

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUEN MUODOSTAMA UHKA  
ELÄVÄÄ VOIMAA VASTAAN**

Pro gradu -tutkielma

Yliluutnantti  
Joonas Lind

Sotatieteiden maisterikurssi 9  
Maasotalinja

Huhtikuu 2020

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

Kurssi <b>Sotatieteiden maisterikurssi 9</b>	Linja <b>Maasotalinja</b>
Tekijä <b>Yliluutnantti Joonas Lind</b>	
Tutkielman nimi <b>VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUEN MUODOSTAMA UHKA ELÄVÄÄ VOIMAA VASTAAN</b>	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Huhtikuu 2020	Tekstisivuja 71 Liitesivuja 5
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää nykyaikaisten rynnäköhävittäjien ja taisteluhelikoptereiden muodostama lähitulituen uhka. Tarkastelu rajattiin Venäjän ilmakomponentin lähitulitukeen ja elävää voimaa vastaan tarkoitettuihin aseisiin. Uhkaa tarkasteltiin suorituskyvyn vaikuttavuusnäkökulman kautta lähitulituessa käytettävien asejärjestelmien asevaikutuksen perusteella.</p> <p>Tutkimuksen päätutkimuskysymys on ”Millainen on Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka elävää voimaa vastaan?”. Tutkimusmenetelminä käytettiin aineistolähtöistä sisällönanalyysiä sekä matemaattista analyysiä. Tutkimuksessa selvitettiin Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käyttöä viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa, jonka jälkeen selvitettiin lähitulituessa käytettyjen ilma-alusten ja ampumatarvikkeiden ominaisuuksia tutkimuksen matemaattista analyysiä varten. Matemaattisessa analyysissä selvitettiin elävää voimaa vastaan tarkoitettujen lähitulitukiaseiden sirpalevaikutus.</p> <p>Tutkimustuloksissa jaettiin Venäjän ilmakomponentin lähitulituen uhka kiinteäsiipisten ilma-alusten muodostamaan uhkaan ja pyöriväsiipisten ilma-alusten muodostamaan uhkaan. Kiinteäsiipisten koneiden muodostama lähitulituen uhka elävää voimaa vastaan koostuu vapaasti putoavista pommeista (FAB-250, FAB-500) ja ohjautuvista pommeista (KAB-500S), jotka laukaistaan Su-34-rynnäkkökoneesta stand-off-etäisyydeltä. Myös Su-25SM3:n käyttö on mahdollista. Elävää voimaa vastaan kohdistuva pyöriväsiipisten ilma-alusten muodostama lähitulituen uhka koostuu Ka-52 sekä Mi-28N -taisteluhelikoptereista. Myös Mi-35M:n käyttö on mahdollista. Lähitulituessa taisteluhelikopterit käyttävät elävää voimaa vastaan helikopteritykkiä sekä rakettiaseistusta. Lähitulitukeen käytettävä raketti on todennäköisesti S-80FP.</p> <p>Matemaattisen analyysin tulosten nojalla selvisi, että S-80FP:n, FAB-250:n, FAB-500:n ja KAB-500S:n sirpalevaikutus on yli 99%:n todennäköisyydellä tappava noin 32 metrin etäisyydellä räjähdyksestä, kun sirpale osuu raajaan. 2A42-tykin OFZ-sirpalekranaatin sirpaleet tappavat raajoihin osuessaan 50–90%:n todennäköisyydellä alle 6 metrin etäisyydellä räjähdyksestä.</p>	
<b>AVAINSANAT</b> lähitulituki, rynnäkkökoneet, taisteluhelikopterit, asevaikutus, iskuvaikutus, sirpaloituminen	

# VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUEN MUODOSTAMA UHKA ELÄVÄÄ VOIMAA VASTAAN

## Sisältö

1.	JOHDANTO .....	1
1.1.	Aiheen esittely ja tutkimuksen päämäärä.....	1
1.2.	Näkökulma ja rajaukset.....	3
1.3.	Tutkimuskysymykset, tutkimuksen rakenne ja tutkimusmenetelmät .....	4
1.4.	Tutkimusaineisto ja aikaisempi tutkimus.....	6
2.	VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUKI .....	9
2.1.	Lähitulituen määrittely ja ominaispiirteet .....	9
2.2.	Lähitulituen käyttö viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa .....	12
2.3.	Yhteenveto .....	24
3.	VENÄJÄN LÄHITULITUEN ASEJÄRJESTELMÄT.....	28
3.1.	Aselavetit.....	29
3.2.	Ammusaseet .....	35
3.3.	Ohjukset ja täsmäaseet .....	40
3.4.	Pommiaseet .....	41
4.	VENÄJÄN LÄHITULITUEN ASEVAIKUTUS .....	43
4.1.	Matemaattisen analyysin perusteet .....	43
4.2.	Matemaattisessa analyysissä käytetyt oletukset.....	45
4.3.	Matemaattisen analyysin tulokset .....	50
4.4.	Tulosten tarkastelu .....	58
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	62
5.1.	Tykkien käyttö lähitulituessa .....	62
5.2.	Rakettien käyttö lähitulituessa .....	63
5.3.	Vapaasti putoavien pommien ja ohjautuvien pommien käyttö lähitulituessa .....	65
5.4.	Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka.....	67
5.5.	Kritiikki ja jatkotutkimus .....	70

LÄHTEET

LIITTEET

# VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUEN MUODOSTAMA UHKA ELÄVÄÄ VOIMAA VASTAAN

## 1. JOHDANTO

### 1.1. Aiheen esittely ja tutkimuksen päämäärä

Ilma-alusta käytettiin ensimmäistä kertaa maajoukkoja vastaan ensimmäisessä maailmansodassa. Iso-Britannian kuninkaallisten ilmavoimien edeltäjä Royal Flying Corps (RFC) aloitti vuonna 1917 maajoukkoja vastaan vaikuttamisen. Toimenpiteestä käytettiin tuolloin englanninkielistä termiä *trench strafing* tai *ground strafing*. Näitä tehtävätyyppejä toteuttamaan käytettiin hävittäjäkalustoa. RFC käytti tuolloin pommituksiin modifioituja S.E.5a ja Sopwith Camel -lentorunkoja, jotka suorittivat iskuja vihollisen toisen portaan joukkoja vastaan jopa yli 30 kilometrin syvyydessä. Brittien esimerkkiä seurasivat ensimmäisessä maailmansodassa ensin Saksan ilmavoimat ja myöhemmin myös Ranskan ja Yhdysvaltojen ilmavoimat, jotka käyttivät ilmakomponenttiaan vihollisen maajoukkoja vastaan vuoden 1918 suurhyökkäyksissä. [32, s. 8–10]

Ilma-asetta käytettiin maajoukkoja vastaan myös maailmansotien välisissä konflikteissa. Esimerkiksi Espanjan sisällissodan taisteluille tunnusomaista oli laajamittainen ilma-aseen käyttö maajoukkoja vastaan. Toisessa maailmansodassa Saksan asevoimien käyttämä salamasotataktiikka perustui toimintatavalle, jossa vihollisen puolustuksen murtaminen toteutettiin aselajien keskinäisellä saumattomalla yhteistyöllä, jota täydennettiin lisäksi ilma-aseen iskuilla. [32, s. 10] Toisessa maailmansodassa Venäjä puolestaan käytti ilmakomponenttiaan lähes yksinomaan ”liikkuvana tykistönä” [95, s. 101].

Kuten edellä on mainittu, kun ilma-asetta on ryhdytty käyttämään vihollisen maajoukkoja vastaan ensimmäisessä maailmansodassa, on sillä isketty syvyyteen vihollisen toiseen portaaseen. Saksalaisten toisessa maailmansodassa toteuttamassa salamasodassa puolestaan pyrittiin iskemään voimalla vihollisen puolustuslinjaan. Nämä ilmahyökkäykset ovat luonteeltaan erilaisia. Nykyaikana niihin tarvittavalle kalustolle on eri vaatimukset ja niiden toteutusperiaatteet ovat erilaisia. Tästä syystä on syntynyt tarve määritellä ilmakomponentin maahan suorittamia hyökkäyksiä.

Lähitulituella tarkoitetaan sellaisia ilmahyökkäyksiä vihollisen kohteita vastaan, jotka toteutetaan omien maajoukkojen läheisyydessä. Omien maajoukkojen läheisyyden vuoksi lähitulituki on sovitettava yksityiskohtaisesti omien maajoukkojen tulenkäyttöön ja liikkeeseen. Edellä mainituista ilmavoiman käytön esimerkeistä saksalaisten salamasotataktiikkaan kuuluva vihollisen puolustuslinjojen pommittaminen voidaan lukea lähitulitueksi. Vaikka lähitulituki ei ole tehtävätyyppinä uusi, ovat Yhdysvaltojen käymät sodat Irakissa ja Afganistanissa kasvattaneet asevoimien kiinnostusta lähitulitukitehtäviä ja tehtävätyypin kalustolle asettamia vaatimuksia kohtaan [64, s. xiii]. Maajoukkoja on jopa kehitetty lähitulituen suorituskyvyn ehdolla siihen suuntaan, että ne ovat aiempaa riippuvaisempia lähitulitukiresurssista. Esimerkiksi Yhdysvallat on kehittänyt Maavoimien organisaatioitaan sopivammiksi liikesodankäyntiin vähentämällä epäsuoran tulen yksiköitä, minkä vuoksi Yhdysvaltojen maajoukkojen taistelu on aiempaa riippuvaisempi ilmavoiman tuesta [64, s. 26].

Neuvostoliiton hajottua Venäjä peri 85 prosenttia Neuvostoliiton sotapotentiaalista. Hajoamista seuranneina vuosina havaittiin, ettei sotapotentiaalin ylläpitoon ollut varaa useiden ongelmien vuoksi. Venäjällä laadittiin 1999 laki sotilasreformista, joka oli kuitenkin luonteeltaan julistuksellinen, eikä se antanut riittäviä perusteita sotilasreformin toteuttamiselle. Syyskuussa 2008 presidentti Dmitri Medvedev allekirjoitti suunnitelman asevoimien uudelleenorganisoinniseksi. Asevoimareformin tarve oli Venäjällä tunnistettu ja vuoden 2008 Georgian sodan esiin tuomat ongelmat johtamisessa ja organisaatioissa antoivat ratkaisevan sysäyksen uudistuksen toimeenpanolle. [67, s. 2] Yhdysvaltojen asevoimien 2000-luvun alun kokemukset Afganistanista ja Irakista osoittivat, että ilma- ja maakomponentin yhteensovittamista tulee kehittää ja harjoitella liikkuvan ja tulivoimaisen maasodankäynnin mahdollistamiseksi. [64, s. xiii] Georgian sodan jälkeisessä asevoimareformissa Venäjä pyrkii oletettavasti painottamaan nykyajan trendin mukaisesti asevoimilleen liikkuvuuden ja tulivoiman yhdistelmää, jossa koordinoitulla lyhyen viiveen lähitulituella on merkittävä rooli.

Tämän tutkimuksen päämääränä on selvittää Venäjän asevoimien lähitulituen asevaikutusta. Tutkimusaihetta on esittänyt Maavoimien esikunta ja se valikoitui tutkittavaksi ammatillisesta suuntautumisesta johtuvan kiinnostuksen vuoksi. Aiheen esittäjän vaatimuksena oli, että

tutkimus on tekninen tarkastelu nykyaikaisten rynnäköhävittäjien ja taisteluhelikopterien muodostamasta ilmauhkasta maajoukolle. Ilmauhkaa tuli tarkastella lähitulituen näkökulmasta. Tutkijan kiinnostuksen vuoksi käsittelyyn valikoitui Venäjän ilmakomponentin lähitulituki. Yhdysvalloissa toteutetun maajoukkojen kehittämisen vuoksi maajoukot ovat tulleet aikaisempaa riippuvaisemmiksi lähitulituesta. Georgian sodan jälkeen Venäjän asevoimissa on käynnistynyt asevoimareformi. Yhdysvalloissa tapahtuneen joukkojen keventämisen ja Venäjän asevoimareformin vuoksi Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostaman uhan nykytilaa on perusteltua tutkia. Venäjän asevoimareformin seuraukset ovat nähtävissä sekä kiinteäsiipisten koneiden, että taisteluhelikopterien kehityksessä ja niiden toimitusmäärissä ja -sopimuksissa.

## 1.2. Näkökulma ja rajaukset

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan Venäjän ilmakomponentin lähitulituen aiheuttamaa uhkaa teknisestä näkökulmasta. Uhka-termillä tarkoitetaan sotilaallisissa yhteyksissä kyvyn ja tahdon tuloa. Tekniikan näkökulmasta tahtoa on hankala tarkastella, mutta lähitulituen kykyä kyetään tarkastelemaan. Lähitulituen kykyä päädyttiin tarkastelemaan lähitulituen suorituskyvyn kautta. Suorituskyky voidaan määritellä monin eri tavoin ja sotilaallista suorituskykyä voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Puolustusvoimissa suorituskyvyn käsitelmistä ohjeistetaan omassa asiakirjassaan.

Suorituskyvyn käsitelmä jakautuu neljään näkökulmaan; vaikuttavuusnäkökulma, kyvykkyyksinäkökulma, ratkaisunäkökulma ja elinjaksonäkökulma. Vaikuttavuusnäkökulma kuvaa haluttua lopputulosta, tavoitetta tai päämäärää. Asevoiman tarve luoda suorituskyky tarkoittaa vaikuttavuusnäkökulman mukaan, että sillä on tarve saada aikaan jokin ajallisesti tai paikallisesti kohdennettavissa oleva vaikutus jossakin toimintaympäristössä. [66] Lähitulituen muodostamaa uhkaa päädyttiin tarkastelemaan suorituskyvyn käsitelmän vaikuttavuusnäkökulman kautta. Lähitulituella voidaan nähdä olevan vaikuttavuusnäkökulman mukainen lopputulos, tavoite sekä päämäärä. Lähitulitukitehtävällä olevan koneen tulenkäytön tavoitteena voi olla esimerkiksi vihollisen elävän voiman tuhoaminen. Onnistuneen tulenkäytön lopputuloksena vihollisen taisteluvoima on vähintään hetkellisesti heikentynyt. Saavutettu lopputulos edesauttaa päämäärän saavuttamista, joka on oman maajoukon taistelun edistäminen. Lähitulituella täytetään tarve saada aikaan, paikkaan ja toimintaympäristön kohdennettavissa ole vaikutus maajoukon taistelun edistämiseksi. Lähitulituella tavoiteltu lopputulos, tavoite ja päämäärä toteutuvat tai jäävät toteutumatta viime kädessä lähitulituessa

käytettävien aseiden asevaikutuksen perusteella. Näin ollen lähitulituen asevaikutuksen tutkimisella vastataan aiheen esittäjän vaatimukseen selvittää rynnäköhävittäjien ja taisteluhelikoptereiden muodostamaa ilmauhkaa.

Tutkimuksen edetessä havaittiin, että matemaattiseen analyysiin valittavien lähitulitukiaseiden suhteen tuli tutkielman laajuuden vuoksi tehdä rajausta. Rigbyn [69, s. 7–8] mukaan ilma-alusten aseiden taistelukärjet voidaan jakaa niiden vaikutusperiaatteen perusteella kolmeen luokkaan; sirpale- ja painevaikutteisiin, ontelohanoksiin perustuviin sekä läpäisyn jälkeiseen painevaikutukseen perustuviin. Näistä taistelukärjistä sirpale- ja painevaikutteiset taistelukärjet on tarkoitettu käytettäväksi elävää voimaa vastaan [69, s. 8]. Jotta tämän tutkimuksen matemaattisen analyysin osuudessa kyettiin tarkastelemaan lähitulituessa käytettävien ampumatarvikkeiden asevaikutusta yhtenäisellä tavalla, rajattiin käsittely koskemaan niitä ampumatarvikkeita, joiden vaikutus perustuu osittain tai täysin sirpalevaikutukseen. Näin ollen rajaukseksi muodostui lähitulituessa käytetyt sirpalevaikutteiset aseet ja niiden muodostamaa uhkaa tarkasteltiin elävän voiman näkökulmasta. Asetettu rajausta rajasi esimerkiksi rakennuksia ja suojarakenteita vastaan suunnitellut aseet, polttoaseet ja panssarintorjunta-aseet käsittelyn ulkopuolelle. Rajauksesta huolimatta tämä tutkimus kattaa luvun 2 konfliktitarkastelun perusteella valtaosan Venäjän ilmakomponentin lähitulitukeen käyttämistä aseista.

### 1.3. Tutkimuskysymykset, tutkimuksen rakenne ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen tehtävänä on selvittää Venäjän ilmakomponentin lähitulituen maajoukolle muodostamaa ilmauhkaa. Lähitulituen muodostaman ilmauhkan selvittämiseksi tutkittiin Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käyttöä, lähitulituessa käytettyjä ampumatarvikkeita, ilma-aluksia sekä lähitulituen asevaikutusta. Tutkimustehtävään pyrittiin saamaan vastaus vastaamalla päätutkimuskysymykseen, joka on

Millainen on Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka elävää voimaa vastaan?

Pääkysymykseen vastaamiseksi muodostettiin kaksi tukikysymystä. Tukikysymyksiin vastaamalla kyettiin muodostamaan vastaus päätutkimuskysymykseen. Tukikysymykset ovat

1) Mitä ilma-aluksia ja ampumatarvikkeita Venäjän ilmakomponentti on käyttänyt lähitulituessa?

## 2) Mikä on Venäjän ilmakomponentin lähitulituen asevaikutus?

Tämä tutkimus koostuu viidestä luvusta. Ensimmäinen luku on johdanto, jossa esitellään tutkimuksen aihe, tutkimusmenetelmät ja tutkimuskysymykset. Toisessa luvussa määritellään lähitulituki ja selvitetään Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käyttöä viimeaikaisten aseellisten konfliktien perusteella. Toisessa luvussa vastataan ensimmäiseen tukikysymykseen. Kolmannessa luvussa tarkastellaan Venäjän ilmakomponentin lähitulituessa käyttämiä ampumatarvikkeita ja ilma-aluksia. Kolmannen luvun tarkoituksena on tuottaa tutkimuksen matemaattisessa analyysissä tarvittava pohjatieto. Neljännessä luvussa esitellään tutkimuksen matemaattinen analyysi ja sen tulokset. Neljännessä luvussa vastataan tutkimuksen toiseen tukikysymykseen. Viidennessä luvussa esitetään johtopäätökset ja vastataan päätutkimuskysymykseen.

Sotatekniikan tutkimuksiin kuuluu tyypillisesti kirjallisuusosuus, joka on kokeellisen tai soveltavan tutkimuksen esivaihe [94, s. 42]. Tämän tutkimuksen kirjallisuusosuus on toteutettu kirjallisuustutkimuksena, jossa tietoa on käsitelty aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin. Sisällönanalyysissä aineistoa tarkastellaan eritellen, yhtäläisyyksiä ja eroja etsien sekä tiivistäen [92, s. 105]. Tässä tutkimuksessa koottiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin useista lähteistä saatavilla olevaa tietoa kokonaisuudeksi, jonka perusteella kyettiin selvittämään vastaus tutkimuksen ensimmäiseen tukikysymykseen sekä muodostamaan tarvittava pohjatieto tutkimuksen matemaattisen analyysin osuutta varten. Myös perusteet tutkimuksen matemaattiselle analyysille hankittiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoilla. Matemaattinen analyysi on sotatekniikan tutkimusmenetelmä, joka tuo olennaista lisäarvoa sotatekniselle tutkimukselle, kun analyysissä hyödynnetään päättelyä ja logiikkaa [46, s. 57–58]. Matemaattinen analyysi tuo lisäarvoa tälle tutkimukselle, sillä sen tulosten perusteella vastattiin tutkimuksen toiseen tukikysymykseen, joka oli edellytys päätutkimuskysymykseen vastaamiseksi.

Sotateknisen näkökulman puitteissa tutkimusmenetelmänä nykyaikaisten rynnäkköhävittäjien ja taisteluhelikoptereiden muodostaman uhkan selvittämiseen olisi voitu käyttää myös operaatioanalyysiä matemaattisen analyysin sijasta. Tutkijan esinäkemyksen perusteella lähteistä saatavilla oleva tieto Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käyttöperiaatteista ei ole riittävää laadukkaan operaatioanalyysin tekemiseksi tämän tutkielman laajuudessa, joten operaatioanalyysin käyttö tutkimusmenetelmänä hylättiin. Operaatioanalyysiä käyttämällä lähdeaineistoa olisi jouduttu tulkitsemaan ja yleistämään siinä määrin, että tutkimuksen toistettavuus olisi kärsinyt, jolloin tutkimus toistamalla olisi päädytty huomattavan erilaisiin tutkimustuloksiin. Tästä syystä operaatioanalyysi tutkimusmenetelmänä olisi jättänyt tutkimustulokset hyvin yleistasoiksi.



#### 1.4. Tutkimusaineisto ja aikaisempi tutkimus

Tämän tutkimuksen aineistona on käytetty aikaisempaa tutkimusta, kirjallisuutta, artikkeleita, uutisartikkeli, internet-sivustoja sekä eri asevoimien doktriiniasiakirjoja, käsikirjoja ja oppaita. Tutkimuksessa käytetty aineisto kerättiin pääasiassa internet-hakuina hakupalvelimia, tutkimustietokantoja, artikkelitietokantoja ja kirjastotietokantoja käyttäen. Tutkimustietokantana käytettiin pääasiassa Maanpuolustuskorkeakoulun Doria-palvelua, johon valtaosa Maanpuolustuskorkeakoululla laadituista julkisista opinnäytetöistä on koottu. Maanpuolustuskorkeakoulun Finna-kirjastotietokantaa käyttämällä kerättiin aineistoa aiemmasta tutkimuksesta, kirjallisuudesta ja lehtiartikkeleista. Pääosa tämän tutkimuksen ilma-alkuksia ja ampumatarvikkeita koskevasta tiedosta on kerätty Jane's Information Groupin artikkelitietokantaa käyttäen.

