kapteeni, Sotakorkeakoulun MSL 39:n oppilasupseeri. Kenttätykistön maalit ja tulen vaikutus niihin viimeaikaisten sotakokemusten mukaan, 8. 6. 1987.
26. Kainulainen, J, emt, s 8.
Alkuperäinen lähde: Grill, C ja Rosell, W: Bodenabstandszünder für 10.5 cm Feldartillerie. Wehrtechnische Monatsheft, Beiheft 2/1957, s 43.
27. Pajunen, H, emt, s 13 ja 16.
28. Kivelä, J: Hakuammunta, patterikerroittain ammunta ja tulensiirto; kenttätykistön tulenjohtosääntöjen perustan teoreettinen tarkastelu. SKK:n diplomityö 937/1967, s 41.
29. Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet, Pääesikunta, Helsinki, 1984, (TAP), s 72...73.
30. TAP, emt, s 72...77.
31. Abramowitz ja Stegun: Handbook of Mathematical Functions, National Bureau of Standards, Yhdysvallat, 1970.
32. TAP, emt, s 122.
33. Mäki, E ja Alasjärvi, J, emt, s 54.
34. Emt, s 54.
35. Erotuomariyhmän kertomus 24. 4. 1986, Kokeiluammunta 24. 4. 1986, liitteet 6 ja 8. Neuvostoliittolaiset ohjesääntöarvot ovat seuraavat: 122H63: 6...8 laukausta minuutissa tai 16 laukausta kolmessa minuutissa, 130K54: 5...6 laukausta minuutissa tai 12 laukausta kolmessa minuutissa, 152K ja KH: 4 laukausta minuutissa. Kasurinen, K: Epäsuoran tulen käyttö Varsovan liiton divisioonien sotatoimissa. SKK:n diplomityö 1441/1981, liitteet 2 ja 21.
Yhdysvaltalainen ohjesääntöarvo 155 millimetrin kaliiperiselle haupitsille on 12 laukausta kolmessa minuutissa.
FM 6—20, emt, s B-A-2.
36. TAP, emt, s 104.
Sanatarkasti: "Tulen vaikutuksella tarkoitetaan aseella tai tuliyksiköllä maalissa tai maalialueella aikaansaattavia tappioita, jotka ilmoitetaan yleensä prosentteina."
37. Emt, s 126.
38. Pentikäinen, T: Matematiikan kaavoja, 1979, s 36.
39. Koli, M: 155 mm:n kranaattien sirpaloituminen. SKK:n ase- ja ampumatekniikan harjoitustyön työselostus, 9. 9. 1986, s 39...40.
Sirpaloitumistutkimuksessa pienten, keskimäärin 0.5 gramman, sirpaleiden iskuenergia ei riittänyt 2 millimetrin vahvuisen Fe37-levyn läpäisyyn 15 metrin etäisyydeltä, vaan ne muodostivat painauman tai pienen puhkaisun jääden kiinni levyyn. Näiden tiheys oli huomattavan suuri. Mikäli alle 0.5 gramman sirpaleiden lukumäärä lasketaan muodostuneesta sirpalemassasta arvioiden, vastasi sirpaleiden kokonaismäärä nykyaikaista MK 5 -sirpalekranaattia.
Pajunen, H, emt, liite 2.5.
Alkuperäinen lähde: Janzon, B, FOA 2 rapport A 2577- M2, D4 (D7), 1973, s 8.
Tässä yhteydessä on huomautettava, että sirpale, jonka massa on noin 0.5 grammaa,

ollakseen tehokas vielä 10 metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä, tarvitsee lähtönopeuden, joka on suurempi kuin 1400 metriä sekunnissa.

Noopila, R: Kranaattien sirpaloitumiselle asetettavat vaatimukset ja nykyisten kranaattien käyttökelpoisuuden tutkiminen. SKK:n diplomityö 1554/1983, s 50.

Kun trotyylitätteisen kranaatin sirpaleiden lähtönopeus on aina alle 1500 ja yleensä enintään 1200 metriä sekunnissa, ei selvästi alle gramman painoisilla sirpaleilla kyetä vaikutukseen yli 10 metrin etäisyyksillä.

Noopila, R, emt, s 17 ja 44.

Alkuperäiset lähteet: AMC Pamphlet: Introduction, Kill Mechanisms and Vulnerability, AMCP 706—160, Headquarters U.S. Army Materiel Command, 1964, s 4—180 sekä Collin, Å ja Johnsson, Å: Hastighetsmätning på splitter från cylindriska rörladdningar med några sprängämnen, FOA 2 rapport C 2611-D4, 1973, s 4...7.

40. Koskimaa, M: Prikaatin ja ylijohdon kenttätukikalustolle asetettavat vaatimukset ja niiden toteuttamismahdollisuudet asetekniikan viimeaikaisen kehityksen kannalta tarkasteltuna. SKK:n diplomityö 896/1967, liite 4.