Tutkimusaineistoa pyrittiin analysoimaan lähdekriittisesti. Suuri osa tämän tutkimuksen lähteistä ovat tutkimuksia, tieteellisiä artikkeleita ja asiantuntijaorganisaatioiden raportteja. Lisäksi on käytetty Jane's Information Groupin tietokannan artikkeleja, kirjallisuutta sekä eri asevoimien doktriiniteoksia, käsikirjoja ja oppaita. Edellä mainittujen lähdeluokkien tietoa on täydennetty ja varmennettu uutisartikkelien ja internet-sivustojen tiedolla. Tutkimusten, tieteellisten artikkeleiden sekä asiantuntijaorganisaatioiden tuottaman tiedon luotettavuutta voidaan pitää hyvänä, sillä niiden tieto on vertaisarvioitua ja viitteistettyinä teoksina niiden tieto on jäljitettävissä. Eri ampumatarvikkeiden ja ilma-alkusten tarkastelussa lähteenä käytettiin pääasiassa Jane's Information Groupin tietokantaa. Jane's Information Groupin tietokannan artikkelit eri ampumatarvikkeista ja ilma-alkuksista arvioitiin melko luotettaviksi, sillä oletettiin, ettei kyseen omaisella organisaatiolla ole syytä julkaista muuta, kuin puolueetonta ja todenmukaista tietoa. Eri asevoimien oppaat ja käsikirjat sekä opetustarkoitukseen tarkoitettu kirjallisuus arvioitiin myös luotettaviksi lähteiksi. Näiden teosten oletettiin perustuvan tutkittuun tietoon, koska niiden tarkoitus on kehittää omien asevoimien henkilöstön osaamista. Muuta kirjallisuutta, uutisartikkeleita ja internet-sivuja sen sijaan arvioitiin kriittisemmällä otteella teoksesta riippuen. Viitteistämätöntä kirjallisuutta tarkasteltiin kriittisesti, sillä niissä tieto voi sekoittua kirjoittajan omiin mielipiteitä sekä ne voivat olla asenteellisesti tai puolueellisesti kirjoitettuja. Tällaisten lähteiden tieto pyrittiin varmentamaan useiden lähteiden käytöllä. Myös internet-sivujen ja uutisartikkelien tietoa tarkasteltiin kriittisesti, sillä niiden laatijoiden ja julkaisijoiden motiivina voi olla väärän ja asenteellisen tiedon levittäminen. Internet-sivuja ja uutisartikkeleita käytettiin pääasiassa muiden lähdelajien tiedon varmentamiseen ja täydentämiseen.

Venäjän ilmakomponentista on olemassa reilusti niin suomalaisia, kuin kansainvälisiäkin tutkimuksia. Venäläistä ilmavoimaa on tutkittu aina sotien tai kriisien jälkeen tai jopa niiden aikana, kun uutta tietoa käyttöperiaatteista ja toimintatavoista on ollut saatavilla. Suomalaisia sotatekniikan tieteenalan tutkimuksia ei Venäjän ilmakomponentin lähitulituksesta löydetty. Valtaosa lähitulitukseen liittyvistä Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimuksista on operaatiotaidon ja taktiikan näkökulmasta laadittuja.

Tämän tutkimuksen kirjallisuusosuudessa on käytetty lähteinä niin suomalaisten, kuin ulkomaisten taktiikan ja operaatiotaidon tieteenalan tutkimustöitä. Pavel K. Baev on julkaissut Venäjän ilmakomponentin toimintaa ensimmäisessä Tshetshenian sodassa *The Journal of Slavic Military Studies*in artikkelissaan *Russia's airpower in the Chechen War: Denial, Punishment and Defeat* (1997). Juha-Pekka Sorsan operaatiotaidon ja taktiikan pro gradu -tutkielma *Venäläiset rynnäkkökoneet – käytön kehittyminen Tšetshenian toisen sodan ja Syyrian sodan perusteella* (2017) käsittelee venäläisten rynnäkkökoneiden käytön kehittymistä. Sorsan työssä sivutaan lähitulitukea, mutta siinä keskitytään rynnäkkökoneiden käyttöön ilmaoperaation kontekstissa, eikä tehtäväsidonnaisesti lähitulituessa tai ilmaeristämisessä. Marcel de Haas on tarkastellut ilmavoiman käyttöä Dagestanissa ja Tshetshenian toisessa sodassa teoksessaan *The Use Of Russian Airpower In The Second Chechen War* (2003). De Haas keskittyy teoksessaan ilmavoiman käyttöön kokonaisuutena. Robert D. Evansin laatimassa Yhdysvaltojen Ilmavoimien julkaisemassa teoksessa *Russian Airpower in the Second Chechen War* (2001) käsitellään niin ikään Venäjän ilmavoiman käyttöä Tshetshenian toisessa sodassa.

Venäjän asevoimien toimintaa Georgiassa on tutkinut Janne Tähtinen operaatiotaidon ja taktiikan diplomityössään *Georgian sodan tarkastelu strategisen iskun toteutusperiaatteiden ja torjunnan näkökulmasta* (2013). Tähtisen työssä käsitellään Georgian tapahtumia, mutta siinä ei tarkastella taktisen tasan lähitulitukitoimenpiteitä. Antti-Pekka Sipilän vuonna 2012 julkaistun kandidaatintutkielma *Venäjän ilmavoimien lähitulitukitoiminta Georgian sodassa* on aiheensa perusteella sellainen, jossa on eniten yhtäläisyyksiä tämän työn aiheen kanssa. Sipilän työssä tarkastellaan Venäjän lähitulitukitoimintaa, mutta siinä ei keskitytä lähitulituessa käytettäviin aseisiin vaan pikemminkin yleisiin toimintaperiaatteisiin. Euroopan unioni on tuottanut Venäjän toiminnasta Georgiassa raportin *Independent International Fact-Finding Mission on the Conflict in Georgia*, joka on julkaistu vuonna 2009. Raportissa käsitellään Georgian sodan tapahtumia hyvin laajasti ja sieltä on löydettävissä myös joitakin viittauksia Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käytöstä Georgiassa. Barabanovin, Lavrovin ja Tseluikon yhdistelmäteoksessa *The Tanks of August* (2010) käsitellään Venäjän ja Georgian toimintaa Georgian sodassa. Artikkeleissa on viittauksia Venäjän lähitulituen käytöstä Georgiassa.

Valtteri Riehungankaan diplomityö *Venäjän operaatio Syyriassa – tarkastelu Venäjän ilmavoimien kyvystä tukea maaoperaatiota* (2017) on operaatiotaidon ja taktiikan tieteenalan tapaustutkimus, jossa tutkija tarkastelee Venäjän interventiota Syyriassa käyttäen lähteinään sosiaaliseen mediaan tuotettua geopaikannuksella varmistettua tietoa ja uutisartikkeleita. Toinen mainittava teos Venäjän osallistumisesta Syyrian sisällissotaan on Ralph Shieldin *The Journal Of Slavic Military Studies*in artikkeli *Russian Airpower’s Success in Syria: Assessing Evolution in Kinetic Counterinsurgency* (2018), jossa käsitellään Venäjän ilmakomponentin toimintaa Syyriassa yleisesti.

Ilmauhkaa ja siltä suojautumista on tutkittu paljon. Ilmauhkaa käsittelee esimerkiksi Markus Hautaniemen pro gradu *TSTOS(PAJON) kyky suojautua venäläisten taktisen tason miehittämättömien ilma-alusten muodostamalta uhkalta* (2018). Ilmauhkaa käsittelee myös Henri Ruotsalaisen diplomityö *Maavoimien valmiusjoukkojen passiivinen suoja ilmauhkaa vastaan 2030-luvulla* (2017). Näissä töissä ilmauhkaa tarkastellaan operaatiotaidon ja taktiikan näkökulmasta, eikä tämän tutkimuksen tavoin asevaikutuksen näkökulmasta. Petri Forssellin taktiikan ja operaatiotaidon esipuhekurssin tutkielma *Venäjän ilmavoimien asejärjestelmät maavoimien tukemisessa 2015* (2011) käsittelee nimensä mukaisesti Venäjän ilmavoimien asejärjestelmiä maavoimien tukemisessa. Forssell selvittää työssään Venäjän kalustollista suorituskykyä kehittämisohjelmien ja uudistusten toteuttamisen kautta.

Aseiden ja asejärjestelmien asevaikutusta on myös tutkittu aiemmin. Näistä esimerkkeinä mainittakoon Juho Roposen (2015) ja Timi Puhakan (2016) pro gradut, joissa tarkastellaan matemaattisesti aseiden asevaikutusta. Juho Roposen pro gradussa *Simulating artillery fire in forest environment* tutkitaan epäsuoran tulen tulivaikutuksen mallintamista metsämaastossa. Timi Puhakan pro gradussa *Kranaatinheitinkomppanian teknisen suorituskyvyn muutos panssarijääkäripataljoonan hyökkäyksessä AMOS-FIN järjestelmän käyttöönoton seurauksena* vertaillaan kahta järjestelmää simulointia hyödyntämällä. Simuloinnilla on pyritty selvittämään kahden erilaisen epäsuoran tulen järjestelmän eroja tuotettujen tappioiden suhteen. Risto Noopilan *Tiede ja ase* -lehden artikkeli *Kranaattien sirpaloitumiselle asetettavat vaatimukset* on julkaistu vuonna 1984. Noopilan artikkeli käsittelee laajasti kranaatin sirpaleiden asevaikutusta ja siinä esitellään muun muassa kranaatin sirpaleiden iskuenergiaa, iskuenergian merkitystä ja sirpaleiden lukumäärään perustuvia osumatodennäköisyyksiä.

## 2. VENÄJÄN ILMAKOMPONENTIN LÄHITULITUKI

### 2.1. Lähitulituen määrittely ja ominaispiirteet

Lähitulituki voidaan määrittellä laveasti kahden esimerkin kautta. Omien maajoukkojen komentajan kontrolloima ilmahyökkäys vihollisen maajoukkoja vastaan 50 metrin päässä omista joukoista on lähitulitukea, kun puolestaan vihollisen syvyyteen toteutettua ilmahyökkäystä ei lasketa lähitulitueksi. Eräissä tapauksissa lähitulitukea on pidetty tykistön kaltaisena, minkä vuoksi sitä on määritelty tykistön perusteella. [95, s. 101–102] Tällä ajattelutavalla ilma-aseella suoritettu enintään tykistökantaman pituudelle suoritettu hyökkäys lasketaan lähitulitueksi. Koska lähitulitukea pidettiin kuitenkin omien maajoukkojen hyökkäykseen liittyvänä tehtävänä, on edellinen määritelmä ontuva. Tykistöllä kyetään suorittamaan iskuja vihollisen syvyyteen, joilla ei näin ollen ole välttämättä suoranaista liityntää oman maajoukon kärjen taisteluun. Ilmasotateoreetikko John A. Warden määrittikin lähitulituen sellaiseksi ilmahyökkäykseksi, joka olisi teoreettisesti tarkasteltuna toteutettavissa maassa taistelevan joukon omin toimenpitein [95, s. 102]. Wardenin määritelmän perusteella esimerkiksi suora maajoukkoihin vaikuttaminen ja myös ilma-aseen käyttäminen sivustan suojaamisessa tai omien maajoukkojen hyökkäyksen tulivalmistelussa kuuluu lähitulituen piiriin. Rintamalinjan takana sivusuunnassa liikkuvia joukkoja vastaan hyökkäämiseen Wardenin määritelmä lähitulituesta ei kuitenkaan päde vaan siitä tulisi käyttää enemmän nimitystä taistelutilan ilmaeristäminen [95, s. 102].

Warden tähdentää teoksessaan [95, s. 102], että hänen määritelmänsä lähitulituella ei ole liitetty minkään valtion maa- tai ilmavoimien määritelmään ja voi olla ristiriidassa toisten määritelmien kanssa. Yhdysvaltojen asevoimien määritelmän perusteella lähitulituki on kiinteäsiipisten tai pyöriväsiipisten ilma-alusten toimintaa vihamielisiä kohteita vastaan omien joukkojen lähietäisyydellä, joiden tehtävät vaativat yksityiskohtaista integraatiota omien maajoukkojen tulen ja liikkeen kanssa [17]. Lähitulituen tulenkäytön tulee olla linjassa operaation komentajan tavoitteiden, ohjauksen ja prioriteettien kanssa eli tehtävän määrittelyn perusteella se ei saa olla irrallinen maajoukon taisteluun liittymätön kokonaisuus. Näin ollen lähitulituki suunnitellaan ja toteutetaan taktisen tasan maajoukkojen taistelun tukemiseksi.

Tällä hetkellä Yhdysvaltalaisessa doktriinissa jaetaan ilmaoperaatiot viiteen pääkategoriaan. Nämä kategoriat ovat vapaasti suomennettuna vastailmaoperaatiot, strategiset ilmaoperaatiot, vastamaaoperaatiot, vastamerioperaatiot sekä tehtävätukioperaatiot. Vastamaaoperaatioiksi

luokitellaan ilmaeristäminen sekä lähitulituki. [5] Ilmaeristäminen määritellään Yhdysvaltojen Ilmavoimien doktriinissa ilmaoperaatioiksi, joiden tarkoituksena on ohjata, häiritä, viivyttää tai tuhota vihollisen taisteluvoima ennen, kuin se kyetään projisoimaan omia joukkoja vastaan tai vaikuttamalla viholliseen sellaisella etäisyydellä omista maajoukoista, ettei ilmatoimintaa tarvitse yhteen sovittaa omien joukkojen tulenkäytön ja liikkeen kanssa. Lähitulituen Yhdysvaltojen Ilmavoimien doktriini määrittelee kiinteä- tai pyöriväsiipisten ilma-alusten toiminnaksi sellaisia vihollisen kohteita vastaan, jotka ovat omien joukkojen läheisyydessä ja joita vastaan toimiminen vaatii yksityiskohtaista yhteensovittamista omien joukkojen tulen ja liikkeen kanssa. [6] Yhdysvaltojen Ilmavoimien doktriinissa vastamaaoperaation maajoukon kanssa sovittavan yhteistyön aste on siis määrittävä tekijä eristämisen ja lähitulituen välillä. Puolustusvoimien Ilmasotaohjesäännössä lähitulituki on määritelty hyvin yhdysvaltalaista määritelmää vastaavaan tapaan, joskin suppeammin, ”niiksi ilmahyökkäyksiksi vihollisen kohteita vastaan omien maajoukkojen läheisyydessä, jotka sovitetaan yksityiskohtaisesti omien joukkojen tulenkäyttöön ja liikkeeseen” [34, s. 167].

Tässä tutkimuksessa lähitulitukea tarkastellaan Yhdysvaltojen doktriinin määritelmän mukaan ja se pyritään erottamaan ilmaeristämisestä sen doktriinimääritelmän sekä Wardenin tarkennusten perusteella. Rynnäkkökoneiden puutteesta johtuen Puolustusvoimissa ei liene ollut tarvetta määritellä lähitulitukea kovinkaan tarkasti, joten sen määritelmä on nykyisellään hyvin suppea. Yhdysvaltojen Ilmavoimien ja Wardenin määritelmän mukainen aiheen käsittely ei kuitenkaan rajaa Puolustusvoimissa käytössä olevaa määrittelyä tämän tutkimuksen ulkopuolelle, vaan tarkentaa sitä.

Määritelmän perusteella lähitulitukitehtävä on sidottu maajoukon hyökkäykseen. Tästä syystä on havaittu, että maassa taistelevan joukon komentajan on vastattava myös lähitulituen käytöstä hyökkäyksessään, jotta sen käyttö olisi tehokasta. Saksan asevoimat kuitenkin havaitsi toisessa maailmansodassa 1944, että maajoukon komentaja keskittyi liiaksi maajoukon toimintaan, jolloin lähitulitukea varten käytössä ollut ilmakomponentti jäi vähälle käytölle, jolloin sen käyttö eristystehtävässä olisi ollut tehokkaampaa [95, s. 103]. Eristystehtävä olisi antanut ilmakomponentille vapaat kädet tehtävän suorittamiseksi tietyin reunaehdoin, eikä maa- ja ilmakomponentin taistelua olisi täytynyt sovittaa yhteen niin suurella tarkkuudella. Ilmakomponentin käytössä maajoukkojen taistelun tukemiseen on siis kaksi puolta. Lähitulituki vaatii yhteensovittamisen ja aluevastuullisen eli maajoukon komentajan johtamaan toimintaa. Ilmaeristystehtävällä maajoukon komentaja voi keskittyä maakomponentin johtamiseen ja ilmakomponentti voi tietyin rajoituksin toimia itsenäisesti. Tällöin ilmakomponentista ei kuitenkaan välttämättä ole välitöntä hyötyä maassa taistelevan taktisen tasan joukon taistelulle.

Voidaan nähdä, että lähitulituen käyttö on tehokkaimmillaan kahdessa tapauksessa. Lähitulituki voidaan nähdä joko operatiivisen komentajan reservinä, jota käytetään taistelun ratkaisuun tai vaihtoehtoisesti lähitulitukea käytetään tilanteissa, joissa tilanne ratkaistaan lähitulitukikoneen tai -koneiden suorituksella suuren, keskitetyn ja nopean vasteen voimalla sen sijaan, että alueelle kohdennettaisiin pitkäaikainen maajoukkojen voima [95, s. 105].

Yhdysvaltojen doktriinissa lähitulituen tarkoituksena on hyökätä vihollista vastaan tavalla, joka tukee maajoukon komentajan taisteluajatusta. Lähitulitukea suorittavan ilma-aluksen nopeus, ampumaetäisyys ja liikkuvuus mahdollistavat hyökkäyksen sellaisiin maaleihin, joita vastaan maajoukkojen aseistuksella ei välttämättä voida tehokkaasti vaikuttaa. [17] Maajoukkojen tulenkäytön tällaisiin maaleihin voi estää esimerkiksi maalityyppi, ampumaetäisyys, maasto tai omien joukkojen sijoittuminen. Maajoukon komentaja vastaa vastuualueellaan kaikesta tulenkäytöstä sisältäen myös lähitulituen. Lähitulituki tarjoaa maajoukon komentajalle joustavan ja reaktiivisen tulituen, jonka suuren tulivaikutuksen ansiosta maajoukko voi jatkaa hyökkäystä. Lähitulituen käytöllä voidaan myös pienentää operatiivista tai taktista riskiä.

Ilmatorjuntaoppaassa [35, s. 15] todetaan, että lähitulitukea toteutetaan sekä lähitulitukikoneilla, että taisteluhelikoptereilla ja lähitulituella pyritään varmistamaan hyökkävien joukkojen riittävä tulivoima vihollisen joukkojen tuhoamiseksi. Lähitulitukikoneita käytetään täydentämään sekä epäsuoran tulen, että suora-ammuntatulien tulivaikutusta, estämään reservien liikettä tai panssarivaunujen ja ajoneuvojen tuhoamiseen. Ilma-alusten kehittyminen mahdollistaa niiden joustavan käytön siten, että samalla monitoimikoneella voidaan suorittaa sekä lähitulitukitehtäviä, että ilmataistelua. [35, s. 15] Vastavuoroisesti myös lähtökohtaisesti lähitulitukitehtäviä varten suunniteltuja ilma-aluksia on mahdollista käyttää tehtäviin, jotka sekä yhdysvaltalaisen, että suomalaisen lähitulituen määritelmän ja Wardenin esittämien esimerkkien nojalla eivät ole lähitulitukea, vaan pikemminkin taistelutilan ilmaeristämistä.

Huono sää voi rajoittaa lähitulituen toteuttamista [95, s. 110]. Huonon sään asettamat rajoitukset johtuvat pitkälti siitä, että lähitulitukitehtäviä suoritetaan omien joukkojen läheisyydessä. Omien joukkojen läheisyydessä toimiminen vaatii omien joukkojen tunnistamista. Sadesäällä tai matalan pilvikorkeuden tapauksissa ilma-aluksen ohjaaja ei välttämättä saa näköyhteyttä omiin joukkoihin, jolloin tulenkäyttö on omille joukoille riskialtista. Esimerkiksi Venäjän ilmakomponentin käyttö lähitulituessa Tshetsshenian sodissa oli rajoittunutta huonon sään vuoksi [9, s. 6]. Nykyajan kehittyneillä tilannekuva-, paikannus- ja maalittamisjärjestelmillä sekä täsmäaseiden käytöllä lähitulituen olosuhderiippuvuus on kuitenkin pienenevässä.

Toinen lähitulituen käyttöä rajoittava tekijä on sen saatavuus. Vaikka konflikti- tai sota-alueelle olisi keskitetty merkittävä ilmakomponentti, sen käyttö taktisen tasan maajoukon tukemisessa voi olla toissijaista. Operaation kannalta merkittävät ilmaeristys tai ilmaherruustehtävät voivat mennä maajoukon lähitulitukitarpeen edelle. [95, s. 111–112] Lähitulitukeen liittyvien rajoitteiden vuoksi maajoukon komentajan ei tule taistelusuunnitelmassaan nojautua lähitulitukiresurssin olemassaoloon.

Lähitulitukeen läheisesti liittyvä asia on ilmatulenjohto-oikeus TAC (Terminal Attack Control), jolla tarkoitetaan oikeutta ilma-aluksen liikkeeseen ja sen aseistukseen. [6] Ilmatulenjohtajan oikeudet ovat todella laajat, sillä esimerkiksi lähitulitukeen tuleva lentokone toimii taistelualueelle tullessaan täysin ilmatulenjohtajan käskyjen mukaan. Ilmatulenjohtaja ohjaa lähitulitukikonetta suullisin radioteitse annettavin käskyin. Ilmatulenjohtaja omistaa taistelualueen ilmatilan ja hallinnoi sen käyttöä ennalta määritetyllä kolmiulotteisella ilmatilanhallinta-alueella.

Yhdysvaltojen asevoimien määritelmän mukaan ilmatulenjohtajarooleja ovat JTAC (Joint Terminal Attack Controller) ja FAC(A) (Forward Air Controller-Airborne). JTAC johtaa lähitulitukitehtävään ja muihin hyökkäyksellisiin ilmaoperaatioihin käskettyjen ilma-alusten toimintaa maasta läheltä taisteluiden etulinjaa. FAC(A) puolestaan on ilmailu-upseeri, joka johtaa lähitulitukea ilma-aluksesta. FAC(A):n vastuut ovat JTAC:a laajemmat, sillä FAC(A) johtaa lähitulitukitehtävässä olevia ilma-aluksia koko niiden tehtävän ajan, kun puolestaan JTAC johtaa niitä ainoastaan omalla vastuualueellaan. FAC(A):n tulee siis olla selvillä esimerkiksi omien joukkojen sijainnista ja maalitetuista kohteista, tykistöstä sekä tehtävällä olevien ilma-alusten ase- ja polttoainetilanteesta. [6] Yhdysvaltalaisen doktriinin perusteella JTAC siis kykenee johtamaan hänelle ajallisesti osoitettua resurssia silloin, kun se toimii hänen alueellaan, kun taas FAC(A) kykenee johtamaan hänelle osoitettua koneresurssia tarvittaessa koko tehtävän ajan. Yllä esitetyt tulenjohtajia tarkoittavat termit JTAC ja FAC(A) vaikuttavat vakiintuneen käyttöön 2000-luvun aikana, sillä vielä Tshetshenian sotia käsittelevissä lähteissä [19; 23] käytetään termiä FAC (Forward Attack Controller) tarkoittamaan ilmatulenjohtajaa yleistasolla.

## 2.2. Lähitulituen käyttö viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa

Tässä alaluvussa tarkastellaan Venäjän ilmakomponentin lähitulituen suorituskykyä. Ilmakomponentilla tarkoitetaan asevoiman jollekin operaatiolle tai operaatiosuunnalle

kohdistamaa sotilasilmaluyksikköä tai -yksiköitä, jotka ovat sotajaotuksella aluevastuullisen komentajan johdossa. Termiä käytetään siitä syystä, että eri asevoimissa on erilaisia käytänteitä siitä, mihin puolustushaaraan sotilasilmaluyksiköt kuuluvat. Ne voidaan jakaa esimerkiksi siten, että kiinteäsiipiset ilma-alukset kuuluvat ilmavoimiin ja pyöriväsiipiset ilma-alukset kuuluvat maavoimiin. Samaan operaatioon tietyille toiminta-alueelle sotajaotuksella kohdennetut ilma-alukset käyttävät samaa ilmatilaa, joten niiden käytön koordinointi on välttämätöntä. Ilmakomponentilla tarkoitetaan tämän tutkimuksen kontekstissa Tshetshenian, Georgian ja Syyrian sotiin kohdennettuja ilmailuyksiköitä riippumatta siitä, minkä puolustushaaran alaisuuteen ne normaalitilanteessa kuuluvat.

Lähitulitukea tarkastellaan neljän aseellisen konfliktin kautta. Tarkastelussa ovat Tshetshenian sodat, Georgian sota sekä Venäjän osallistuminen Syyrian sisällissotaan. Tshetshenian, Georgian ja Syyrian konfliktit ovat valikoituneet tarkastelun kohteeksi siitä syystä, että ne ovat viimeaikaisia aseellisia konflikteja, joissa Venäjä on käyttänyt ilma-asetta laajamittaisesti. Tästä syystä Itä-Ukrainan ja Krimin tapahtumia ei tarkastella tässä tutkimuksessa. Myöskään Neuvostoliiton toimintaa Afganistanin sodassa ei tarkastella, sillä sitä tuorempien konfliktien tarkastelulla voidaan tehdä riittävät johtopäätökset Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käytöstä. Vaikka Tshetshenian ensimmäinen sota käytiin kokonaisuudessaan 1990-luvun puolella, ulotetaan tarkastelu sinne asti siitä syystä, että Venäjän toiminta Syyriassa on ollut osin kokeilutoimintaa ja sotakokemuksen kartuttamista [15, s. 168]. Johtopäätökset Venäjän ilmakomponentin lähitulituen käytöstä muodostetaan pääosin Tshetshenian sotien ja Georgian sodan perusteella. Venäjän lähitulituen nykytilanteen arvioinnissa hyödynnetään myös tietoa Venäjän lähitulituesta Syyriassa. Tutkimuksessa kuitenkin otetaan huomioon, että tarkasteluun valitun Syyrian sisällissodan tapahtumat eivät ole täysin vertailukelpoisia muihin tarkasteltaviin konflikteihin Syyrian sisällissodan luonteen vuoksi. Tästä syystä Syyriassa toteutuneista tapahtumista ei tehdä oletuksia Venäjän asevoimien toimintamalleista.

### Tshetshenian ensimmäinen sota 1994–1996

Ensimmäinen Tshetshenian sota käytiin vuosina 1994–1996. Sotaan johtaneet syyt ovat monimutkaiset. Venäläisten ja tshetsheenien väliset suhteet ovat olleet tulehtuneet jo 1800-vuosisadalta alkaen, kun Venäjä laajeni Kaukasuksen alueelle. Vaikka Venäjä otti Tshetshenian alueen haltuun tuolloin, eivät tshetsheenit ole hyväksyneet venäläisvaltaa alueella. Venäjän sisällissodan aikana tshetsheenit julistivat itsenäisyyden, mutta puna-armeija kukisti tshetsheenit vuonna 1920. Tshetshenian alue on Venäjälle geopoliittisesti merkittävä, sillä reitti Kaspianmeren ja Mustanmeren välillä kulkee Tshetshenian alueen keskeltä. Lisäksi Venäjälle



tärkeät öljy- ja kaasuputket Azerbaidzhaniin ja Kazakstaniin kulkevat Tshetshenian alueen kautta. [27]

Tshetshenian ensimmäistä sotaa edelsi Neuvostoliiton hajoaminen vuonna 1991, jonka seurauksena Tshetshenian tasavallassa valtaa pitänyt Doku Zavgajev syöstiin vallasta. Kaappausta johti tshetsheenipoliitikko Dzohar Dudajev, joka voitti saman vuoden marraskuussa pidetyt presidentinvaalit. Heti valtaan noustuaan Dudajev julisti Tshetshenian itsenäiseksi Venäjän federaatiosta. Dudajev harjoitti kansallismielistä ja venäjävastaista politiikkaa, joka johti Venäjän asevoimien tukeman tshetsheeniopposition vallankaappausyritykseen. Vallankaappausyrityksen epäonnistuttua Venäjän asevoimat hyökkäsivät Tshetsheniaan 11. joulukuuta 1994. [16]

Venäjä ei asettanut poliittisia tavoitteita Tshetshenian operaatiolle, mutta sen pyrkimyksenä ei ollut aloittaa laajamittaista sotaa, vaan pikemminkin näyttää sotilaallista voimaa ja syöstä Dudajev vallasta sijaissodassa, jonka Venäjän tukema aseistettu oppositio olisi käynyt. Operaatiolle asetetut suuntaviivat ohjasivat asevoimia rauhanturvaamistyyppiseen operaatioon, jossa Venäjän joukkojen tarkoitus oli näennäisesti turvata alueen rauha toimimalla aseistetun opposition ja Dudajeville lojaalien joukkojen välillä. Tällä olisi saavutettu Tshetsheniaa halkaisevan valtatiehallinta. Kaksi suunnitelman onnistumiselle asetettua päätekijää olivat panssariyivoima ja ilmatilan hallinta. Operaatio epäonnistui sen ensitunneista alkaen, mutta silti suuntaviivat pysyivät samoina. Vasta kolmen viikon jälkeen venäläisten saavutettua Groznyin, suuntaviivat muuttuivat. Groznyin saavuttamisen jälkeen tavoitteena oli tuhota vihollinen hinnalla millä hyvänsä. [9, s. 2–3]

Jo ennen Groznyin saavuttamista operaation luonne oli muuttunut merkittävästi. Venäjän invaasio oli demoralisoinut Dudajevia vastustavan aseistetun opposition täydellisesti, jonka vuoksi Venäjän joukot joutuivat suunnitelman vastaisesti sodankäyntiin Dudajevin joukkoja vastaan. Venäläiset joukot tarvitsivat lähitulitukea panssaroitujen marssirivistöjen suojaamiseen, sillä venäläisten panssarivaunut eivät aiheuttaneet riittävää pelotevaikutusta Dudajevin joukoissa. Yksi Venäjän operaation tavoitteista Tshetsheniassa oli tiukentaa teiden hallintaa, joka sisälsi paljon lähitulitukitehtäviä. Nämä teiden hallintaan liittyvät kosto- tai rankaisuperusteiset lähitulitukitehtävät eivät kuitenkaan kohdistuneet tshetsheenikapinallisten vuoristotukikohtiin tai huoltoreitteihin, vaan siviiliväestöön. [9, s. 3–5]

Venäjän ilmavoimat käytti taktisen tasan ilmailujoukkoja runsaasti Tshetshenian ensimmäisessä sodassa ja niiden käytöllä Venäjän asevoimat välttyi maajoukkojen katastrofaalisilta tappioilta. Pohjois-Kaukasuksen sotilasalueen maajoukot olivat hätäisesti sijoitettuja ja epäorganisoituja, mutta alueen ilmakomponentti oli vahva. Vuonna 1992 Pohjois-

Kaukasuksen sotilasalueella oli ainoastaan muutamia ilmavoimien koulutusyksiköitä, mutta vuoden 1994 aikana sinne oli perustettu kolme täyttä divisioonaa sisältävä 4. Ilma-armeija. Tuolloin ilmavoimien konekalustoa oli alueella 85kpl Su-24, 110kpl MiG-29 ja 110kpl lähitulitukeen käytettyjä Su-25 -koneita tarvittavine tukiyksikköineen. [9, s. 7]

Verrattuna Venäjän ilmavoimien konekalustoon, maavoimien ilmailujoukkojen rooli Tshetshenian ensimmäisen sodan alussa oli pieni siitäkin huolimatta, että Tshetshenian sotaa edeltävässä Afganistanin sodassa helikoptereita oli käytetty hyvin runsaasti taistelutehtävissä. Tshetshenian alueelle oli kohdennettu ainoastaan kaksi laivuetta Mi-24-taisteluhelikoptereita ja kaksi laivuetta kuljetushelikoptereita Mi-6 ja Mi-26 -kalustolla, jolloin helikoptereiden kokonaisvahvuus oli 52 kappaletta [9, s. 10–11]. Maavoimien ilmailun komentajan, kenraalievosti Pavlovin, mukaan Tshetshenian ensimmäisen sodan alkuvaiheessa ainoastaan 15–17 prosenttia toteutetuista Maavoimien ilmailun tehtävistä olivat ilmaiskuja [9, s. 10–11]. Tämä johtui siitä, että Venäjä ei halunnut käyttää hitaasti liikehtiviä helikoptereita kaupunkiympäristössä. Huono liikehtimiskyky altisti kaupunkialueilla toimivat helikopterit esimerkiksi vihollisen tarkka-ampujille [23, s. 28–29].

Maavoimien ilmailun tehtävät painoutuivat hyvin pitkälti tukitehtäviin, kuten maajoukkojen kuljetukseen ja niiden vesihuoltoon. Maavoimien ilmailun käyttöintensiteetti ja tehokkuus kasvoivat operaation toisessa vaiheessa Argunin, Gudermersin ja Shalin taistelujen aikaan. Mi-24-taisteluhelikoptereiden määrä lisättiin 52 kappaleeseen. Taisteluhelikoptereita käytettiin lähitulitukitehtävissä maahanlaskujen yhteydessä. Maavoimien ilmailun ja sisäministeriön joukkojen yhteistyö kehittyi hyväksi ja keväällä 1996 taisteluhelikopterit osoittautuivat erityisen tehokkaiksi. [9, s. 10–11]

Argunin, Gudermesin ja Shalin taistelujen aikana ilmakomponentin tehokkuus oli korkeimmillaan Tshetshenian ensimmäisessä sodassa, sillä hyvä sää puolsi ilmakomponentin käyttöä rynnäkkötehtävissä. Kapinallisten yrittäessä rikkoa Argunin saarto 22. maaliskuuta 1995, venäläiset saavuttivat taisteluhelikopterien ja rynnäkkökoneiden käytöllä merkittävän voiton. Tuossa taistelussa ilmakomponentti tuhosi yhteensä 9 panssarivaunua ja panssaroitua ajoneuvoa Shturm-panssarintorjuntaohjuksilla ja kapinallisten jalkaväkijoukot tuhottiin ohjautumattomilla raketeilla. [23, s. 11–12]

Baevin [9] esittelemästä Venäjän ilmakomponentin kokoonpanosta Tshetshenian ensimmäisessä sodassa lähitulitukeen soveltuvat Su-25 ja Mi-24. Myös Su-24-konetyyppejä käytettiin ilmaiskuihin, mutta sen huono liikehtimiskyky ja vähäinen ohjaamonäkyvyys eivät mahdollista lähitulituen mukaista toimintaa omien joukkojen läheisyydessä tai toimimista liikkuvia maaleja vastaan [23, s. 32]. Mladenovin [58, s. 71] mukaan Su-25:llä suoritettiin

lokakuun 1994 ja syyskuun 1996 välillä yhteensä 3000 ilmaiskua, joiden lisäksi 1115 lähitulitukitehtävää ja 1284 vapaan metsästyksen (engl. *free hunt*) tehtävää, joissa käytettiin yhteensä 20 000 vapaasti putoavaa pommia, 100 rypälepommia, 69 sirotepommia ja lähes 74 000 rakettia.

Helikoptereiden käyttöasteen kasvettua sodan loppua kohden Mi-24 helikoptereilla lennettiin lopulta yhteensä 16 547 tehtävää, joista 36 prosenttia oli lähitulitukitehtäviä [10]. Mi-24-taisteluhelikoptereiden käyttöaste nousi, kun taisteluja käytiin kaupunkien sijaan vuoristossa. Mi-24:n aseistuksena käytettiin ainakin S-8 rakettiaseistusta ja panssarintorjuntaohjuksia, mutta helikopteriohjaajat laukaisivat ne monesti liian suurelta etäisyydeltä tshetsheenikapinallisten 23mm kaliiperin ilmatorjuntatykkien ja ilmatorjuntaohjusten pelotevaikutuksen vuoksi [57, s. 42–43].

## Dagestan 1999 ja Tshetshenian toinen sota 1999–2000

Tshetshenian ensimmäisen sodan katsotaan päättyneen Hasavurtovskin sopimukseen syksyllä 1996, jossa sodan osapuolet sopivat hallintojensa bilateraalisista suhteista [29]. Hasavurtovskin sopimuksessa osapuolet päättivät jättää Tshetshenian itsenäistymispyrkimykset viideksi vuodeksi [23, s. 13]. Hasavurtovskin sopimusta seurasi osapuolien rauhansopimus, joka solmittiin maaliskuussa 1997. Rauhansopimuksen solmimisen jälkeenkin poliittinen tilanne alueella jäi epävakaaaksi, sillä osapuolet olivat sopimuksesta huolimatta eri mieltä siitä, kuuluiko Tshetshenia Venäjään vai ei. [87]

Jännitteet Tshetshenian ja Venäjälle kuuluvan Dagestanin muslimienemmistöisen tasavallan raja-alueella nousivat elokuun 1999 aikana. 7. elokuuta 1999 sadat aseistetut muslimitaistelijat ylittivät rajan ja valtasivat useita kyliä Etelä-Dagestanissa. Päiviä myöhemmin Dagestanin muslimijohtajat julistivat Dagestanin itsenäiseksi Venäjästä ja kutsuivat Dagestanin ja Tshetshenian muslimit taistelemaan, kunnes harhaoppiset olisi poistettu tasavaltojen alueelta. [23, s. 14] Tätä seurasi elo- ja syyskuun aikana Venäjän asevoimien suorittamat kolme operaatiota Dagestanin alueelle vastaukseksi islamistikapinallisten toimiin. Kolmannessa Venäjän suorittamassa operaatiossa tilanne eskaloitui siten, että ensimmäiset ilmaiskut Tshetsheniaan jouduttiin toteuttamaan Venäjän toimesta 7. syyskuuta 1999. 45 vuorokauden taisteluiden jälkeen tshetsheenikapinalliset oli ajettu takaisin Tshetshenian puolelle. Venäläisten lähteiden mukaan taisteluissa kaatui 1500 tshetsheenikapinallista ja Venäjän tappioksi jäi 300 kaatunutta ja 1000 haavoittunutta. [19, s. 4]

Dagestaniin elo-syyskuussa 1999 keskitetyn ilmakomponentin runko painottui Mi-24-taisteluhelikoptereihin, Mi-8-kuljetushelikoptereihin ja Su-25-rynnäkkökoneisiin. Ilmakomponentti muodostettiin Venäjän Ilmavoimista (ven. *Voyenno-Vozdushnyye Sily*, VVS), joka käsitti kiinteäsiipiset ilma-alukset ja Venäjän Maavoimien ilmailusta (ven. *Aviatsiya Sukhoputnykh Voysk*, ASV), joka käsittää helikopterijoukot. Dagestanin tapahtumien lopulla Mi-24-taisteluhelikopterien lukumäärä Dagestanin alueella nousi 120 kappaleeseen. Tshetsheenikapinallisilla ei ollut merkittävästi ilmatorjuntaa, joten Su-25, Mi-24 ja Su-24 -kalustolla suoritettiin runsaasti ilmasta-maahan-tehtäviä maajoukkojen tukemiseksi. Su-25-konetyyppiä käytettiin esimerkiksi bunkkereita ja kranaatinheitin tuliasemia vastaan ja ilmaeristystehtäviin, joiden tarkoituksen oli estää kapinallisten Dagestanin ja Tshetshenian välisten huoltoreittien käyttö. Taisteluhelikoptereita käytettiin pääasiassa lähitulitukeen. [19, s. 5–6]

Dagestanissa Mi-24-taisteluhelikoptereita käytettiin 2–4 koneen osastoissa. Taisteluhelikopterit havaitsivat maalin 3,5–4 kilometrin korkeudesta, josta syöksyivät vain kymmenien metrien korkeuteen. Syöksyä seurasi siirtyminen pinnoissa katveita hyödyntäen, mikä mahdollisti tulenkäytön yllätyksellisestä suunnasta. Tätä manööveriä kutsutaan pop-up-menetelmäksi. Rynnäköön jälkeen puolet helikopteriosaston taisteluhelikoptereista suojasivat rynnäköineen helikopterin tai helikopteriparin poistumisen alueelta. Su-25-konetyyppiä käytettiin etsi ja tuhoa -tehtävissä sekä pommitustehtävissä. Su-25-konetyypin aseistuksena käytettiin pääasiassa vapaasti putoavia pommeja 1000–3000m korkeudelta. [19, s. 6]

Dagestanin tapahtumia seurasi Tshetshenian toinen sota, jonka katsotaan alkaneen 23. syyskuuta 1999 massiivisella ilma-aseen käytöllä. 1. lokakuuta 1999 Venäjän silloinen pääministeri Vladimir Putin ilmoitti Tshetshenian presidentti Maskhadovin ja hänen hallintonsa olevan lainvastainen. [23, s. 15] Tämän seurauksena alkoi maahyökkäys Tshetsheniaan. Venäjän asevoimat etenivät rauhallisesti ja tappioita välttäen, mikä näkyi esimerkiksi siinä, että maajoukkojen etenemistä edelsi aina runsas epäsuoran tulen ja ilma-aseen käyttö. 12. marraskuuta Gudermes, Tshetshenian toiseksi suurin kaupunki, vallattiin. Marraskuun loppuun mennessä Venäjän asevoimien joukot piirittivät Groznyiä ja pitivät hallussaan yli 50% Tshetshenian maa-alueesta. [19, s. 10]

Dagestanin tapahtumia seuranneessa Tshetshenian toisessa sodassa ilmakomponentti samoista VVS:n, että ASV:n joukoista, jotka oli jo keskitetty Tshetshenian vastaiselle rajalle Dagestanin tapahtumien vuoksi. Näin ollen Venäjän käytössä ollut ilmavoima ja konetyypit pysyivät lähes samana, kuin mitä ne olivat olleet Dagestanin tapahtumien aikana. Syyskuussa 1999 ASV:llä oli alueella yhteensä 68 helikopteria, joista 32kpl oli Mi-24, 28kpl Mi-8 ja 8kpl Mi-26

helikoptereita. Taistelujen muututtua sissisodankäynnin kaltaiseksi vuoden 2000 maaliskuusta alkaen ilmakomponentin koko alkoi pienentyä. [19, s. 12]

Venäjän sotilaallinen lähestymistapa erosi paljon Tshetshenian ensimmäisestä sodasta. Venäjä halu tappioiden minimointiin näkyi ilma-aseen laajamittaisessa käytössä. Su-24 ja Su-25 -kalustolla suoritettiin ilmaiskuja maajoukkojen taistelun tukemiseksi ja niiden maaleja olivat sillat, merkittävät tieurat ja rakennukset. Lisäksi niitä käytettiin vuoristoteiden ja alueiden miinoittamiseen vihollisen vapaan liikkumisen kiistämiseksi. Mi-24-taisteluhelikoptereilla toteutettiin iskuja epäilyjä kapinalliskohteita vastaan. [19, s. 13] Väitetysti Ka-50-taisteluhelikopteri lensi ensimmäisen taistelulentonsa Tshetshenian toisessa sodassa [10]. Aiempaa suunnitelmallisemman ilma-aseen käytön lisäksi lähitulituen merkitys Tshetshenian toisessa sodassa oli suuri. Kaikista tulitukitehtävistä lähitulituella toteutettiin kaikkiaan 70–80%, kun epäsuoran tulen joukkoja näihin tehtäviin käytettiin 15–17% [19, s. 15].

Tshetshenian toisen sodan aikana ASV:n helikopterit operoivat pääasiassa helikopteriryhminä, joihin kuului 2–4 Mi-24 ja 1–2 Mi-8 -helikopteria. Mi-8-helikopterien tehtävänä oli osoittaa maalit taisteluhelikoptereille ja lisäksi ne toimivat tarvittaessa alasammuttujen Mi-24-taisteluhelikoptereiden henkilöstön etsintä- ja pelastustehtävissä. Helikopteriryhmien johtamisessa käytettiin ilmatulenjohtajaa, joka oli sijoitettu alueelliseen esikuntaan tai joissain tapauksissa pataljoona- tai jopa komppaniatasalle. Kaksi kolmesta ASV:n suorittamasta lähitulitukitehtävästä toteutettiin tällä tavoin. Helikopteriryhmiä käytettiin myös vapaa metsästys -tehtävissä, joissa ne iskivät löytämiään maaleja vastaan. [19, s. 13] Mi-24 ja Mi-8 -helikoptereista koostuneet helikopteriryhmät kuluttivat yhdessä yli 85 000 S-8-rakettia ja lähes 90 000 23mm ja 30mm ammusta [57, s. 43].