Alkuperäinen lähde: Belousov, V: Venäläisen tykkikaluston kehitys, 1964.

41. Pajunen, H, emt, liitteet 3.8 ja 3.12.

42. Koli, M, emt, liite 6.

43. ESTVA-tutkimusmalli: matemaattinen malli, Pääesikunnan kenttätukistötoimisto, 1984, s 61...65.

44. Weilenmann, P, projektipäällikkö (FIELDGUARD), Contraves. Länsimaisen kenttätukistön kehitysnäkömät, 22. 5. 1987.

45. Emh.

46. Koli, M: Linnoittamisen vaikutus sirpalekranaateilla aikaansaataviin elävän voiman tappioihin. SKK:n oppilasesitelmä 17. 5. 1985, s 17.

47. Kenttätukistön ampumaohjesääntö, 1966, s 55.

Neuvostoliitossa vastaavat vaatimusrajat ovat lähteen: Peltola, J, emt, s 37, mukaan 25 % ja 60 %.

Tämän alkuperäinen lähde: Donnelly, C N: The Wind of Change in Soviet Artillery. International Defence Review 6/1982, s 737...744.

Lähteessä: Isby, D C, emt, s 170, on esitetty tappiovaatimuksiksi lamauttamisessa 20...30 % ja tuhoamisessa 70 %. Jälkimmäinen oletetaan saatavan aikaan vain ydinaseilla. 50...60 % arvioidaan riittävän vihollistukistön tuhoamiseen. Häirinnän ohjeluku on 10 %.

V Ja Lebedevin Moskovassa 1977 julkaistun Kenttätukistöpäällikön käsikirjan käännöksessä on lamauttamisen (Podavlenije) edellyttämiksi tappioiksi mainittu 30 % ja tuhoamisen (Unitjozjenje) 60 %.

Ragnarsson, B: Sovjetisk artilleri — skjutning.

Artilleri tidskrift 3/1981, s 92.

48. Kasurinen, K, emt, s 13.

Alkuperäiset lähteet: Institut Voennoj Istorii: Sovetskaja Voennaja Entsiklopedia VI, Voenizdat, Moskova 1978, s 455,

Streljtšenko, B I ja Lauškin, S I: Taktika nazemnaj artillerii, Ministerstvo oborony SSR, 1975, s 22...26, Lebedev, V Ja: Spravotšnik ofitsera nazemnoj artillerii, Voenizdat, Moskova, 1977, s 416...419 (Lebedev, V Ja, emt) sekä Novitškov, A ja Smetankin, S: Utšityvatj ognevyje vozmožnosti, Voennyj Vestnik 5/1978, s 79...82.

49. FM 6-141-1, Field Artillery Target Analysis and Weapons Employment: Nonnuclear, 1980, s 4—9.

50. Emt, s 4—9.

51. Emt, s 2—2.

52. Peltola, J, emt, s 38.

Alkuperäinen lähde: FM 6—20, emt, liite L, sivu 10.

53. Technical Report TR-79-A19: A Further Look at the Prediction of Weapons Effectiveness in Suppressive Fire. U.S. Army Research Institute (ARI), Alexandria, Virginia, 1979 (TR-79-A19), s 2—13.

54. Emt, s 2—13.

Alkuperäinen lähde: Clark, D K: Casualties as a Measure of the Loss of Combat Effectiveness of an Infantry Battalion. TM-ORO-T-289. Operations Research Office, Johns Hopkins University, 1954.

55. FM 6-141-1, emt, s 2—2.

56. Emt, s 2—3.
57. Emt, s 4—12...4—16.
58. Gividen, G M: Weapons Effectiveness and Suppressive Fire. U.S. Army Research Institute, AORS XIII, 1974, s 503.
59. FM 6-141-1, emt, s 4—9.
60. Emt, s 4—12...4—16.
61. TR-79-A19, emt, Appendix B.
62. Hirva, R: Tykistön tulivaikutuksen aineellinen ja moraalinen merkitys sotiemme kokemusten valossa eri taisteluolosuhteissa ja sen asettamat vaatimukset. SKK:n diplomityö 425/1950, s 42...44.
63. Emt, s 44...47.
64. Emt, s 47.
65. Emt, s 51...53.
66. TR-79-A19, emt, s 2—8.
The Fort Sill Fire Suppression Symposium Report: Can It Be Quantified?. U.S. Field Artillery School (USAFAS), Oklahoma, 1979, s V-C-4.
67. Kasurinen, K, emt, liite 5.
Laskentaperusteet lähteestä.
68. Kenttätykistön taisteluohjesääntö, I osa, Yhtymän tykistön johtaminen ja käyttö, 1976, s 139.
69. Mäki, E ja Alasjärvi, J, emt, s 45.
Prosenttiluvut on laskettu keskihajontojen 1.75...1.0 % ja 1.3...0.9 % perusteella.