Su-25 rynnäköi tyypillisesti noin 5–6km korkeudelta saatuaan visuaalisen havainnon maalista. Konetyypistä puuttuivat kehittyneet pommitus- ja navigointijärjestelmät. Tästä syystä ilmaiskut toteutettiin siten, että koneen ohjaajan havaittua maalin matalakorkeudelta, hän painoi mieleensä maalin alueella olevat tunnistettavat maastonmuodot. Tämän jälkeen ohjaaja nosti korkeutta keskikorkeuksille, joista käytti asevaikutusta tähtäyspisteensä tunnistetut pinnanmuodot varsinaisen maalin sijasta. Su-25-rynnäkkökoneetta käytettiin aina pareittain. Toisen koneen rynnäköidessä maalia vastaan parin tehtävänä oli suojata rynnäköivää konetta. Su-25 parin yhteydessä saattoi joissain tapauksissa toimia Su-24MR tiedustelukone, joka osoitti maalin Su-25-parille, joka sen jälkeen käytti asevaikutusta maalia vastaan. [23, s. 32–34] Su-25:llä käytettiin pääasiassa vapaasti putoavia pommeja ja raketteja, mutta myös laserohjatut Kh-25ML sekä laser- ja tv-ohjatut Kh-29TE/L -ohjukset otettiin käyttöön. Tyypillinen Su-25 kokoonpano tehtävälle lähettäessä oli kuitenkin 4–6kpl S-24 tai S-25 ohjautumatonta rakettia tai vastaava määrä FAB-500 ohjautumatonta pommia. [58, s. 73]

## Georgian sota 2008

Georgia itsenäistyi yksipuolisella ilmoituksella Neuvostoliitosta sen hajoamista edeltäneen tapahtumaketjun aikana 9. huhtikuuta 1991. Itsenäistymisen jälkeen separatismi Georgian alueilla, etenkin autonomisten Etelä-Ossetian ja Abhasian alueilla, kasvoi. Vuonna 1992 Abhasia otti käyttöön vuoden 1925 perustuslakinsa ja julistautui itsenäiseksi valtioksi. Georgian liittyttyä Itsenäisten Valtioiden Yhteisöön (IVY), Georgian ja Abhasian välille syntyi tulitauko. Alueelle sijoitetuista IVY-rauhanturvaajista huolimatta väkivaltaisuuDET alueella jatkuivat. [30]

Vuonna 2003 entinen oikeusministeri Mikhail Saakashvili nousi Georgian presidentiksi väkivallattoman ruusuvallankumouksen seurauksena. Georgian presidenttinä Saakashvili kampanjoi korruption vastaan, talouden tasapainotuksen puolesta ja pyrki vähentämään etnisiä vihamielisyyksiä. Ihmisoikeusloukkausten ja autoritäärisyyden kasvun tunteen vuoksi Saakashvilia vastaan asettui kasvava, joskin löyhä, oppositio. Vuonna 2004 Saakashvili pakotti Georgian kolmannen autonomisen tasavallan, Adzarian, johtajan vallasta ja siirsi johdon keskushallinnolle. Saakashvili tarjosi vuonna 2005 Etelä-Ossetialle mahdollisuutta keskustella autonomiasta, mutta Etelä-Ossetia kieltäytyi keskusteluista ja toi vuonna 2006 uudelleen esille halunsa itsenäistymisestä. Georgian konflikti itsenäisten tasavaltojen kanssa johti kireisiin väleihin myös Venäjän kanssa, jota Georgia syytti separatistien tukemisesta. Tammikuussa 2008 Saakashvili valittiin presidentiksi uudelleen, mutta oppositio väitti vaalimenettelyä vääräksi. Elokuussa 2008 Georgian konflikti Etelä-Ossetian kanssa kiihtyi. Lopulta Venäjän asevoimat ylitti Georgian vastaisen rajan. [30] Venäjän näkökannan mukaan sotatoimet Etelä-Ossetiassa ja Abhasiassa käynnistyivät Georgian hyökkäyksestä Etelä-Ossetiaan yöllä 7. elokuuta 2008. Tämän näkökannan mukaan Georgian asevoimat aloittivat operaationsa, kun maailman katseet olivat Pekingin olympialaisten avajaisissa. Georgian näkökannan mukaan sen toimeenpanema operaatio oli vastaus Etelä-Ossetian joukkojen toistuviin provokaatioihin ja se käynnistettiin perustuslaillisen järjestyksen säilyttämiseksi. [93, s. 50–51]

Venäjän ja Georgian kasvavista jännitteistä huolimatta Venäjä ei toimeenpannut erityisiä järjestelyjä mahdollisen konfliktin varalta. Venäjän asevoimissa ajateltiin, että alueelle jo projisoitu voima kykenee toteuttamaan tarvittavat tehtävät alueella ilman joukkojen siirtoja. Ilmavoimaa alueella edusti Pohjois-Kaukasuksen alueella oleva 4. Ilma- ja ilmapuolustusarmeija, joka oli saanut runsaasti taistelukokemusta Tshetshenian sodista, jolloin se oli nimetty 4. Ilma-armeijaksi. 4. IIPA koostui kolmesta hävittäjälentorykmentistä ja Armeniassa sijaitsevasta hävittäjätukikohdasta, kahdesta rintamapommittajarykmentistä, kolmesta maahyökkäysrykmentistä ja yhdestä ilmatiedustelurykmentistä. Edellisten lisäksi 4.

IIPA:n kuului kolme helikopterirykmenttiä. Kalustoa oli paljon, mutta se oli pääosin päivittämätöntä. Ainoastaan Budennokovskin 487. Helikopterirykmentti oli vastaanottanut useita päivitettyjä Mi-24PN-taisteluhelikoptereita. Niin ikään Budennokovskissa sijaitseva 368. Ilmarynnäkkörykmentti oli vastaanottanut noin 10 päivitettyä Su-25SM-rynnäkkökoneita. [45, s. 40–41] Georgian taisteluihin osallistui yhteensä jopa 200 kiinteäsiipistä ilma-alusta ja 40 helikopteria, joista pääosa kuului 4. IIPA:n organisaatioon. Georgiassa käytetyt konetyypit ovat rintamapommittaja Su-24, rynnäkkökone Su-25, hävittäjä Su-27 sekä taisteluhelikopteri Mi-24 ja kuljetushelikopteri Mi-8. [36, s. 216]

Venäjän ilmaoperaatio Georgiassa alkoi 8. elokuuta klo 10.00 jälkeen massiivisilla pommituksilla, jotka kohdistuivat Georgian joukkoihin Etelä-Ossetiaan kuuluvan Tshkinvalin alueella ja ulottuivat myös syvyyteen Georgian alueelle [45, s. 54]. Todennäköisesti näihin aikoihin tapahtui myös kahden Su-25-parven isku Tshkinvalin alueelle. Parvien tehtävänä oli antaa lähitulitukea Tshkinvalissa oleville venäläisille rauhanturvaajille ja se toteutettiin käyttämällä S-8-raketteja [60, s. 66]. Kello 14.00 jälkeen Su-25-pari suoritti ilmaiskun taukoa viettänyttä Georgian 4. Jalkaväkiprikaatia vastaan. [45, s. 54] Lavrovin [45] kuvauksen perusteella nämä ilmaiskut vaikuttavat olleen vapaan metsästyksen periaatteella toteutettuja iskuja, jotka Georgian heikko ilmapuolustus mahdollisti. Iskut olisi voitu toteuttaa epäsuoran tulen yksiköiden tulenkäytöllä, mutta toisaalta iskut olivat verrattain turvallisia Georgian heikon ilmapuolustuksen vuoksi ja vapaa metsästys -periaatteen ilmaiskuihin liittyvä lentotoiminta ei vaadi merkittävää yhteensovittamista maajoukon kanssa. Ilma-aseen käyttöä tilanteessa puoltaa myös sen aikaan saama pelotevaikutus. Su-25-lentokalustolla suoritettujen ilmaiskujen lisäksi Georgian maajoukkoja vastaan Tshkinvalin alueella, kuin syvyyteenkin jatkuivat lähes tauotta koko iltapäivän ajan [45, s. 55]. Venäjän ilmakomponentti toteutti elokuun 8. päivän aikana yhteensä 63 lentoa venäläisten sotilaiden ja alueella olevien rauhanturvaajien suojaamiseksi [45, s. 57].

Elokuun 9. päivän aikana pommitukset Georgian joukkoja vastaan jatkuivat. Päivän aikana Venäjä toteutti enää 28 taistelulentoa maajoukkojen tukemiseksi [45, s. 64]. Sääolosuhteet Georgian sodan ensimmäisen kahden päivän aikana olivat lentotoiminnan kannalta epäedulliset ja pilvikorkeus oli noina päivinä noin 1 100–1 200 metriä [60, s. 65]. Matalan pilvikorkeuden vuoksi Su-25-koneet joutuivat lentämään matalilla korkeuksilla ja niistä tuli helppoja maaleja Georgian joukkojen olalta ammuttaville ilmatorjuntaohjuksille. Tappioista huolimatta elokuun 9. päivänä suoritettiin peräti 120 lentotehtävää [8, s. 180] 11. elokuuta Su-25-konetyypillä toteutettiin edelleen lähitulitukitehtäviä Tshkinvalin alueella [60, s. 68].

Viisi päivää kestäneiden sotatoimien aikana Venäjä toteutti yli 400 lentotehtävää [8, s. 180]. Venäjä näytti toteuttavan ilmaiskuja laajemman sotilaallisen tavoitteen savuttamiseksi

taistelussa oleville maajoukoille tukemiseksi toteutetun lähitulituen sijaan. Ilmaiskut sisälsivät esimerkiksi taistelussa olevien georgialaisprikaatien eristämistä ja Georgian asevoimien merkittävien kohteiden pommittamista sekä Georgian ilmapuolustuksen lamauttamista. [36, s. 216–217] Näihin iskuihin käytettiin lähes yksinomaan ohjautumattomia aseita [43, s. 104] Lähitulituen roolin pieneminen johtuu todennäköisesti siihen käytetyn Su-25:n ongelmakohdista. Su-25:stä puuttui kehittynyt tähtäysjärjestelmä ja infrapunahakuisia ohjuksia vastaan tarkoitetut soihdut, eikä sitä kyetty aseistamaan sellaisilla ohjuksilla, jotka voisi laukaista vihollisen ilmatorjunnan kantaman ulkopuolelta [3]. Su-25-pareja käytettiin kuitenkin lähitulituessa ainakin marssiosastojen tukemisessa [45, s. 102]. Siihen Su-25 soveltui todennäköisesti sen vuoksi, että marssiosastojen suojaaminen lähitulituella ei aiheuta vanhentuneellakaan kalustolla haasteita ilmatilan hallinnan tai omien joukkojen tunnistamisen kanssa. Marssireitin päättämisen yhteydessä ilmatila marssireitillä voidaan varata lähitulitukiresurssille ja marssiosastojen tukeutuessa tieuriin omien tunnistaminen on mahdollista toteuttaa visuaalisesti ja ilman teknisiä ratkaisuja.

On huomattavaa, että lähteiden perusteella Venäjän helikopterien käyttö Georgiassa oli vähäistä, vaikka päivitettyjä pimeätoimintaan soveltuvia Mi-24PN-taisteluhelikoptereita oli alueella konfliktin alusta alkaen. Tarkasteltujen lähteiden valossa helikoptereita käytettiin venäläisten toimesta ensimmäisen kerran 8. elokuuta alasammutun Su-25-lentäjän pelastamistehtävässä, jolloin Mladenovin [60, s. 67–68] mukaan tehtävän toteutti Mi-8:n ja Mi-24:n muodostama helikopteripari. Ilmakomponentin lähitulituen intensiteetti kasvoi 11. elokuuta illalla, jolloin myös Mi-24-taisteluhelikoptereita ryhdyttiin käyttämään lähitulitukitehtävissä [44, s. 110].

## Venäjän osallistuminen Syyrian sisällissodan taisteluihin vuosina 2015–2019

Vuoden 2011 maaliskuussa Syyriassa oli useita Assadin hallitusta vastustavia mielenosoituksia. Näiden innoittajana katsotaan olleen vastaavat demonstraatiot useissa Lähi-Idän ja Pohjois-Afrikan arabimaissa. [90] Myöhemmin tätä arabimaiden mielenosoitusten aaltoa ryhdyttiin kutsumaan arabikevääksi. Syyrian kansannousu vaati ensimmäiset kuolonuhrinsa, kun 18. maaliskuuta Syyrian turvallisuusjoukot avasivat tulen mielenosoittajia vastaan, jotka olivat vihaisia siitä, että useita lapsia oli vangittu hallinnonvastaisten graffitien maalaamisesta [90]. Mielenosoittajia vastaan kohdistunut tulenavaus voidaan nähdä Syyrian edelleen jatkuvan sisällissodan alkamisen syynä. Alkaneita väkivaltaisuuksia ja niitä seurannut pakolaisten aalto Turkkiin aiheuttivat poliittista painetta kansainväliselle sotilaalliselle väliintulolle, mutta



Syyrian liittolaiset Venäjä ja Iran vaativat, että Syyrian hallinnolle tulee antaa aikaa selvittää levottomuudet itsenäisesti [90].

Ääri-islamistinen Daesh käänsi huomionsa Syyrian pohjoisosien kurdialueille syyskuussa 2014. Venäjä aloitti oman, Venäjän hallinnon mukaan Daeshin vastaisen, sotilaallisen väliintulonsa Syyriaan syyskuussa 2015. Valtaosa Venäjän ilmaiskusta toteutettiin kuitenkin Assadia vastustavia kapinallisjoukkoja vastaan. [90] Daeshin vastaiseksi väitetty sotilaallinen väliintulo toimi siis ainoastaan tekosyynä sotilaallisen voiman kokoamiseksi ja sen käyttämiseksi Syyriassa.

Venäjän osallistumisella Syyrian sisällissodan taisteluihin voidaan nähdä kaksi tavoitetta. Ensimmäinen tavoite Venäjällä on vahvistaa liittolaisensa Syyrian hallintoa ja toisena tavoitteena Syyrian taisteluihin osallistuminen mahdollistaa puolustushaarojen välisen yhteistoiminnan harjoittelun sekä uusien käyttöperiaatteiden ja aseiden testaamisen. [15, s. 168] Osana voiman projisointia Syyriaan Venäjä kokosi Latakiaan Hmeimimin lentotukikohtaan ilmakomponentin, joka käsitti intervention alkuvaiheessa yhteensä 34 kiinteäsiipistä ilma-alusta. Hmeimimin ilmakomponentti käsitti 12 kappaletta Su-25 rynnäkökonetta, 12 kpl Su-24M2 rintamapommittajia, neljä kappaletta Su-30SM hävittäjiä sekä kuusi kappaletta Su-34 monitoimihävittäjiä. [49] Huomionarvoista on, että toisin kuin Georgian sodassa, Syyriassa Venäjän ilmakomponentti koostui täysin joko modernisoiduista lentorungoista tai ne edustavat uusimman sukupolven kalustoa [68, s. 2]. Toisen lähteen mukaan Venäjä on ilmoittanut Hmeimimissä olevan ilmakomponentin suuruudeksi 50 lentorunkoa, jolloin helikopterien osuudeksi jää 16 helikopteria. Helikopterityyppien lukumääristä ei ole tietoa, mutta satelliittikuvien perusteella alueella on ollut vähintään seitsemän Mi-24-taisteluhelikopteria. Myös Mi-8 helikopterista modernisoituja Mi-17-helikoptereita tiedetään olleen alueella. [26] Riehungankaan [68, s. 36] mukaan Mi-24 määrä on ollut Pohjois-Haman hyökkäysoperaation alussa 30.9.2015 12 lentorunkoa.

Venäjän intervention katsotaan alkaneen 30. syyskuuta 2015, kun Venäjän ilmavoimien koneet aloittivat ensimmäiset pommitukset Syyrian maaperälle [68, s. 20]. Venäjä pommitti Pohjois-Haman hyökkäysoperaatiota. Pommitukseen käytettiin Su-24 ja Su-25 -kalustoa. Pommitukset toteutettiin asutuskeskuksissa olevia kohteita vastaan, vaikka puolustukseen ryhmittyneet kapinalliset olisi ollut helposti tiedusteltavissa ja kapinallisjoukon olisi voinut tuhota tai lamauttaa vapaasti putoavilla pommeilla. Huomionarvoista on, että aikaisemmissa konflikteissa lähitulitukseen käytetty Su-25 ei suorittanut operaatiossa lähitulitukitehtäviä, vaan sillä pommitettiin samoja kohteita, kun rintamapommittaja Su-24:llä. [68, s. 37–38] Lopulta Su-25 kalusto vedettiin pois Syyriasta maaliskuussa 2016 [85, s. 224–225].

Su-25-kaluston sijasta lähitulituessa käytettiin monitoimihävittäjää Su-34. Pohjois-Haman hyökkäysoperaatioissa Su-34-koneella pudotettiin täsmäaseita 5 000 metrin korkeudelta ja niiden maaleina olivat puolustusasemat, rakennukset sekä hallitsevat maastonkohdat [68, s. 38]. Vuoden 2015 lokakuussa alkaneessa Al-Ghabin tasangon ja Salman operaatioissa rynnäkkökoneita käytettiin aktiivisesti kapinallisten lähisyvyyteen, mutta siitä huolimatta yhtään täsmäasetta ei käytetty alueelle, jossa se olisi suoraan tukenut hallituksen joukkojen taistelua [68, s. 84]. Palmyran operaatioissa maaliskuussa 2016 Venäjän ilmakomponentti oli runsaalla käytöllä. Esimerkiksi maaliskuun 27. päivä toteutettujen 40 taistelulennon aikana se onnistui tuhoamaan väitetyksi 8 komentopaikkaa, 12 puolustusasemaa, 80 Daeshin taistelijaa, 2 panssarivaunua, 3 tykistöasetta sekä 6 ampumatarvikevarastoa. Koko Palmyran operaation aikana Venäjä lensi yli 500 taistelulentoa, mutta niistä huolimatta Daesh kykeni vetäytymään Palmyran alueelta toimintakykyisenä ja valtaamaan kaupungin myöhemmin takaisin. [68, s. 118]. Venäläisen raportin mukaan Su-34-konetyypillä käytettiin laajaa kirjoa ohjautuvia pommeja sisältäen esimerkiksi satelliittiohjattuja KAB-500S-pommeja, elektro-optisesti ohjattuja KAB-500Kr- pommeja sekä BETAB-500ShP läpäisy pommeja. Myös 1 500kg painoista KAB-1500-pommia väitetään käytetyn Su-34:stä. [13, s. 4] Lisäksi havaintoja on myös pienempien FAB-250-pommien käytöstä [97].

Taisteluhelikoptereita käytettiin Venäjän intervention alkuvaiheessa maaoperaation tukena kahdessa suunnassa. Mi-24-taisteluhelikopterit toimivat pareittain ja ne käyttivät rakettiaseistusta lähimmillään 500 metrin päästä omista joukoista. [68, s. 35] Al-Ghabin tasangon ja Salman operaatioissa taisteluhelikoptereita käytettiin rakettiaseistuksella ja niillä mahdollisesti tuettiin Syyrian asevoimien liikkuva hyökkäystä [68, s. 83–84]. Mi-28N-taisteluhelikoptereita käytettiin ensimmäistä kertaa taistelutehtävissä Palmyran taistelussa maaliskuussa 2016 ja se oli varustettu seka-aseistuksella [68, s. 117]. Seka-aseistuksella tarkoitetaan aseistusta, jossa on eri käyttötarkoitukseen tarkoitettuja aseita. Mi-28:n tapauksessa seka-aseistuksella voidaan tarkoittaa esimerkiksi elävää voimaa vastaan tarkoitettuja aseita ja panssarintorjunta-aseet yhdistävää aseistusta. Varmistettujen havaintojen perusteella Mi-28N-taisteluhelikopterilla käytettiin Palmyran taisteluissa S-8 ohjautumattomia raketteja, tykkiaseistusta sekä Ataka-V panssarintorjuntaohjuksia [55]. Venäjän ilmoituksen mukaan Syyrian ilmakomponenttiin on kuulunut ”*rajoitettu lukumäärä*” Mi-28N-taisteluhelikoptereita ja Ka-50:n kaksipaikkaisia variantteja Ka-52-taisteluhelikoptereita ja niiden väitetään menestyneen hyvin ensimmäisissä taistelutehtävissään, vaikka joitakin pieniä ongelmia konetyyppien käytössä esiintyi [13, s. 6].

Venäjän puolustusministeriön mukaan syyskuun 2015 ja elokuun 2018 välillä Syyriassa on suoritettu 39 000 taistelulentoa, joista vähän yli puolet toteutettiin ilmoituksen mukaan

pimeällä. Ilmatoiminnan aktiivisuus pieni vuonna 2018, mikä johtuu suurilta osin Syyriassa saavutetusta voiman tasapainosta, jonka myötä Venäjä kykeni vähentämään sotilaallista preesensiään alueella. Kesän 2018 aikana esimerkiksi kaikki Mi-28 ja Ka-52 - taisteluhelikopterit siirrettiin pois Syyriasta ja Syyrian ilmakomponentin kooksi jäi noin 30 ilma-alusta. [15, s. 168] Venäläisen uutispalvelu Russia Todayn uutisoinnin perusteella Hmeimimin lentotukikohdassa on vuoden 2019 lopulla ollut konetyyppejä Su-35S, Su-34 ja Su-24 sekä helikoptereita Mi-35 ja Mi-8AMTS ja niillä toteutetaan pääosin koulutuslentoja [41].

### 2.3. Yhteenveto

Venäjän ilmakomponentin lähitulituki on koostunut tarkasteltaviksi valituissa konflikteissa pääpiirteittäin samana. Kiinteäsiipisistä ilma-aluksista lähitulitukitehtäviä on toteutettu Su-25-kalustolla, jonka modernisoitu Su-25SM variantti oli ensimmäistä kertaa käytössä Georgian taisteluissa. Syyrian sisällissodassa konetyypin obsoliittisuus käyttötarkoitukseensa nähden on viimeistään tullut esille. Syyriassa Su-34 on ottanut Su-25:n roolin lähitulitukeen käytettynä koneena. Su-34 on suunniteltu alun perin korvaamaan rintamapommittaja Su-24 ja strateginen pommittaja Tu-22M3 [47]. Konventionaalisisessa sodassa, jossa vastapuolella on ilmatorjuntaa ja ilmavoimaa käytössään, Su-34:n suorituskykyä ei ole nykyisellään kannattavaa sitoa riskialttiisiin lähitulitukitehtäviin. Su-25:n käyttöä lähitulitueessa edellä kuvatun tapaisessa konfliktissa puoltaa myös Su-25:n panssaroinnin aikaansaama suoja vihollisen ilmatorjunnalta. Su-25:n ohjaamopanssarointi on sanottu kestävän jopa 50 kappaletta 20mm tai 23mm projektiilin iskemiä [59, s. 22]. Su-34:n on panssaroitu ohjaamonsa osalta [4]. Venäläiset ovat suunnitelleet Su-34-varianttia, jonka on tarkoitus korvata Su-25 lähitulitukikoneena, mutta se vaatii konetyypin nykyisen panssaroinnin parantamista [7].

Tilanteessa, jossa Venäjän ilmakomponentilla ei ole täyttä ilmaherruutta ja vihollisella on ilmatorjuntaa, Su-34:n käyttö lähitulitukeen on todennäköisesti hyvin epätavallista toistaiseksi. Su-34:n arvo ja käytössä olevat täsmäaseet huomioiden aselavetista saadaan suurempi hyöty muissa, kuin taktisen tasan ilmahyökkäyksissä, kuten vihollisen ilmapuolustuksen lamauttamistehtävissä ja syvyydessä olevien pistemaalien tuhoamisessa. Syyrian sisällissodan kaltaisessa konfliktissa Su-34:n käyttö lähitulitukeen on kuitenkin perusteltavissa suurimman hyödyn ja pienimmän riskin saavuttamisen vuoksi. Hyöty saadaan tarkkojen täsmäaseiden käytöstä vapaasti putoavien pommien sijasta. Lisäksi ilmaherruus ja täsmäaseet mahdollistavat

aselavetin lentämisen suurilla lentokorkeuksilla, jolloin riski sen menettämiseen vihollisen ammusilmatorjuntaan tai erittäin lyhyen kantaman ilmatorjuntaohjuksiin on olematon.

Ennen Su-34:n lähitulitukivarianttia, konventionaalisessa aseellisessa konfliktissa lähitulitukitehtävissä käytetään kiinteäsiipisistä ilma-aluksista todennäköisesti Su-25:ttä, kuten Syyrian sisällissotaa edeltäneissä konflikteissakin. Ongelmaksi Su-25:n käytössä muodostuvat edellä tunnistetut rajoitteet, jotka ohjaavat konetyypin käyttöä lähitulituessa lähinnä marssiosastojen suojaamiseen tai vastaaviin tehtäviin, joissa lähitulituen tulenkäyttö voidaan sovittaa yhteen maajoukon taisteluun ennalta. Reaktiivinen lähitulituki konetyypillä on osoittautunut haastavaksi, ellei jopa mahdottomaksi, sillä Su-25:n lähitulituen tulenkäytön yksityiskohtainen sovittaminen maajoukon taisteluun reaaliajassa ei ole tarkasteltavien konfliktien valossa onnistunut. Su-34 on toistaiseksi suhteellisen uusi monitoimihävittäjä ja se on parhaillaan tuotannossa. Su-34 lentorunkojen yleistyessä konetyypin käyttö lähitulitukeen todennäköisesti kasvaa [68, s. 128]. Nähtäväksi jää, syrjäyttääkö Su-34 ja sen mahdollinen lähitulitukivariantti Su-25SM3-päivitetyn koneen lähitulituessa tukevaisuudessa, vai ei.

Su-25:n aseistuksena lähitulituessa on käytetty pääsääntöisesti vapaasti putoavia pommeja ja raketteja. Ampumatarvikkeiden tyyppinimiä ei juurikaan käytetty lähteissä, mutta ainakin S-8-rakettien käytöstä on useampia mainintoja. Tshetshenian toisessa sodassa on käytetty myös S-24 ja S-25 -rakettiaseistusta. Su-25:n lentokorkeudet lähitulitukitehtävissä on ollut 1000–6000 metrin välissä ja vaikuttaa siltä, että konetyypillä on pyritty lentämään niin korkealla, kuin pilvikorkeuden puolesta on mahdollista. Pommitus voidaan vapaasti putoavilla pommeilla toteuttaa miltä tahansa korkeudelta, mutta on otettava huomioon, että mitä suurempi lavetin lentokorkeus on, sitä suuremmin laukaisuvirhe korostuu ja epätarkkuus kasvaa. Rakettiaseita käytettäessä koneella suoritetaan rynnäkkö, jonka loppuvaiheessa raketit laukaistaan. Myös rakettiaseita käytettäessä rynnäköintinä edeltävänä lentokorkeutena on käytetty jopa 6000 metriä pilvikorkeuden salliessa näköyhteyden maaliin. Rynnäkkökoneiden käyttö lähitulituessa rintamalinjan läheisyydessä painottui Riehunkankaan [68, s. 84–85] mukaan ainakin Salman operaatioissa vapaasti putoaviin pommeihin ja täsmäaseita käytettiin lähinnä vihollisen syvyyteen.

Toisin kuin kiinteäsiipisissä ilma-aluksissa, lähitulitukeen käytettävässä helikopterikalustossa on viime aikoina tapahtunut muutoksia. Mi-24 on osoittanut kyvykkyytensä lähitulitukeen kaupunkialueiden ulkopuolella, mutta 1970-luvulla palveluskäyttöön otettu kone vaikuttaa olevan tulossa elinjaksonsa päähän. Tshetshenian toisessa sodassa Ka-50-taisteluhelikopteria käytettiin ensi kertaa taistelutehtävissä, joskin pienellä volyyymillä. Ka-50-taisteluhelikopterin kaksipaikkainen variantti Ka-52 sai tulikasteen Syyriassa, mutta näiden konetyyppien tapauksessa käyttö on jäänyt vähälle. Myös Mi-28-taisteluhelikopteri sai tulikasteensa Syyrian

taisteluissa. Mitä ilmeisimmin Mi-28 menestyi Syyriassa niin hyvin, että siitä kaavailaan Venäjällä Mi-24:n seuraajaa. Kesäkuussa 2019 ilmoitettiin yli miljardin ruplan Mi-28NM-tilauksesta, joka lähes kaksinkertaistaa Venäjän Mi-28-taisteluhelikopterilukumäärän 98 helikopterilla vuoden 2027 loppuun mennessä [62].

Taisteluhelikoptereita on käytetty kaupunkialueiden ulkopuolella, sillä niiden huonon liikehtimiskyvyn vuoksi ne ovat alttiita vihollisen asevaikutukselle rakennetulla alueella. Helikopterien käyttöperiaatteita tarkasteltiin lähteissä hyvin suppeasti. Dagestanissa käytetty pop-up-menetelmä on kuitenkin todennäköinen käyttötapa taisteluhelikoptereilla sellaisessa ympäristössä, jossa ne voivat hyödyntää maastonsuojaa edetessään. Mikäli maastonsuojaa ei ole mahdollista käyttää, pyritään suoja saamaan aikaan liikkeestä. Tällaisessa tilanteessa helikopterit lensivät mahdollisimman matalalla ja suurella nopeudella. Suuren nopeuden ja pienen lentokorkeuden ansiosta helikoptereilla saavutetaan pienin mahdollinen etäisyys vihollisen ilmatorjunta-aseisiin ja muihin helikopterien torjuntaan soveltuviin, kuten esimerkiksi RPG-7:n kaltaisiin aseisiin. Tällaisissa tilanteissa helikopterin kulmanopeus ampujaan nähden muodostuu suureksi. Suuri kulmanopeuden vuoksi oikea-aikainen ja virheetön ampumasuoritus on vaikea toteuttaa. Maastonmuotojen tuottaman suojan puuttuessa matalalla lentokorkeudella ja suurella nopeudella lentäminen on sähkömagneettisen spektrin keinoja lukuun ottamatta helikopterin ainut tapa suojautua vihollisen asevaikutukselta.

Taulukkoon 1 on koottu konfliktitarkastelussa havaitut Venäjän ilmakomponentin käyttämät lähitulitukeen soveltuvat aselavetit ja aseet. Pääasiassa Venäjän ilmakomponentin aseistuksesta on lähdeaineistossa käytetty aseluokkaa, eikä tyyppinimeä. Tyyppimerkinnät on kuitenkin esitetty, mikäli sellaisia on lähdeaineistossa mainittu. Joissakin lähteissä on esitetty aseiden laukausmääriä. Ampumatarvikkeiden kulutusta voidaan pitää suuntaa-antavana tietona ja siitä voidaan tehdä johtopäätöksiä kunkin aseiden merkityksestä. Konetyyppien päivitysaste on ilmoitettu, mikäli se on aineiston perusteella ollut mahdollista.

**Taulukko 1. Venäjän käyttämät lähitulitukeen soveltuvat ja siihen käytetyt aselavetit ja aseet**

	Tshetshenia I	Dagestan & Tshetshenia II	Georgia	Syyria
<b>Kiinteäsiipiset ilma-alukset</b>	Su-25	Su-25	Su-25 10kpl Su-25SM	Su-34
<b>Kiinteäsiipisten ilma-alusten aseistus</b>	20 000 kpl pommeja 74 000 laukausta raketteja	FAB-500 Ohjautumattomat raketit	Ei mainintaa	FAB-250 FAB-500 KAB-500S
<b>Pyöriväsiipiset ilma-alukset</b>	Mi-24	Mi-24 Ka-50	Mi-24 Mi-24PN	Mi-24 Mi-28N Ka-52 Koulutuskäytössä Mi-35M
<b>Pyöriväsiipisten ilma-alusten aseistus</b>	S-8-raketit Panssarintorjunta-ohjukset	85 000 kpl S-8-raketteja 90 000 laukausta tykin ammuksia	Ei mainintaa	S-8-raketit Panssarintorjunta-ohjukset Tykki

Tämän luvun perusteella luvun 3 asejärjestelmätarkastelussa käsitellään kiinteäsiipisiä Su-25 ja Su-34 -koneita sekä taisteluhelikoptereita Mi-24, Mi-35, Mi-28 ja Ka-52. Lähitulitukeen on käytetty pääsääntöisesti ohjautumattomia raketteja ja vapaasti putoavia pommeja. Su-25-kalustolla käyttö on painottunut molempiin edellä mainittuihin aseisiin. Su-34-konetyypillä on käytetty vapaasti putoavia pommeja sekä ohjautuvia KAB-500S-pommeja. Taisteluhelikopterien aseistus on Mi-24:llä painottunut rakettiaseisiin ja tykkiin. Mi-28:a on käytetty Syyriassa seka-aseistuksella, joka on koostunut todennäköisesti elävää voimaa vastaan tarkoitetuista aseista ja panssarintorjunta-aseista.

### 3. VENÄJÄN LÄHITULITUEN ASEJÄRJESTELMÄT

Aseopin perusteella asejärjestelmällä tarkoitetaan osajärjestelmistä muodostuvaa kokonaisuutta, jonka tarkoituksena on saavuttaa maalissa haluttu asevaikutus. Asejärjestelmä muodostuu aseesta, ampumatarvikkeesta, sekä käytön kannalta välttämättömistä laitteista kuten, ammunnanhallintalaitteista, ajoneuvoista, paikantamislaitteista, mittausvälineistä sekä huolto- ja koulutuslaitteista. Aseet ja asejärjestelmät ryhmitellään tyypillisesti aseiden maalissa vaikuttavan osan, ammuksen ja sen maaliin saattamistavan perusteella ammusaseisiin, ohjuksiin ja täsmäaseisiin, pommiaseisiin, miinoihin, sädeaseisiin sekä taisteluaineisiin. [99, s. 25]

Tässä luvussa käsitellään Venäjän lähitulituen asejärjestelmiä, joita Venäjä on edellisen luvun perusteella käyttänyt viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa. Näiden asejärjestelmien osajärjestelmistä tarkastellaan pääasiassa ampumatarviketta. Luku on jaoteltu alalukuihin siten, että lähitulituen lavetit käsitellään omassa alaluvussaan ja muutoin luku on jäsennelty Yleisen ase- ja asejärjestelmäoppaan [99, s. 25] ryhmittelyperusteiden mukaisesti. Sellaiset aseiden käytön kannalta välttämättömät laitteet, joilla nähdään olevan merkitystä päätutkimuskysymykseen vastaamisen kannalta, käsitellään kunkin aseiden kohdalla.

Tässä luvussa ei käsitellä sädeaseita, taisteluaineita tai miinoja. Edellä mainitut aseet eivät tulleet esille tämän tutkielman luvun 2 tarkastelussa. Sädeaseiden käytöstä ilmasta–maahan vaikuttamisessa ei ole viitteitä. Taisteluaineiden käyttö lähitulituessa on yleisesti tarkasteltuna epätodennäköistä, sillä niiden käyttö lähitulituen määritelmän mukaisesti omien joukkojen läheisyydessä hankaloittaa oman joukon toimintaa. Miinojen käyttöä ilma-aluksesta ei voida tähän tutkielmaan valitun lähitulituen määritelmän perusteella lukea lähitulitueksi, sillä miinoittaminen on luettavissa pikemminkin eristämistehtäväksi.

Ilma-aluksen aseistuksen ensisijaisena tavoitteena on saada aikaan vaikutus maalissa. Kun aseiden haluttu vaikutus maalissa on maalin tuhoaminen, asettaa se vaatimuksia aseiden iskuenergialle tai vaihtoehtoisesti aseiden maalin osumisen seurauksena vapautuvalle energialle. [69, s. 6–7] Onnistunut maalin tuhoaminen vaatii useimmiten taistelukärjen toimintaperiaatteen sopimista haluttuun maalityyppiin. Ilma-aluksesta laukaistavien aseiden taistelukärjet voidaan jakaa vaikutustapansa perusteella kolmeen kategoriaan, joita ovat sirpale- ja painevaikutukseen perustuva taistelukärki, ontelohanoksen vaikutukseen perustuva taistelukärki sekä läpäisyn jälkeiseen painevaikutukseen perustuva taistelukärki [69, s. 8]. Läpäisyn jälkeiseen painevaikutukseen varustetulla taistelukärjellä perustuvat aseet on optimoitu rakennuksia, suojarakenteita, laivoja ja lentotukikohtien rakenteita vastaan. Ontelohanoksen vaikutukseen

perustuva taistelukärki on optimoitu panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Sirpale- ja painevaikutukseen perustuva taistelukärki on monikäyttöisin sen soveltuessa elävää voimaa, rakennuksia, panssaroimattomia ajoneuvoja, ohjuslavetteja, ilma-aluksia ja tutkainstallaatioita vastaan. [69, s. 8] Venäjän ilmakomponentti on käyttänyt laajaa kirjoa raketteja ja vapaasti putoavia pommeja lähitulitukeen. Esimerkkinä todettakoon, että Venäjällä on palveluskäytössä ilmasta–maahan rakettiaseita neljällä tuotenimellä, jotka sisältävät useita eri maalityyppiä vastaan tarkoitettuja ja erilaisella taistelukärjellä varustettuja variantteja. Tämä tutkielma on rajattu Venäjän lähitulituessa käyttämiin, sirpale- ja painevaikutuksen perustuviin, elävää voimaa vastaan käytettyihin aseisiin. Näin ollen tarkastelu kohdistuu rajauksen mukaisiin ammus-, pommi- ja täsmäaseisiin.

### 3.1. Aselavetit

#### Kiinteäsiipiset ilma-alukset

Su-25 on neuvostoliittolainen Sukhoin valmistama lähitulitukeen tarkoitettu rynnäkkökone. [88]. Tarve Su-25:n kaltaiselle lähitulitukikoneelle syntyi, kun toisessa maailmansodassa käytetyt Il-2 ja Il-10 tulivat elinkaarensa päähän. 1940 ja 1950 -luvulla Neuvostoliitossa oli käynnistettyjä suunnitelmia lähitulitukikoneen valmistamiseksi, mutta niiden suunnitteluohjelmat peruttiin. [59, s. 5] Lopulta Su-25:n suunnittelu alkoi vuonna 1968 ja sen prototyyppi lensi ensimmäisen lentonsa vuonna 1975. Su-25 tuli palveluskäyttöön Neuvostoliiton käymässä Afganistanin sodassa 1981, jossa Venäjän ilmavoimilla oli käytössä 12 lentorunkoa. Täysi operatiivinen käytettävyys Su-25:llä saavutettiin 1984 [88].

Su-25:n kussakin siivessä on viisi ripustinta koneen aseistamista varten. On kuitenkin huomattavaa, että koneen toimintamatka ilman lisäpolttoainetta on verrattain lyhyt; ainoastaan 275 kilometriä. [20, s. 174]. Koska koneessa ei ole kiinnityspistettä rungon alla, vievät lisäpolttoainetankit vähintään kaksi ripustinpistettä tasapainon saavuttamiseksi ja lennettävyyden helpottamiseksi. Su-25:n siipien kärkien ripustimissa käytetään lähes jokaisessa tilanteessa itsepuolustukseen tarkoitettuja R-60 ilmasta–ilmaan-ohjuksia [20, s. 173–178]. Näin ollen kuusi ripustinpistettä jää käytettäväksi ilmasta–maahan-aseille. Su-25:n suurin mahdollinen paino lentoonlähdessä on 4 000 kg, mutta käytännön maksimipainona lentoonlähdessä pidetään 1 400kg [88]. Doughertyn esimerkissä [20, s. 178] Su-25:n lähitulitukitehtävän ilmasta–maahan-aseistus sisältää kaksi FAB-500-pommia ja kaksi S-8 rakettkasettia. Yksi ladattu S-8-rakettkasetti painaa 450kg ja yksi FAB-500 noin 500kg [77;



97]. Yhteispainoksi saadaan 1900 kg. Edellä mainittu 1400 kg:n käytännön maksimipaino on johdettu todennäköisesti lisäpolttoaineen tarpeesta, sillä koneen toimintamatka ilman lisäpolttoainetta on lyhyt. Kun kaksi 1053 litran PTB-1050 lisäpolttoainesäiliötä yhdistetään 1400 kg:n ilmasta–maahan aseistukseen, lienee koneen paino lähellä ilmoitettua suurinta mahdollista lentoonlähätöpainoa. Muissa Doughertyn Su-25:n tehtäväkohtaisen aseistuksen esimerkeissä pääpaino on FAB-500 ja S-8 -aseissa, joiden lisänä voidaan käyttää rypälepommeja ja palopommeja [20, s. 173, s. 176].

Tällä hetkellä Venäjällä lähitulitukeen käytettävät Su-25:n päivitysversiot ovat Su-25SM ja sen seuraaja Su-25SM3. Molemmille modernisoiduista varianteista on valmistettu myös kaksipaikkaiset UBM-versiot. Su-25SM-päivitys toteutettiin 2000-vuosituhanen vaihteessa noin 40 prosentille tuolloin käytössä olleille Su-25-lentorungoille. Viivästysten jälkeen toimitusten oli tarkoitus olla valmiina vuoden 2014 lopussa, jolloin toimitettujen koneiden lukumäärä oli tietojen mukaan 80 Su-25SM/UBM lentorunkoa. [88] Arvioiden mukaan vuosien 2012 ja 2020 välillä Venäjän ilmavoimat vastaanottaa 130 Su-25SM-lentorunkoa [59, s. 38]. Lähitulituen asevaikutuksen kannalta huomioitavia päivityksiä Su-25SM/UBM-modernisoinnissa ovat yhteensopivuus S-13-rakettien kanssa. [88] GSh-30-2-tykkiä päivitettiin siten, että sen tulinopeutta voidaan hidastaa 20, 40 ja 80 sekunnin kokonaistulitusaikaan, millä aikaansaadaan aikaisempaa useampia tulituskertoja [59, s. 38]. Su-25:n tykin käytöstä Tshetszeniassa, Georgiassa tai Syyriassa ei ole viitteitä. Se on väitetty myös olevan itsepuolustusase [86, s. 24]. Tykin tulinopeuden säätöön liittyvät päivitykset ilmentävät kuitenkin Venäjän halua saada GSh-30-2 ilmasta–maahan käyttöön.

Su-25SM3/UBM2-modernisointia testattiin ensimmäisen kerran vuonna 2011 [59, s. 40]. SM3-modernisointiprojekti sai alkunsa kesken SM-modernisoinnin, kun neljänestä SM-prototyypistä tuli SM3-modernisoinnin ensimmäinen prototyyppi. Lähitulituen näkökulmasta merkittävimmät SM3-modernisoinnin tuottamat muutokset ovat yhteensopivuus KAB-500S ja KAB-500Kr -pommien kanssa, sekä siipien kärkiin sovitettava UV-26M-järjestelmä [88]. Yhteensopivuus KAB-sarjan ohjautuvien pommien kanssa on saavutettu lentorunkoon SM-modernisoinnin yhteydessä toteutetulla GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmän asentamisella. Elektro-optinen sensorijärjestelmä mahdollistaa tv-ohjattavien KAB-500Kr ohjautuvien pommien käytön. UV-26M on silputus-, soihdutus- ja harhamaalijärjestelmä [88]. Käyttötarkoituksensa vuoksi lähitulitukikoneet voivat toisinaan lentää alueilla, joilla on vihollisen ohjusilmatorjuntaa. UV-26M:n tarkoitus on tuoda Su-25SM3:lle taistelunkestävyyttä harhauttamalla esimerkiksi infrapunaperusteisesti hakeutuvia ohjuksia ja toisaalta myös ilmasta–ilmaan laukaistuja ohjuksia. The Military Balancen [15, s. 202] mukaan Venäjällä on tällä hetkellä 179 Su-25:tä, joista 139 on päivitetty SM tai SM3-tasoon. SM3-koneiden osuus

on vuoden 2019 kesäkuun tiedon mukaan ollut 25 lentorunkoa ja toimitukset Venäjän asevoimille jatkuvat yhä [25].

Su-34 on Sukhoin valmistama Su-27 ilmaherruushävittäjään perustuva kone. Su-34 on pitkän matkan hävittäjäpommittaja, joka on suunniteltu vanhenevien Su-25 ja Su-24 -konetyyppien korvaavaksi rynnäkkökoneeksi. [89] Toisen lähteen mukaan Su-34:n on tarkoitus periaatteella korvata sekä Su-24:n ja Tu-22M3 strategisen pommittajan tehtävät [47]. Koneelle sopivat useat tehtävätyypit, kuten vihollisen ilmapuolustuksen lamauttaminen, lähitulituki ja eristäminen sekä stand-off-aseiden mahdollistamat ohjusiskut vihollisen syvyyteen. Stand-off-aseilla tarkoitetaan pitkän ampumaetäisyyden mahdollistavia aseita, kuten ohjuksia, jotka voidaan laukaista sellaiselta etäisyydeltä kohteeseensa, ettei vihollisen aktiiviset puolustustoimenpiteet konetta vastaan ole mahdollisia. Konetyypin kehitys on alkanut jo 1980-luvulla ja sen ensilento tapahtui vuonna 1994. Ensimmäiset 12 lentorunkoa oli määrä toimittaa Venäjän asevoimille vuonna 1998, mutta toimitus jäi toteutumatta [89]. Toimitusongelmat ovat jatkuneet nykypäivään asti. Vuoteen 2015 mennessä oli määrä olla toimitettuna 58 lentorungon lautta, mutta tavoiteltu lukumäärä ei täyttynyt, kuten eivät muutkaan 2000-luvun toimitustavoitteet [89]. Nykyisin Venäjän ilmavoimilla arvioidaan olevan yli sata Su-34-lentorunkoa [22]. Eräässä lähteessä väitetään, että julkituotujen sopimusten ja toimitustietojen perusteella Venäjän ilmavoimille luovutettujen koneiden kokonaislukumäärä on 134 kappaletta, joka sisältää seitsemän prototyyppiä [65]. The Military Balancen mukaan Su-34-koneiden määrä Venäjän asevoimissa on 112 kappaletta [15, s. 202]. Todellinen konemäärä lienee siis 112–127 lentorunkoa, kun prototyyppijä ei oteta mukaan lukuun.

Koska Su-34 on lentorunkona verrattain uusi, on se oletettavasti yhteensopiva valtaosan nykyisin käytössä olevan aseistuksen kanssa. Koneeseen sopivat useat Kh-tyypimerkityt ilmasta–maahan-ohjukset. Su-34 yhteensopivia ilmasta–maahan-ohjuksia ovat Kh-59ME, S-25LD sekä Kh-29:n T-, TE- ja L-variantit [89]. Kh-29:t ovat taktisia 8–15 kilometrin kantaman etäisyydeltä laukaistavia televisio- ja laserohjattuja ohjuksia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi panssaroituja ja suojattuja kohteita vastaan. Kh-59 variantteineen ovat variantista riippuen 40–290km etäisyydeltä laukaistavia raskaita ohjuksia, joiden taistelukärki on suunniteltu erilaisten suojarakenteiden lävistämistä varten. [14, s. 26–28, s. 36–38] S-25LD puolestaan on ohjautumattoman S-25OFM-raketin pohjalta rakennettu laserhakuinen ohjus [14, s. 78–79]. Kh-59 palvelee enemminkin Su-24:ltä ja jopa Tu-22M3:lta konetyypiltä periytyviä pommitustehtäviä. Lähitulitukeen Kh-59 on liian raskas, eikä sitä ylipäättään ole tarkoitettu käytettäväksi omien joukkojen läheisyydessä tai taistelussa olevaa kevyesti suojattua elävää voimaa vastaan. Kh-29 ja S-25LD -ohjusten käyttö lähitulituessa olisi perusteltavissa, mutta niiden ohjautusmenetelmän vuoksi ohjustyyppien käyttö lähitulituessa juuri Su-34:ltä laukaistuna

vaikuttaa epätodennäköiseltä. Televisio- ja laserohjatut ohjukset ovat olosuhderiippuvaisia ja esimerkiksi Georgian sodan ensipäivinä ne olisi pitänyt laukaista samoilta 100–200 metrin korkeuksilta, kuin millä Su-25 siellä matalan pilvikorkeuden vuoksi toimi. Arvokkaalla aselavetilla vihollisen ilmatorjunnan vaikutusalueella lentämistä halutaan välttää, joten Su-34:ä ei todennäköisesti haluta käyttää lähitulituessa Kh- tai S-25LD -ohjuksilla.

Su-34:ssä on lisäksi 30mm kaliiperin GSh-301-tykki, jonka ammustäyttö on 150 ammusta [89]. Pienen ammusmäärän ja tavoitteen lentää vihollisen ilmatorjunnan kantaman ulkopuolella se lienee tarkoitettu ilmataistelussa käytettäväksi muiden aseiden loputtua. S-8, S-13 ja S-25 -raketit ovat myös yhteensopivia Su-34:n lentorunkoon [89]. Koneella tavoiteltavan lentokorkeuden vuoksi niiden käyttö vaikuttaa epätodennäköiseltä, eikä tarkastelluissa lähteissä ole tullut ilmi ohjautumattomien rakettien käyttöä. Kiinnostavin suorituskyky, jonka Su-34 tuo venäläiseen lähitulitukeen on KAB-perheen ohjautuvat pommit. Niillä saataneen aikaan lähes vastaava vaikutus, kuin Su-25-rynnäkkökoneelta runsaasti käytetyllä FAB-500-pommilla, mutta suuremmalta korkeudelta ilman merkittävää tarkkuuden huononemista. Tulenkäyttö suuremmilta korkeuksilta pienentää koneen menettämisen riskiä vihollisen ilmatorjuntatulen seurauksena. Su-34 on yhteensopiva kaikkien KAB-sarjan ohjautuvien pommien kanssa [89].

## Helikopterit

Mi-24 on neuvostoliittolaisvalmisteinen MIL:n suunnittelema ja valmistama helikopteri, jonka suunnittelu alkoi vuonna 1966. Suunnittelun lähtökohtana oli saada aikaan taisteluhelikopteri, jolla voitaisiin kuljettaa kahdeksaa sotilasta. [53] Helikopterista on suuri määrä eri variantteja, joista tässä tutkimuksessa on tullut esille Georgian taisteluissa tulikasteen saaneet Mi-24PN-taisteluhelikopterit ja Syyriassa Hmeimimin lentotukikohdassa sijaitsevat Mi-35-taisteluhelikopterit. Mi-35 perustuu pitkälti Mi-24-taisteluhelikopteriin, sillä se on alun perin Mi-24:n vientiversio, jota on sittemmin päivitysten myötä otettu myös Venäjän asevoimien omaan käyttöön [53]. The Military Balancen [15, s. 202] mukaan Venäjän Mi-24-taisteluhelikopterit ovat Mi-24P-taisteluhelikoptereita ja niitä on yhteensä 100 kappaletta. Mi-24P on Georgian sodassa ensi kertaa käytetyn Mi-24PN-taisteluhelikopterin edeltäjä. Mi-24P-päivityksessä helikopterin 12,7mm konekivääri korvattiin 30mm kaliiperin GSh-2-30-tykillä ja helikopterin pääaseistukseen kuuluivat S-8, S-13 ja S-24 ohjautumattomat raketit [57, s. 17]. Mi-24PN modernisoinnissa helikopterista tehtiin pimeätoimintakykyinen [57, s. 21–22].

Mi-24P päivitys tehtiin 620 lentorungolle vuosien 1981 ja 1989 välillä [57, s. 17]. Sitä seuranneen Mi-24PN päivityksen tuotantomäärät jäivät kuitenkin pieniksi; vuoteen 2006

mennessä tiedetään ainoastaan 26 helikopterin toimituksesta. Mi-24PN-päivityksessä helikopterin paikannusjärjestelmille ja elektro-optisille järjestelmille tehtiin päivityksiä, mutta asevaikutuksen kannalta merkittävin muutos oli vapaasti putoavien pommien sekä S-5 ja S-25 -rakettien yhteensopivuuden poistuminen. PN-päivityksen jälkeen aseistuksena voitiin käyttää ainoastaan S-8 ja S-13 -raketteja sekä ripustimeen kiinnitettävää 23mm tykkiä [53]. Mi-24PK-2 ja Mi-24VK-2 -päivitysten sanotaan tekevän helikopterista Mi-24PN-päivitystä suorituskykyisempiä, mutta niiden tuotanto ei ole edennyt rahoituksen puuttumisen vuoksi [53].

Mi-35M sai alkunsa, kun Venezuela tilasi vuonna 2006 Venäjältä Mi-24:n vientiversiota. Tilauksen myötä uusin Mi-24-variantti Mi-35M tuli tuotantoon. [57, s. 23] Myös Venäjä tilasi kesäkuussa 2010 Mi-35M-taisteluhelikoptereita. Tilattujen helikoptereiden lukumäärä oli 22 kappaletta [53]. Vuoden 2019 tiedon mukaan Venäjän asevoimille on toimitettu yli 60 Mi-35M-helikopteria [15, s. 202]. Mi-35M:n kahdeksan ripustinta mahdollistaa seka-aseistuksen käytön. Mi-35M:n aseistus käsittää panssarintorjuntaohjukset sekä S-8 ja S-13 -raketit [56]. Helikopterin keulaan voidaan asentaa 23mm kaliiperin GSh-23V-tykki. Myös ripustimiin voidaan kiinnittää eräänlainen rajapinta, jonka englanninkielinen termi on *gun pod*, johon on mahdollista asentaa 23mm tykki. [52]

Mi-28 on MIL:n valmistama taisteluhelikopteri, jonka suunnittelutyö alkoi vuonna 1980. Ensilento koneen prototyypillä lennettiin jo vuonna 1982. [55] Projektia hidastivat Neuvostoliiton hajoamista seuranneet rahoitusongelmat sekä Mi-28:n häviäminen testeissä samoihin aikoihin kehitteillä olleelle Ka-50-taisteluhelikopterille. Testien seurauksena Venäjän maavoimat ilmoitti vuonna 1994, että Ka-50 on maavoimien valinta tulevaisuuden kevyeksi taisteluhelikopteriksi [55]. Vaikeuksista huolimatta Mi-28-kehitysohjelma säilytettiin. Palveluskäyttöön Venäjän asevoimille Mi-28N tuli vuonna 2009 ja tällä hetkellä Venäjällä on yli 90 Mi-28N-taisteluhelikopteria [15, s. 202; 55].

Mi-28N on pimeätoimintakykyinen joka sään taisteluhelikopteri. Helikopterin aseistus käsittää keulaan integroidun Shipunovin valmistaman 30mm kaliiperin 2A42-tykin ja sen siivekkeissä on yhteensä neljä kiinnityspistettä. Kiinnityspisteisiin voidaan liittää panssarintorjuntaohjuksia, raketteja ja gun podeja tarpeen mukaan. [54] Raketeista yhteensopivia ovat S-8 ja S-13 -perheen raketit ja gun podiin voidaan kiinnittää 250 ammuksen 23mm GSh-23L-tykki. Panssarintorjuntaohjuksista yhteensopivia ovat Shturm, Khrizantema-M ja Ataka. Tyypillinen Mi-28N asekuorma tehtävälle lähettäessä on 16 Shturm panssarintorjuntaohjusta ja kaksi 20 S-8 raketin B8V20-A-rakettikasettia. [55]

Ka-52 on taisteluhelikopteri, jonka suunnittelu on alkanut Ka-50 projektin ohessa 1990-luvun puolivälissä. [39] Merkittävin ulkoinen ero Ka-50-taisteluhelikopteriin nähden on se, että Ka-

52 on kaksipaikkainen. Kuten edellä on mainittu, Ka-50 sai tulikasteensa Tshetsshenian toisessa sodassa. Ka-50 projekti kuitenkin hylättiin vuonna 2004, kun Venäjän asevoimat päättivätkin valita Mi-28N:n tulevaisuuteen taisteluhelikopteriksi [38]. Ilmoituksen jälkeen vielä joitakin Ka-50-taisteluhelikoptereita on valmistettu, kunnes tuotanto ajettiin alas kokonaan. Vaikka Ka-50 tuotanto päätettiin, se ei vaikuttanut Ka-52 tuotantoon. Ka-52-taisteluhelikoptereiden osuus Venäjän kaikista taisteluhelikoptereista on suurin; niiden lukumäärä Venäjän asevoimissa on väitetyksi 117 lentorunkoa [15, s. 202].

Lopulta Ka-52 hyväksyttiin muodollisesti käyttöön Venäjän asevoimille vuonna 2010. Ka-52 on varustettu Shipunovin 30mm kaliiperin 2A42-tykillä. Helikopterin siivekkeissä on yhteensä neljä ripustuspistettä. Ka-52:n ilmasta–maahan-aseistus käsittää Vikhr ja Ataka -panssarintorjuntaohjukset sekä ohjautumattomat S-8 ja S-13 -raketit. Erona muihin Venäjällä käytössä oleviin taisteluhelikoptereihin Ka-52:lla voidaan käyttää myös FAB-500-pommeja ja Kh-25MP säteilyyn hakeutuvaa ohjusta eli ARM:a (engl. *anti-radiation missile*). [39]

Venäjän asevoimien taisteluhelikoptereiden lukumäärien perusteella ja niiden kehitysohjelmien perusteella vaikuttaa siltä, että Mi-24:stä ollaan luopumassa. Olivat The Military Balancen [15, s. 202] tietojen mukaiset Venäjän 100 Mi-24-taisteluhelikopteria P-variantteja tai edes osaksi pimeätoimintakykyisiä PN-variantteja, on lentorunko auttamatta vanhentunut. Vaikuttaa siltä, että tällä hetkellä Ka-52 ja Mi-28N -kalustoa käytetään rinnan hieman ja hieman eri käyttötarkoituksiin korvaamaan Mi-24:n vanhenemisen myötä poistuvaa suorituskykyä. Helikoptereiden aseistuksen perusteella Mi-28N vaikuttaa olevan panssarintorjuntaan profiloitu taisteluhelikopteri. Ka-52:n aseistus ei ole niin spesifioitu. Panssarintorjuntaan Ka-52:lla vaikuttaa olevan käytössä ainoastaan laserohjauksen vuoksi olosuhderiippuvaiset Vikhr ja Ataka -ohjukset, kun taas Mi-28N:llä on käytössä radio-ohjattu Shturm sekä tutkaohjattu Khrizantema-M. Ka-52:n yleiskäyttöisyys tulee ilmi myös siitä, että se voidaan aseistaa vapaasti putoavilla pommeilla ja säteilyyn hakeutuvilla ohjuksilla Venäjän taisteluhelikoptereille tyypillisten ohjautumattomien rakettien lisäksi.

Mi-35M:n käyttötarkoitus jää toistaiseksi epäselväksi. Mi-24:n hiljalleen korvaavien Ka-52 sekä Mi-28N ovat tulleet palveluskäyttöön Venäjän asevoimille vuosina 2009 ja 2010. Niiden käyttötarkoitukset ovat aseistuksen perusteella hieman erilaiset, minkä perusteella niiden yhtäaikaisten palveluskäyttö on järkevästi perusteltavissa. Kumpikin edellä mainituista taisteluhelikoptereista sai tulikasteensa Syyrian sisällissodassa keväällä 2016. Venäjän ilmakomponenttiin kuului kesäkuun 2019 tiedon mukaan ainoastaan Mi-35M-taisteluhelikoptereita, jotka olivat pääasiassa koulutusikäisiä. Mi-35M-kaluston siirtäminen koulutusikäisiin Syyriaan viittaa siihen, että kyseinen taisteluhelikopteri on tulossa operatiiviseen käyttöön lentäjien kouluttamisen myötä. Ainakin The Military Balancen [15, s.

202] lukumäärien perusteella Ka-52:n korvaaminen Mi-35M:llä vaikuttaa epätodennäköiseltä. Toisaalta epätodennäköiseltä vaikuttaa myös Mi-28:n korvaaminen, sillä se menestyi hyvin Palmyran taisteluissa Syyriassa ja Riehunkankaan [68, s. 129] mukaan nimenomaan panssarintorjunta-aseiden vuoksi sen käyttö lähitulituessa on perusteltavissa.

### 3.2. Ammusaseet

Ammusaseet määritellään yleisesti sellaisiksi aseiksi, jotka antavat ammukselle tai raketille tietyn lähtösuunnan ja -nopeuden. Ammustyypit vakavoidaan joko saattamalla ammus aseeseen putkessa pyörimisliikkeeseen tai rakenteellisesti pyrstön tai siivekkeiden avulla. [99, s. 26] Tässä tutkimuksessa analysoidun tiedon perusteella lähitulitukseen tarkoitetuissa koneissa on tyypillisesti konetykki, joita lentorunkoon integroinnin lisäksi voidaan asentaa ripustimiin. Venäjän ilmakomponentin lähitulituessa käytettyjä raketteja ovat S-8, S-13, S-24 ja S-25 -raketit, joista tässä alaluvussa käsitellään ne, jotka ovat vaikutustapansa perusteella soveltuvia elävää voimaa vastaan käytettäväksi eli niissä on sirpale- ja painevaikutukseen perustuva asevaikutus.

### Tykit

Tykkien edeltäjinä lentokoneissa käytettiin konekiväärejä. Ensimmäisessä maailmansodassa käytettyjen konekiväärien kaliiperit olivat tyypillisesti 6,5–7,9 mm luokkaa, josta ne toisen maailmansodan loppuun mennessä kasvoivat nykymittoihinsa. Vaikka toisen maailmansodan lopulla nähtiinkin jopa 50mm kaliiperin tykkejä, on nykyisin esimerkiksi eurooppalaisten lentokoneiden tykkien kaliiperi tyypillisesti 25–30mm. 1950-luvulla ohjusten ajateltiin syrjäyttävän tykit. Tykit ovat kuitenkin ainoa ase, jolla ilmataistelussa kyetään ampumaan lyhyille, alle 500m, etäisyyksille. Ohjuksilla ammunta lyhyelle etäisyydelle ei onnistu aseiden lähikatveen vuoksi. [42, s. 35–36] Tykkien käyttö ei kuitenkaan rajoitu ilmataisteluun, vaan sitä käytetään myös lähitulitukitehtävissä. Esimerkiksi yhdysvaltalainen Fairchild Republicin valmistama lähitulitukikone A-10 Thunderbolt II on suunniteltu 30mm kaliiperin GAU-8-konetykin ympärille [61].

GSh-30 on neuvostoliittovalmisteinen 30mm konetykki, jonka eri variaatioita voidaan asentaa ilma-aluksiin joko siipeen ripustettuna tai suoraan lavettiin integroituna. Su-25:een on integroitu tykin kaksiputkinen versio, josta käytetään lähteestä riippuen nimitystä GSh-30-2 tai

GSh-2-30. GSh-30-2 suurin ampumaetäisyys on 4000m ja sen suurin tulinopeus on 3000 laukausta minuutissa. Niissä Mi-24-taisteluhelikoptereissa, joissa on 30mm tykki, on GSh-30K versio. GSh-30K eroaa GSh-30-2:sta pääasiassa aseiden putken mitassa. GSh-30-2 putken mitta on 1500mm ja GSh-30K putken mitta on 2400mm. [14, s. 83; 91] GSh-30-2 ja GSh-30K ampumatarvikkeet on esitetty tämän tutkimuksen liitteessä 1.

2A42 on Shipunovin ja Gryazevin suunnittelema 30mm kaliiperin monikäyttöinen tykki, joka on tarkoitettu asennettavaksi taisteluajoneuvoihin ja helikoptereihin. Tykin suunnittelu alkoi 1970-luvulla ja sen oli tarkoitus kasvattaa rynnäkkövaunu BMP-1:n taistelukykyä. BMP-2-rynnäkkövaunun, jossa myös on 2A42, runsas käyttö ja siitä saadut positiiviset havainnot nostivat 2A42:n kiinnostavuutta helikopterisuunnittelijoiden silmissä. Lopulta 2A42 adaptoitiin myös helikopteritykiksi. [1]

2A42 on asennettu Mi-28N ja Ka-52 -taisteluhelikoptereihin, kuten edellä on kirjoitettu. Huomattavaa on, että 2A42:n tykkikehto mahdollistaa ampumisen muuallekin, kuin helikopterin lentosuuntaan, kuten GSh-tykeillä. 2A42 liikkuu kehdoissaan 110° sivusuuntiin, 13° ylös ja 40° alas nollakohdastaan [1]. Liikkuva kehto nostaa tykin käyttöarvoa merkittävästi. 2A42:n ampumatarvikkeet ovat 30 x 165mm kranaatteja, jotka ovat hyvin samankaltaisia GSh-30-tykin ampumatarvikkeeseen nähden. Merkittävin ero ampumatarvikkeiden välillä on, että 2A42:n ammuksen lähtönopeus on hieman GSh-30-tykin lähtönopeutta suurempi. Venäjällä on käytössä ilma-aluksien 2A42-tykkeihin OFZ-ampumatarviketta ja valojuovallista panssarisytytysampumatarviketta, jonka venäläinen nimike on BT [2]. 2A42:n tulinopeus on hitaalla asetuksella 200–300 laukausta minuutissa ja nopealla asetuksella 550–800 laukausta minuutissa [1]. 2A42:n tehokas ampumaetäisyys on 3 000 metriä [2]. 2A42 ampumatarvikkeiden ominaisuuksia on esitelty tämän tutkimuksen liitteessä 2.

## Raketit

Raketilla tarkoitetaan ammusasetta, joka saa liike-energiansa omasta rakettimoottoristaan. Raketit koostuvat taistelukärjestä, moottorista, rungosta ja vakautusjärjestelmästä. Raketeille on ominaista suuri hetkellinen tulinopeus, tehokas asevaikutus, yksinkertainen ja edullinen rakenne, mutta myös suuri hajonta ja pieni osumatodennäköisyys. Rakettien taistelukärkinä käytetään käyttötarkoituksesta riippuen monikäyttö-, ontelo- tai sirpalekärkiä. Rakettien työntövoima on suoraan verrannollinen rakettimoottorin ruudin palonopeuteen. Ympäröivällä lämpötilalla on vaikutusta palonopeuteen ja siten myös työntövoimaan. Runsaat lämpötilavaihtelut voivat aiheuttaa huomattavia pituushajontavirheitä, joka merkitsee sitä, että

tähtäinjärjestelmässä tulee huomioida lämpötilan aiheuttama työntövoimavaihtelu. [42, s. 59] Rakettimoottorin polttoaine on yleensä joko kiinteää tai nestemäistä. Tyypillisesti rakettimoottori sisältää ruudin palamiseen tarvittavan hapen, jolloin rakettimoottorin toiminta ei ole sidottu ilmakehään. [99, s. 26]

Ensimmäisen kerran lentokoneraketteja käytettiin ensimmäisessä maailmansodassa, jolloin ranskalaiset kokeilivat niitä ilmalaivoja ja tähystyspalloja vastaan. Niiden uudelleenkehittyminen hiukan ennen toista maailmansotaa Neuvostoliiton toimesta. Neuvostoliiton I-16-hävittäjät ampuivat syksyllä 1938 alas kaksi japanilaista A5M-hävittäjää. Neuvostoliiton lisäksi myös Saksa käytti ilmataisteluraketteja. Ensimmäisenä raketteja ilmasta-maahan-aseina käyttivät englantilaiset, joilla oli 1941 alkaen käytössään ”U”-maataisteluraketteja. Toisen maailmansodan jälkeen raketti oli merkittävin lentokonease niin ilmataistelu-, kuin tulitukitehtävissäkin. [42, s. 59]

Kaikki Venäjän asevoimilla palveluskäytössä olevat ohjaamattomat raketit on kehitetty Nudelman Tomasch -yhtiön toimesta Moskovassa tarkoituksenaan tarjota Venäjän asevoimille ja sen silloisille liittolaisille rakettiperhe useita käyttötarkoituksia varten. 1970-luvun lopulla Nudelman Tomasch lakkautettiin ja vastuu rakettien päivitys- ja kehittämistyöstä siirrettiin *Institut Prikladnoy Fiziki*:lle Novosibirskiin. Venäjällä on kehitetty kymmenittäin rakettityyppejä, joiden merkittävin keskinäinen ero on niiden taistelukärjen toiminnassa. Ensimmäisenä kehitetty ja pienimmäksi jäänyt raketti on 57mm kaliiperin S-5, joka ei enää ole palveluskäytössä Venäjällä. Nykyisin käytössä oleva rakettisukupolvi on kehitetty 1970-luvulla ja se sisältää S-8 ja S-13 -rakettiperheet variantteineen sekä lisäksi S-24 ja S-25 -raketit. Näiden rakettien kaliiperit vaihtelevat 80–420mm välillä ja niiden eri varianttien taistelukärkien toimintaperiaatteet vaihtelevat raketin käyttötarkoituksen perusteella. [14, s. 77; 77] Alla on esitelty kunkin rakettiperheen asevaikutukseltaan sirpalevaikutukseen perustuvat raketit.

S-8 on konventionaalinen ohjaamaton raketti, jossa on pietsosähköinen sytytin, rakettiruutimoottori ja kuusi moottorisuuttimen taakse avautuvaa siivekettä. S-8:lla on 5800N työntövoima ja moottorin paloaika on 0,7 sekuntia. [14, s. 77] S-8 ei ole enää tuotannossa ja nykyisin rakettiperheen elävää voimaa vastaan tarkoitettua rakettia edustaa S-8OFP. S-8OFP nimetty variantti on OF-raketin paranneltu versio. Parannellussa versiossa raketin runkoa on ohennettu ja sen paloaine on vaihdettu tehokkaammaksi. Näiden päivitysten myötä OFP:n taistelukärkeä on kyetty kasvattamaan. OFP:n taistelukärjessä on 2,9kg räjähdeainetta ja räjähtäessään siitä leviää ympäristöön tuhansia sirpaleita, joista suurimmat ovat massaltaan 6 grammaa. [77]



S-8-rakettiperheen muut raketit on tarkoitettu muita käyttökohteita vastaan. S-8D/DM-raketit sekä S-8DF ovat polttovaikutukseen perustuvia raketteja. S8B/BM-rakettien toiminta perustuu suojarakenteiden tuhoamiseen ja läpäisyyn. S-8T on kaksitoimisella taistelukärjellä varustettu variantti, joka on tarkoitettu reaktiivipanssaroituja ajoneuvoja vastaan. S-8KO/KOM puolestaan on suunniteltu käytettäväksi ensisijaisesti panssarivaunuja ja kevyesti panssaroituja ajoneuvoja vastaan. S-8-rakettiperheen erikoisampumatarvikkeita edustavat S-8P/PM, S-8O/OM ja S-8TsM. Näistä ensin mainittu on tutkataajuusalueen häirintään tarkoitettu omasuojaraketti, toiseksi mainittu on valaisuraketti ja viimeinen on merkinantoon tarkoitettu savuraketti. [14, s. 77; 77; 78; 80; 81; 82; 83; 84]

B-8-laukaisimia eli rakettikasetteja suunniteltiin rinnan S-8-rakettien suunnittelun yhteydessä. B-8-laukaisimista B-8M1 on 20:lle S-8-raketille soveltuva rakettikasetti, jota käytetään nopeissa rynnäkkökoneissa. B-8V20 on 20:n raketin kasetti, jota käytetään pääasiassa helikoptereissa. B-8V7 on seitsemän raketin kasetti, joka on tarkoitettu hyvin kevyille rynnäkkökoneille ja esimerkiksi aseistetuille harjoituskoneille. [77] Su-25:ssä käytetään B-8M1-rakettikasettia ja taisteluhelikoptereissa käytetään B-8V20-rakettikasettia. Kuvauksen perusteella B-8V7 ei sovellu tässä tutkimuksessa tarkasteltaviin ilma-aluksiin. Sitä saatetaan käyttää lentäjien kouluttamiseen tarkoitetuissa Su-25:n UB ja UBM -varianteissa.

S-13 raketit kehitettiin 1970-luvulla tarpeeseen saada ase, jolla kyettiin läpäisemään kiitoteitä, vahvennettuja rakennuksia ja suojarakenteita vastaan. S-13-raketin perusversio on konventionaalinen 122mm kaliiperin ohjaamaton raketti, joka lävistää 3m maata tai 1m teräsbetonia. Kaikissa S-13-rakettiperheen raketeissa on sama rakettimoottori ja pakokaasusuutin, kuin S-13-raketissa. [14, s. 78; 70] Kuten S-8-perheen raketeissakin, raketin runko on kaikilla varianteilla sama, mutta niiden taistelukärki vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. S-13-raketit laukaistaan rynnäkkökoneista B-13L-kasetilta ja helikoptereista B-13L-1-kasetilta. Kunkin B-13-rakettikasetin täysi rakettituliannos on viisi raketia. [70]

S-13OF on raketti, joka on suunniteltu henkilöstöä ja materiaalia vastaan. Sen taistelukärjessä on 6,9kg räjähdeainetta ja 450 esisirpaloitua 20–35g sirpaletta. [14, s. 78; 70; 72] Muita S-13-perheen raketteja ovat kaksitoimisella taistelukärjellä varustettu tunkeumaraketti S-13T ja polttovaikutukseen perustuva S-13D. [14, s. 78; 70; 71; 73]

S-24 raketit ovat kaliiperiltaan 240mm ja S-25 rakettien kaliiperi on 266mm. Ilmasta–maahan-rakettien kehitys kiihtyi voimakkaasti Neuvostoliitossa toisen maailmansodan jälkeen ja nämä rakettityypit ovat viimeisiä raketteja, jotka kehitettiin ennen ensimmäisiä ilmasta–maahan ohjuksia. Vaikka S-24 ja S-25 raketit ovat Venäjällä käytössä olevista raketeista tuoreimpia, on niitä tuotettu vain pieniä määriä, S-24-raketteja vähemmän, kuin S-25-raketteja. Kyseisiä

raketteja on kuitenkin viety ainakin Kiinaan ja raketteja valmistetaan lisenssillä Iranissa nimellä Shafaq. S-24 on liitetty useisiin vahinkolaukauksiin, minkä vuoksi sen käyttö on rajoitettua Venäjän asevoimissa. [74] Toisin, kuin S-8 ja S-13 -raketeissa, S-24 ja S-25 -rakettien laukaisemiseen ei käytetä rakettikasettia, vaan ne ripustetaan yksittäisinä raketteina ilma-aluksen ripustimiin.

S-24 on paine- ja sirpalevaikutukseen perustuvalla taistelukärjellä varustettu raketti. Taistelukärki painaa 23,5kg ja räjähtäessään siitä leviää 4000 sirpaletta jopa 300–400 metrin etäisyydelle räjähdyksestä. Raketista on päivitysversio, jossa on käytössä heräesytytin. Heräesytyttimen tarkoituksena on sytyttää taistelukärki 30 metrin korkeudella maanpinnasta. Toinen S-24 variantti on S-24B, joka on tarkoitettu suojarakenteiden lävistämiseen ja toimii viivesytytyksellä. [74]

S-25 on S-24:n seuraaja ja viimeinen Neuvostoliitossa kehitetyistä raketeista. S-25 tyyppimerkinnällä tarkoitetaan ainoastaan raketin runkoa, johon voidaan asentaa käyttötarkoituksen perusteella sopiva taistelukärki, toisin kuin S-25:ttä edeltäneillä rakettityypeillä. S-25-O on S-25 runko, joka on varustettu 420mm ylikaliiperitaistelukärjellä. S-25-O:n vaikutus perustuu kraanatinkaltaiseen taistelukärkeen, jossa on esisirpaloitu teräsrunko. Taistelukärjen kärjessä oleva sytytin räjäyttää taistelukärjen esivalinnan mukaisesti joko 5 tai 20 metrin korkeudella maan pinnasta ja alueelle leviää 10 000 sirpaletta. [14, s. 78–79; 74]

Muita S-25 variantteja ovat S-25-OF ja sen päivitetty versio S-25-OFM. S-25-OF on varustettu sirpale- ja painevaikutukseen perustuvalla ylikaliiperitaistelukärjellä ja on tarkoitettu käytettäväksi rakennuksien ja muun infrastruktuurin tuhoamiseen. S-25OFM:n on lisätty viivesytytysvaihtoehto, joka tekee siitä käyttökelpoisen myös suojarakenteita vastaan. [74] Myöhemmin S-25OFM-rakettiin sovitettiin Kh-25ML-ohjuksen puoliaktiivinen laserhakupää. Tämä, tyyppimerkinnällä S-25L varustettu ase tuli palveluskäyttöön 1979 ja vuonna 1984 sen 10km saavuttava päivitysversio S-25LD. Ohjautuvuuden perusteella nämä aseet kuitenkin täyttävät jo ohjuksen kriteerit, joten niitä ei voida kutsua rakettiaseiksi. Ohjautuvuutta yritettiin sovittaa myös pienemmän kaliiperin S-8 ja S-13 -raketteihin, mutta S-8 ja S-13 -raketteihin perustuvat ohjautuvat aseet eivät ole edenneet tuotantoon [14, s. 78–79].

### 3.3. Ohjukset ja täsmäaseet

Ohjuksilla ja täsmäaseilla tarkoitetaan kaikkia niitä asejärjestelmiä, jossa ase- ja vaikutusosan lentorataan voidaan vaikuttaa laukaisun jälkeen osumatarkkuuden parantamiseksi. Tällaiset asejärjestelmät voidaan jakaa ohjuksiin ja täsmäaseisiin. Ohjusjärjestelmällä tarkoitetaan asejärjestelmää, jonka vaikutusosana on ohjus ja se sisältää ohjuksen lisäksi kaikki sellaiset laitteet ja välineet, joita tarvitaan maalin havaitsemiseen ja seuraamiseen, ohjuksen toimintavalmiiksi saattamiseen, laukaisuun, ohjauskomentojen muodostamiseen sekä lähettämiseen. [99, s. 28]

Ohjus on taistelulatauksen tai muun sotilaallisen hyötykuorman kuljettava miehittämätön taisteluväline, joka moottorin kuljettamana tai liikkeen saattamana liikkuu kohteeseensa ohjattuna tai hakeutuen. Ohjuksen ohjautuminen tai hakeutuminen voi tapahtua joko kokonaan tai osittain maanpinnan yläpuolella olevalla, ennalta ohjelmoidulla tai jatkuvaan mittaukseen perustuvalla reitillä. Termillä täsmäase puolestaan tarkoitetaan maamaaliin hakeutuvan asejärjestelmän vaikutusosia. Täsmäaseisiin sisältyvät hakeutuvat pommit ja ammuksiset sekä tytärammukset. [99, s. 28]

Ohjattavien asejärjestelmien jako ohjuksiin ja täsmäaseisiin ei kuitenkaan ole yksiselitteinen. Hakeutuviin pommeihin voidaan kiinnittää rakettimoottori kantaman lisäämiseksi, jolloin ne voidaan määritelmällisesti luokitella ohjuksiksi. Tällaisessa tapauksessa täsmäase, esimerkiksi ohjautuva pommi, täyttää myös ohjuksen määritelmän. [99, s. 28]

Yhdysvaltojen saavutettua menestystä laser-ohjattujen pommien käytössä Vietnamista, kasvoi Neuvostoliiton kiinnostus ohjattaviin pommeihin. Venäjällä ohjautuvien pommien kehitystyö alkoi vuonna 1972 ja johti ensimmäisen laser-ohjatun pommin, KAB-500L:n, palveluskäyttöön ottamiseen vuonna 1975. Myöhemmin pommista kehitettiin myös tv-ohjattava versio KAB-500Kr. Molempia edellä mainittuja pommeja on 500kg:n ja 1500kg:n kokoisina ja ne voidaan varustaa erilaisilla taistelukärjillä. Pommit voidaan pudottaa koneesta, jonka nopeus on 152–305 m/s ja korkeus 500–5 000 metriä. [42, s. 57–58]

Edellä mainittujen ohjautuvien pommien käytöstä lähitulituessa ei ole juurikaan viitteitä. Sen sijaan KAB-500S vaikuttaa olevan Venäjän ilmakomponentin lähitulituen perusase tulevaisuudessa. Lähitulitukitehtävien siirtyminen Syyriassa Su-34:lle mahdollistaa niiden toteuttamisen aikaisempaa korkeammalta lentokorkeudelta ja KAB-500S:n satelliittidataan ja inertiaan perustuvalla ohjautuvuudella se ei ole niin suuresti riippuvainen olosuhteista, kuin laser- ja televisio-ohjatut aseet.

KAB-500S on GPS ja GLONASS -paikannusjärjestelmiä hyödyntävä ohjautuva pommi. KAB-500S:n suunnittelutyö on alkanut vuonna 2000 ja se on jatkoa KAB-500L ohjautuville pommeille. KAB-500S käyttää konventionaalisen 500kg:n vapaasti putoavan pommin runkoa, jonka pyrstöön on lisätty ohjausosa ja sen kärjessä on hakupää. Pyrstön ohjausosa vaikuttaa olevan samanlainen, kuin mitä KAB-sarjan edeltäjissä on käytetty. Pommi voidaan laukaisuta 500–5 000 metrin korkeudelta. Pommin CEP (engl. *circular error propable*, keskihajonta) on 7–12 metriä. Pommin taistelukärki on 460 kg ja se sisältää 195kg räjähdettä. Pommissa on valittavana iskusytytys tai viivesytytys. [37]

### 3.4. Pommiaseet

Ensimmäinen lentopommitus on suoritettu italialaisten toimesta pudottamalla neljä noin 2kg painavaa pommiä turkkilaisten joukkoon. Ensimmäisen maailmansodan lopulla lentopommit olivat kehittyneet siten, että tavallisimmin käytettävät pommit painoivat 100kg suurimpien ollessa 1500kg painoisia. Ensimmäisen ja toisen maailmansodan välillä pommitustoimintatapoja parannettiin ja kehitettiin syöksypommitustaktiikka, jota käytettiin ensimmäistä kertaa Espanjan sisällissodassa. Toisessa maailmansodassa lentopommitukset muuttivat sodan kuvan ja esimerkiksi saksalaisten toteuttamassa ilmahyökkäyksessä Lontooseen oli 1000 lentokonetta, joista jopa 900 oli pommikoneita. [42, s. 36–37]

Pommiaseet käsittävät sekä pommit, että pommitusvälineet. Yleisesti pommeille on tyypillistä, että ne pudotetaan tai heitetään ilma- tai pinta-aluksesta kohteeseensa. Kun pommi on saatettu lentoradalleen se noudattaa ballistiikan lakeja. Pommitusvälineiksi puolestaan luetaan pommien ripustimet, heittimet, laukaisimet, tähtäimet sekä muut tarvittavat laitteet ja välineet. [99, s. 28–29]

Pommit voidaan luokitella niiden toimintaperiaatteiden mukaisesti lentopommeihin, kasettipommeihin, aerosolipommeihin, jarruvarjopommeihin sekä syvyyspommeihin. Osa pommeista luetaan kuuluvaksi täsmäaseisiin. Lentopommi on ilma-aluksesta pudotettava taistelulataus. Lentopommit ovat ontelo-, paine-, tytär-, kasetti-, aerosoli-, jarruvarjo-, panssari-, sirpale-, ydin- tai erikoispommeja. Erikoispommit aikaansaavat kohteessaan poltto-, sytytys-, valaisu-, savu- tai kaasuvaikutuksen. On olemassa myös merkinantoon ja propagandan levittämistarkoituksiin kehitettyjä pommeja. Kasettipommi on periaatteeltaan kuormaammuksen kaltainen pommi, joka purkaa kohdealueella tytäripommeja. Tytäripommit räjähtävät lähes yhtäaikaisesti vaikuttavat laajalle alueelle. Aerosolipommin vaikutus puolestaan perustuu

ilman ja kaasuseoksen räjähdysen aiheuttamaan polttovaikutukseen. Jarruvarjopommeja voidaan käyttää tilanteessa, jossa halutaan saavuttaa asevaikutus suojatussa kohteessa ja on tarve lentää matalalla lentokorkeudella. Jarruvarjon ansiosta pommin pudottava ilma-alus kykenee poistumaan aseisen vaikutuksen alueelta ennen pommin laukeamista. Koska jarrutusvaihe pienentää pommin iskukulmaa, voi jarruvarjopommeissa olla rakettimoottori, jolla pommin nopeutta voidaan kiihdyttää iskunopeuden lisäämiseksi. [99, s. 28–29]

Nykyisin Venäjällä palveluskäytössä olevat lentopommit ovat vuonna 1962 päivitettyjä FAB-perheen pommeja. Käytössä olevat FAB M-62 -pommit eroavat edeltäjistään M-54-pommeista siten, että M-62-sarjassa on enemmän taistelukärkivaihtoehtoja ja pommien muoto on aiempaa virtaviivaisempi [96; 97]. Kaikki M-62-sarjan FAB-pommit ovat vapaasti putoavia, aerodynaamisesti muotoiltuja ja niissä venäläisille pommeille tyypillinen pyrstöosa siivekkeineen. Kunkin FAB-pommin massa on suurin piirtein tyyppinimensä mukainen. FAB-250 M-62 voidaan pudottaa 500–12 000 metrin korkeudelta. Pommissa on 149kg räjähdysainetta ja siinä on iskusytytin. FAB-500 M-62 voidaan pudottaa 570–12 000 metrin korkeudelta. Pommissa on 300kg räjähdysainetta ja iskusytytin. FAB-500M pommi voidaan varustaa CGM:llä (engl. *gliding and correction module*), joka on pommin liitoon ja asentoon vaikuttava moduuli. [97] CGM:llä varustettu FAB-500M ei noudata samanlaista ballistista lentorataa, kuin muut FAB-pommit. CGM:n aikaan saama liito aiheuttaa pommille 6km lähikäytteen, johon ei voida ampua ja CGM-pommin maksimikantama on 36 kilometriä [97].

## 4. VENÄJÄN LÄHITULITUEN ASEVAIKUTUS

### 4.1. Matemaattisen analyysin perusteet

Tässä luvussa tarkastellaan Venäjän ilmakomponentin lähitulituen ampumatarvikkeiden asevaikutusta. Vaikutusta on tarkasteltu selvittämällä eri ampumatarvikkeiden projektiilien kineettinen energia. Aseiden toimintaperiaatteen perusteella on laskettu joko ammuksen kineettinen energia eri etäisyyksiltä ammuttuna tai sirpalevaikutteisen ampumatarvikkeen tapauksessa sirpaleen kineettinen energia eri etäisyyksillä räjähdyksestä. Luonnollisessa sirpaloitumisessa tyypillinen massajakauma on alle 0,5 grammasta 16 grammaan [99, s. 63]. Tästä syystä eri aseiden sirpaleiden kineettinen energia esitetään gramman porrastuksilla 16 grammaan asti, mikäli lähdemateriaalista ei ole saatu tietoa sirpaleiden massasta.

Suomessa tehokkaalle sirpaleelle elävää voimaa vastaan pidetään 80 joulen liike-energiaa. Myös muita raja-arvoja tehokkaalle sirpaleelle on olemassa, kuten Ranskan 40J, Ruotsin 150J ja Venäjän 240J. [99, s. 321]. Gurneyn suorittamien kokeiden perusteella todettiin, että 78J liike-energian sirpaleita voidaan pitää tehokkaana elävää voimaa vastaan, kun sirpaleen massa on välillä 0,05–30g [63, s. 158]. Henkilön suojaaminen luoteja vastaan on mahdollista noin 4kJ liike-energiaa vastaan, sillä suuremman suojaustason saavuttamiseksi varusteiden paino kasvaa liian suureksi [99, s. 319]. Kansainvälisesti käytetyn suojastandardin NIJ 0101.06 ja sitä edeltäneen NIJ 0101.04 korkein suojaluokitus on IV. Molemmissa standardeissa NIJ IV -luokituksen suojalevyn testiampumatarvikkeena käytetään 7,62mm kaliiperin panssarisytytysluotia, joka painaa 10,8 grammaa. Uudemmassa standardissa testiampumatarvikkeen nopeus on 878 m/s, kun vanhemmassa standardissa se oli 869 m/s. [11; 12] NIJ 0101.06 standardin testiluodin kineettinen energia on noin 4 160 joulea. Epäsäännöllisen muodon vuoksi sirpaleen tunkeutumiskyky ei ole yhtä hyvä, kuin luodin. Voidaan olettaa, että 4 160J liike-energian luodin kestävä NIJ IV -standardin suojaliivin kestävyys myös sirpaleita vastaan on liike-energiassa mitattuna ainakin 4kJ. Sirpaleiden kineettistä energiaa on pyritty havainnollistamaan matemaattisen analyysin tuloksissa luokittelemalla sirpaleet kolmeen luokkaan niiden kineettisen energian perusteella. Luokat ovat tehoton sirpale (<80J), tehokas sirpale, jolta suojautuminen vaatii henkilökohtaisen suojaruustuksen suojaa (80J–4 000J) sekä tehokas sirpale, jolta suojautuminen vaatii ulkoista suojaa (>4000J). Taulukoiden etäisyysarvot ja niiden intervallit on määritelty aseryhmittäin.

Sirpaleiden lähtönopeuden laskentaan käytettiin Gurneyn kaavaa. Kun räjähdäaine on sylinterin kaltaisessa metallikuoressa, kuten raketien, pommien tai tykin sirpalekranaattien tapauksessa, esitetään Gurneyn kaava kaavan 1 mukaisella tavalla. [98, s. 10–11]

$$v = \sqrt{2E} \left( \frac{M}{C} + \frac{1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

jossa

$\sqrt{2E}$  on räjähdäaineen Gurneyn kerroin (m/s)

M on sirpaloituvan metallin massa (kg)

C on räjähdäaineen massa (kg).

Kun tarkasteltavan projektiin, 30m ammuksen tai sirpaleen, lähtönopeus oli selvillä, selvitetiin sen nopeus määrättyllä etäisyydellä käyttämällä kaavaa 2. Kaava 2 ottaa huomioon väliaineen, tässä tapauksessa ilman, tiheyden, sekä tarkasteltavan projektiin ominaisuudet. [21, s. 4-186; 100, s. 79–80]

$$v = v_0 \cdot e^{\frac{-C_D \cdot A \cdot \rho \cdot r}{2m}}, \quad (2)$$

jossa

$v_0$  on projektiin lähtönopeus (m/s)

$C_D$  on projektiin ilmanvastuskerroin

A on projektiin poikkileikkauksen pinta-ala (m<sup>2</sup>)

$\rho$  on ilman tiheys (kg/m<sup>3</sup>)

r on tarkasteluetäisyys (m)

m on projektiin massa (kg).

Ilmanvastuskerroin  $C_D$  ei ole vakio, vaan se riippuu projektiin aerodynamiikasta ja se muuttuu kappaleen lentonopeudesta riippuen. Hitaissa nopeuksissa ilmanvastuskertoimen arvo on lähes muuttumaton. Nopeuden kasvaessa ilmanvastuskerroin nousee projektiilista riippuen jopa kaksinkertaiseksi tai sitäkin suuremmaksi. Ilmanvastuskertoimen kasvu tapahtuu yleisesti noin 0,5 Machin ja 1,5 Machin välillä (1 Mach = 340 m/s). Tämän jälkeen nopeuden kasvaessa ilmanvastuskerroin pienenee vähitellen. [21, s. 4-187–4-188; 100, s. 79–80]

Kun projektiilien nopeudet eri etäisyyksillä oli laskettu, käytettiin kineettisen energian kaavaa (kaava 3) kranaattien ja sirpaleiden kineettisen energian laskemiseen.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad (3)$$

jossa

m on kappaleen massa (kg)

v on kappaleen nopeus (m/s).

## 4.2. Matemaattisessa analyysissä käytetyt oletukset

### Yleiset oletukset

Sirpaleiden liike-energian selvittämiseksi täytyi selvittää sirpaleiden ilmanvastuskerroin sekä eri massaisten sirpaleiden poikkileikkauksen pinta-ala. Esisirpaloitujen taistelukärkien (rakettiaseet) sirpaleet oletettiin teräskuutioiksi. Sirpaleiden pinta-ala selvitettiin ratkaisemalla ensin sirpaleen tilavuus sen massan ja tiheyden perusteella kaavaa 4 käyttäen. Teräksen tiheys on  $7\,850\text{ kg/m}^3$ .

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (4)$$

jossa

$\rho$  on tiheys ( $\text{kg/m}^3$ )

m on massa (kg)

V on tilavuus ( $\text{m}^3$ ).

Sirpaleen tilavuuden selvittämisen jälkeen tuloksesta otettiin kuutiojuuri, jolla saatiin selville kuution särmän pituus. Kuution särmän pituusarvo korotettiin toiseen potenssiin, jolla saatiin selville kuution tahkon pinta-ala. Kuution tahkon pinta-alaa käytettiin matemaattisessa analyysissä kaavan 2 projektiin poikkileikkauksen pinta-alana A esisirpaloitujen taistelukärkien osalta.

Esisirpaloimattomien teräskuorien (tykin sirpalekranaatti, pommit) osalta pinta-alan määrittäminen oli vaikeampaa. Frank McCleskey on kokeilla tutkinut luonnollista sirpaloitumista. Seminaarijulkaisussaan *Drag Coefficients for Irregular Fragments* [50] McCleskey on tutkinut 96 luonnollisen sirpaleen ilmanvastuskertoimia laskemalla ja tuulitunnelikokeilla. Seminaarityöstä esitellään McCleskeyn tutkimien sirpaleiden paino sekä niiden keskimääräinen pituus ( $L_{\text{avg}}$ ), leveys ( $W_{\text{avg}}$ ) ja paksuus ( $T_{\text{avg}}$ ) [50, s. 1570–1571].



McCleskeyn sirpaledatan perusteella selvisi, että sirpaleiden keskimääräisen pituus- ja leveysmitan perusteella laskettu pinta-ala noudattelee massan suhteen kaavan 5 yhtälöä. Kaavan 5 yhtälön korrelaatiokerroin  $R^2$  käytetyn datan suhteen on 0,87.

$$A = 0,112m^{0,7089}, \quad (5)$$

jossa

A on projektiilin poikkileikkauksen pinta-ala (m<sup>2</sup>)

m on projektiilin massa (kg).

McCleskeyn sirpaledatasta kyettiin hyödyntämään 62 sirpaleen tiedot saatavilla olleen tiedoston huonon tekstilaadun vuoksi. Tarkasteltujen sirpaleiden massojen vaihteluväli oli 8,6–21,2 grammaa. Tämän tutkimuksen matemaattisessa analyysissä on käytetty kaavassa 2 vaaditun sirpaleen poikkileikkauksen pinta-alan A selvittämiseen kaavaa 5, kun tarkasteltiin luonnollisesti sirpaloituvia ampumatarvikkeita (tykin sirpalekranaatti, pommit).

Kuten sirpaleen pinta-alaa, myös sen ilmanvastuserrointa on hankala määrittää. Tämän tutkimuksen matemaattista analyysiä varten sirpaleiden ilmanvastuskertoimet määritettiin *Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives* -käsikirjassa esitettyjen sirpaleiden ilmanvastuskertoimien mukaan [48, s. II-5-141–II-5-142]. Teoksen taulukosta havaitaan, että luonnollisten sekä kuutiomuotoisten sirpaleiden ilmanvastuskertoimissa tapahtuu merkittäviä muutoksia pienessä nopeusmuutoksessa, kun kappaleen nopeus on alle 1 Machia. Tämän vuoksi vakioitu ilmanvastuserroin ei anna oikeansuuntaisia laskutuloksia sirpaleiden nopeudesta alle 1 Machin nopeuksissa. Teoksessa esitettyjen ilmanvastuskertoimien pohjalta selvitettiin ilmanvastuskertoimen keskiarvot kahden arvon välillä sekä luonnolliselle sirpaleelle (tykin sirpalekranaatti, pommit), että rotatoivalle kuutiolle (rakettien esisirpaloidut taistelukärjet). Keskiarvon laskentaan valittu nopeuden suhteen alin arvo oli ilmanvastuserroin 1 Machin nopeudessa. Keskiarvon laskentaan käytetty nopeuden suhteen ylin arvo oli se ilmanvastuskertoimen arvo, joka päti tarkasteltavan sirpaleen lähtönopeudessa. Ilmanvastuskertoimien keskiarvot eri ampumatarvikkeille laskettiin käyttäen 0,1 Machin intervallia, jotta väleillä 1,4–2,8 Machia ja 2,8–5,6 Machia vakioina pysyvät ilmanvastuskertoimet painottuivat oikein.

## Tykkiaseet

McCoy'n vuonna 1982 julkaistussa teknisessä raportissa [51] tarkasteltiin yhdysvaltalaisen 30mm kaliiperin M230 tykin projektiilien lento-ominaisuuksia. McCoy tarkasteli HEDP-kranaattia (engl. *high explosive dual-purpose*) ja TP-harjoitusampumatarviketta (engl. *target*

*practice*). Raportissa havaittiin, että HEDP-kranaatin ilmanvastuskerroin alkoi pienentyä 1.2 Machia suuremmilla nopeuksilla [51, s. 38]. Ilmanvastuskertoimen huippu tarkasteluvälillä oli nopeudessa 1,3 Machia, jolloin sen arvo oli 0,54. 1,8 Machin nopeudessa vastuskerroin oli 0,55. 2,23–2,26 Machin nopeuksissa ilmanvastuskerroin oli keskiarvoisesti 0,41. [51, s. 20]. McCoy raportin tulosten perusteella tämän tutkimuksen 30mm ammuksen tarkastelussa käytettiin ilmanvastuskerrointa 0,425, sillä oletettavasti tarkasteltavien tykkien ammuksien nopeus tarkasteltavilla etäisyyksillä ei laske alle 2 Machin nopeuden, jossa 30mm ammuksien ilmanvastuskertoimien on havaittu muuttuvan merkittävästi. Ilman tiheytenä käytettiin arvoa  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .

Su-25:n tykkiryynnäkköä tarkasteltiin GSh-30-tykin OFZ-sirpalekranaatilla. Kiinteäsiipisen ilma-aluksen tykkiryynnäköön suoritusperiaatteessa ilma-alus lähestyy maalia 5–15 asteen syöksykulmassa alle 500m korkeudella. Tulitusalue on 400m pitkä ja tulitus päättyy 500 metriä ennen maalia. [39, s. 36] Su-25:n tykkiryynnäköön toteutusperiaatteista ei ole löydettävissä julkista tietoa, joten laskutoimitukset toteutettiin arvoilla, joissa koneen nopeus oli 250 m/s ja syöksykulma 10 astetta. Tämä huomioon ottaen GSh-30:n OFZ-sirpalekranaatin lähtönopeus maalin suhteen on ammuksen putkensuunopeuden ja aselavetin nopeuden summa. Lavetin korkeus ja etäisyys maaliin määritettiin suorakulmaisen kolmion laskusääntöjen ja 10 asteen syöksykulman perusteella siten, että 500 metrin etäisyydellä maalista lavetin korkeus on noin 88 metriä. Laskutoimituksissa käytetyt ampumatarvikkeiden ominaisuudet on esitetty liitteessä 1.

Taisteluhelikopterin suorittamaa tykkiryynnäkköä tarkasteltiin 2A42-tykin OFZ-sirpalekranaatilla. Taisteluhelikopterin tykkiryynnäkkö ei mukaile kiinteäsiipisen ilma-aluksen tykkiryynnäkköä, mutta väistön oletettiin alkavan kiinteäsiipisen ilma-aluksen tykkiryynnäköön tapaan viimeistään 500 metrin etäisyydellä maalista. Koska kyseessä on maaston katveja ja pop-up-menetelmää hyödyntävä taisteluhelikopteri, kykenee se toteuttamaan tykkiryynnäköön hyvin matalalta puiden latvusten yläpuolelta. Ka-52:n ja Mi-28N:n tapauksessa tykkiryynnäkköä ei täydy suorittaa syöksystä kääntyvän tykkikehdon ansiosta. Edellä todettujen seikkojen vuoksi oletettiin, että helikopterin lentokorkeus on 30 metriä koko tykkiryynnäköön ajan. Taisteluhelikopterien rynnäköintinopeuksista ei löydy julkista tietoa, joten tämän tutkimuksen laskelmissa oletetaan sen olevan 100 m/s. Tämä huomioon ottaen 2A42:n sirpalekranaatin lähtönopeus maalin suhteen on ammuksen putkensuunopeuden ja aselavetin nopeuden summa. Laskennassa käytetyt 2A42:n OFZ-sirpalekranaatin ominaisuudet on esitetty tämän tutkimuksen liitteessä 2.

2A42:n ja GSh-30:n sirpalekraanaatit sisältävät räjähdeainetta, joka räjähtää kranaatin iskusytyttimen toiminnasta. Kranaattien räjähdeaine on A-IX-2 [2]. A-IX-2 on räjähdeyhdiste, joka koostuu 73% RDX-räjähteestä, 23% alumiinijauheesta ja 4% vahasta [33, s. 389]. Räjähdeyhdisteessä käytetyn alumiinijauheen tarkoituksen on todennäköisesti polttovaikutuksen aiheuttaminen, sillä OFZ-kranaatit luetaan HEI-kranaateiksi (engl. *high explosive incendiary*). Vaha toimii todennäköisesti elementtinä, joka sitoo alumiinijauheen ja räjähdysaineen. Räjähdysaineen massana käytetään RDX:n osuutta räjähdeyhdisteestä. Sirpaloituvan metallin massa eli kranaatin teräskuoren massa on projektiilin massa vähennettynä A-IX-2:n massalla. Laskennallinen Gurneyn kerroin RDX-räjähteelle on 2 890 m/s [28, s. 3]. Tämän tutkimuksen liitteessä 3 esitetään, millä tavoin Gurneyn kaavan edellyttämät lukuarvot selvitettiin. Ilman tiheyden arvona käytettiin  $1,225\text{kg/m}^3$ .

## Rakettiaseet

Tarkasteltaessa S-8-raketteja selvisi, että taistelukärjen räjähdysaine on S-8KOM tapauksessa venäläisvalmisteinen yhdiste A-IX-10 [79]. A-IX-10:n koostumuksesta ja muiden S-8-rakettien taistelukärkien räjähdysaineesta ei ole saatavilla luotettavaa julkista tietoa. Tyypillisten sotilasräjähteiden, kuten RDX:n, HMX:n, oktolin ja pentriitin Gurneyn kerroin on likipitään yhtä suuri. Edellä mainittujen räjähteiden osalta Gurneyn kerroin on 2 800 m/s ja 3 000 m/s välillä [18, s. 388]. Erään lähteen mukaan S-8OFP:n sirpaleiden suurin nopeus olisi 2 000 m/s [77]. Käyttämällä Gurneyn kaavaa selvitettiin Gurneyn kerroin hypoteettiselle räjähdeaineelle, joka aiheuttaa sirpaleille 2 000 m/s lähtönopeuden. Tuloksena saatiin Gurneyn kerroin 3 332 m/s, joka Cooperin teoksessa [18] esitettyjen sotilasräjähteiden Gurneyn kertoimien perusteella vaikuttaa epäuskottavalta. Näin ollen laskutoimituksissa valittiin rakettien räjähdysaineen Gurneyn kertoimeksi 2 900 m/s. Tarkasteltavia raketteja ovat sirpalevaikutukseen perustuvat ja sen perusteella elävää voimaa vastaan tarkoitetut S-8OFP, S-13OF, S-24 ja S-25-O. Ilman tiheyden arvona käytettiin lukuarvoa  $1,255\text{ kg/m}^3$ . Lähteistä selvitetty laskentaan vaadittavat rakettien teknisten ominaisuuksien lukuarvot on esitetty tämän tutkimuksen liitteessä 4.

S-24-rakettia tarkasteltaessa tuli tehdä oletus sirpalekoosta, sillä sitä ei saatu selville lähdemateriaalista. S-24:n taistelukärki on esisirpaloitu siten, että räjähdyksessä leviää ympäristön 4 000 sirpaletta ja taistelukärjen massa ilman räjähdeainetta on 99,5kg [74]. Kun jaetaan taistelukärjen räjähteetön massa sirpalemäärällä, saadaan tulos  $0,025\text{kg/kpl}$ . Tulos tarkoittaa sitä, että yhtä sirpaletta kohden taistelukärjessä on  $0,025\text{kg}$  massa. Tämä laskentatuloks ei suoraan vastaa sirpaleiden kokoa, sillä se sisältää muun muassa taistelukärjessä

olevan sytyttimen. Tällä perusteella asetettiin sirpaleiden massan tarkasteluväliksi 0,01–0,02 kg.

S-25-O:n tapauksessa tuli tehdä oletus niin sirpalekoon, kuin taistelukärjen räjähdysaineen massan osalta. Tarkastelussa havaittiin, että aikaisemmin tarkasteltujen S-8OFP, S-13OF ja S-24 -rakettien taistelukärjen massan ja räjähdysaineen massan suhde noudatti kaavassa 6 esitettyä ensimmäisen asteen yhtälöä (korrelaatiokerroin  $R^2=1$ ).

$$C = 0,1816m + 1,1609, \quad (6)$$

jossa

C on räjähdysaineen massa (kg)

m on taistelukärjen massa (kg).

Kaavan 6 perusteella saatiin S-25-O:n räjähdysaineen määräksi 28,4kg. S-25-O on esisirpaloitu ja sen räjähtäessä ympäristöön leviää 10 000 sirpaletta esiasetuksen mukaisesti 5–20 metrin korkeudella maanpinnasta [74]. S-25-O:n taistelukärjen kokonaismassan ja taistelukärjen räjähdysaineen massan perusteella kyettiin selvittämään taistelukärjen räjähdysaineeton massa. Taistelukärjen räjähdysaineettoman massan ja sirpalelukumäärän suhde on 0,012 kg/kpl, joka on teoreettisesti tarkasteltuna suurin mahdollinen sirpalekoko. Tämän suhteen perusteella sirpalekoon tarkasteluväli asetettiin 0,002–0,012 kg välille.

## Vapaasti putoavat pommit ja ohjautuvat pommit

Pommiaseiden matemaattiseen tarkasteluun valittiin FAB-sarjan 250kg ja 500kg vapaasti putoavat pommit. Pommeista on olemassa useita eri tyyppisiä ja niiden ilmoitetut kokonaismassat ja räjähdysaineen massat poikkeavat toisistaan. FAB M-62 -pommit ovat edelleen osin tuotannossa, joten ne lienevät tyypillisimmin käytettyjä FAB-pommeja. Tästä syystä tarkastellaan laajalti käytettyä FAB-500 M-62 -pommia ja sen lisäksi myös FAB-250 M-62 -pommia. FAB-pommien räjähdysaine ei ole tiedossa, mutta Venäjän valtiollisen asevientiyhtiö Rosoboronexportin mukaan FAB-500 M-62:n räjähdysaine on TNT-ekvivalentti [24]. Gurneyn kerroin TNT:lle on keskiarvoisesti 2 423 m/s [18, s. 388]. Laskutoimituksissa oletettiin, että molempien tarkasteltavien pommien räjähdysaine vastaa TNT:tä. Tarkasteltavat pommit sirpaloituvat luonnollisesti, joten sirpalekoot esitetään luonnollisen sirpaloitumisen sirpalejakauman mukaisesti 1 grammasta 16 grammaan. Sirpaleiden pinta-ala määritettiin edellä kuvatulla kaavan 5 mukaisesti. Muut FAB-pommien laskennassa käytetyt aseiden

teknisten ominaisuuksien lukuarvot on esitetty tämän tutkimuksen liitteessä 5. Ilman tiheyden arvona käytettiin lukuarvoa  $1,225\text{kg/m}^3$ .

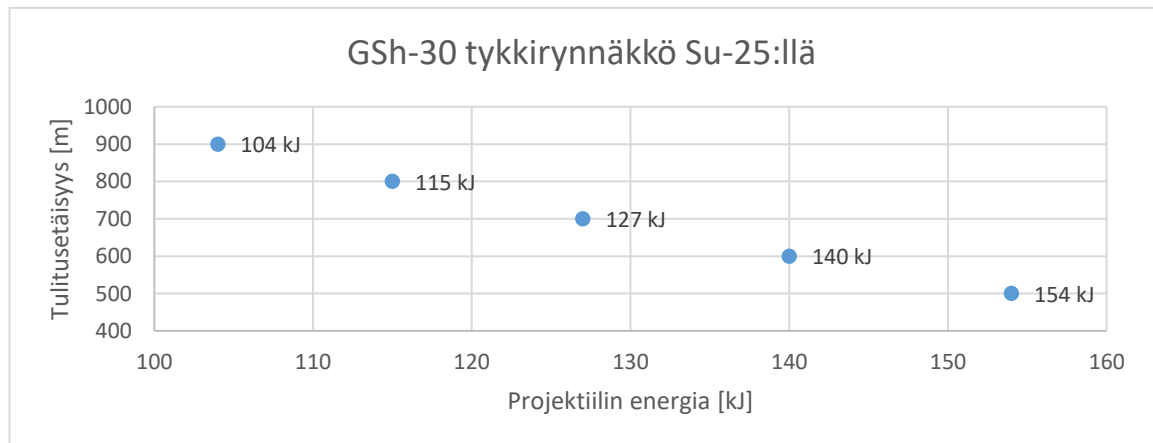
Täsmäaseiden osalta tarkasteltiin KAB-500S ohjautuvaa pommia. KAB-500S eroaa vapaasti putoavista pommeista, sillä siinä on erillinen ohjausosa ja hakupää. KAB-500S laskutoimitus poikkesi FAB-pommien laskennasta siten, että KAB-500S:n räjähdeaineetonta massaa ei selvitetty pommin painon, vaan sen taistelukärjen painon perusteella. Koska KAB-500S on moderni 2000-luvulla kehitetty ase, oletettiin laskutoimituksissa, että sen räjähdysaineen Gurneyn kerroin on sotilasräjähteille keskimääräinen  $2900\text{ m/s}$ . Sirpalekoot esitetään luonnollisen sirpaloitumisen sirpalejakauman mukaisesti  $1\text{ grammasta }16\text{ grammaan}$ . Sirpaleiden pinta-ala määritettiin edellä kuvatulla kaavan 5 mukaisesti. Muut KAB-500S laskennassa esitetyt aseelle ominaiset lukuarvot ovat tämän tutkimuksen liitteessä 5. Ilman tiheyden arvona käytettiin lukuarvoa  $1,225\text{kg/m}^3$ .

### 4.3. Matemaattisen analyysin tulokset

#### 2A42 ja GSh-30

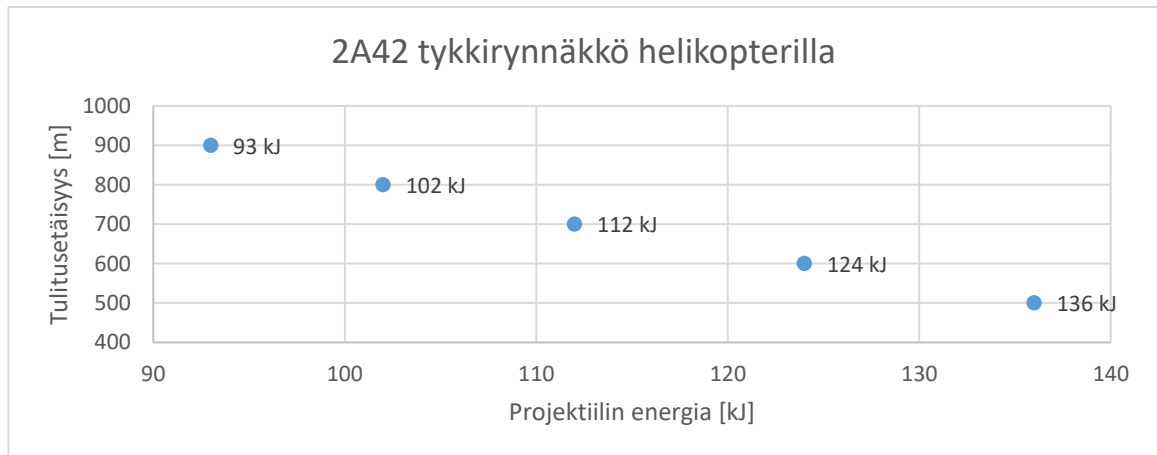
Tykkiryynnäkön suoritusetäisyyksiltä GSh-30:n OFZ-sirpalekranaatin liike-energia eri etäisyyksillä on tarkastellussa tapauksessa kauttaaltaan yli  $100\text{ kJ}$  (taulukko 2). Laskutoimituksessa havaittiin, että ammuksen nopeus pysyy yli  $2\text{ Machin}$  nopeudessa, joten valittu ilmanvastuskerroin ei ole vääristänyt laskutuloksia merkittävästi ja tuloksia voidaan verrata toisiinsa.

**Taulukko 2. GSh-30:n OFZ-ampumarvikkeen kineettinen energia maalissa eri ampumaetäisyyksillä**



2A42:n OFZ-sirpalekranan kineettinen energia maalissa on suurimmalta tarkasteluetaisyydeltä 900 metristä ammuttuna 93kJ (taulukko 3). Laskutoimituksessa havaittiin, että kranaatin nopeus maalissa on suurimmaltakin tarkasteluetaisyydeltä 691 m/s, joka ylittää 2 Machia. Näin ollen voidaan olettaa, että ilmanvastuskertoimessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia tarkasteluvälillä, eikä valittu ilmanvastuskerroin vääristänyt laskutuloksien rinnastettavuutta.

**Taulukko 3. 2A42:n sirpalekranan kineettinen energia maalissa eri ampumaetaisyyksillä**



2A42:n OFZ-sirpalekranan sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä on esitetty taulukossa 4. Taulukossa sirpaleiden kokoa tarkastellaan 0,001–0,005 g välillä. S-8OFP-raketin suurimmiksi sirpaleiksi ilmoitetaan 6 grammaa [77]. Massaltaan merkittävästi pienemmän 2A42:n OFZ-kranaatin sirpaleet eivät todennäköisesti saavuta vastaavaa kokoluokkaa, jolloin valittu tarkasteluväli on riittävä. Taulukosta 4 nähdään, että kranaatin sirpaleiden energia on kauttaaltaan alle 4kJ, joten henkilökohtainen suojarustus todennäköisesti estää sirpalevammojen aiheutumisen kranaatin sirpaleista (keltainen väri). Kevyimmät tarkastellut sirpaleet voidaan luokitella tehottomiksi 6 metrin etäisyydellä (vihreä väri). Alle 1 Machin nopeuden alittavat sirpaleet on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa). Laskutoimituksissa selvisi, että GSh-30:n OFZ-sirpalekranan sirpaleiden liike-energiat ovat hyvin yhtäläiset 2A42:n OFZ-sirpalekranan sirpaleiden kanssa. GSh-30:n OFZ-sirpalekranan sirpaleet alittavat 80J arvon samoilla etäisyyksillä, kuin 2A42:n OFZ-sirpalekranan sirpaleet taulukossa 4.

Taulukko 4. 2A42 OFZ-sirpalekraanaatin sirpaleen kineettinen energia eri etäisyyksillä

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Sirpaleen koko [kg]	0,0005	148	106	76	55	39					
	0,001	314	240	183	140	107	81	62			
	0,0015	486	382	300	236	186	146	115	90		
	0,002	660	529	424	340	273	219	175	141		
	0,0025	837	680	553	450	366	297	242	196	160	
	0,003	1015	834	685	563	463	380	312	257	211	173
	0,0035	1194	990	820	680	564	467	387	321	266	220
	0,004	1374	1147	958	800	668	557	465	388	324	271
	0,0045	1556	1307	1097	922	774	650	546	459	385	324
	0,005	1738	1467	1239	1046	883	746	630	532	449	379
		Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 907									
< 80J		M [kg]: 0,342									
80J - 4kJ		C [kg]: 0,035									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,319									
		Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225									
		Gurneyn kerroin [m/s]: 2890									

## Rakettiaseet

Taulukossa 5 on esitetty S-8OFP-raketin taistelukärjen räjähdyksessä leviävien sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä. Taulukosta 5 nähdään, että yli puolet tarkastelluista sirpaleko'oista alittavat ulkoista suojavaatimaa 4kJ arvon 20 metrin etäisyydellä räjähdyksestä (keltainen väri). Suojavarusteiden suojavaatimaa antaa riittävän suojan sirpaleita vastaan 60 metrin etäisyyksillä (keltainen väri). 100 metrin etäisyydeltä alkaen osa sirpaleista alittaa 1 Machin nopeuden, joten niiden kineettisen energian arvo on jätetty pois taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa).

Taulukko 5. S-80FP raketin sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		1	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Sirpaleen koko [kg]	0,001	1462	743	364	179	88					
	0,002	2945	1721	978	556	316	179				
	0,003	4434	2773	1692	1033	630	385	235			
	0,004	5925	3868	2470	1577	1007	643	410	262		
	0,005	7418	4994	3292	2171	1431	944	622	410		
	0,006	8913	6141	4150	2804	1895	1280	865	584	395	
Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 1741											
< 80J		M [kg]: 6,6									
80J - 4kJ		C [kg]: 2,9									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,148									
Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225											
Gurneyn kerroin [m/s]: 2900											

Taulukossa 6 on esitetty S-130F-raketin sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä raketin räjähdyspisteestä. S-130F:n sirpaleet ylittävät laskennallisesti 4kJ arvon kaikilla sirpaleko'oilta 120 metrissä (punainen väri). Ensimmäinen 4kJ alitus tapahtuu noin 140 metrissä (keltainen väri).

Taulukko 6. S-130F raketin sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		1	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Sirpaleen koko [kg]	0,020	20272	15771	12109	9297	7138	5480	4208	3231	2480	1904
	0,022	22308	17492	13542	10483	8116	6283	4864	3765	2915	2257
	0,024	24345	19223	14990	11690	9116	7109	5544	4323	3372	2629
	0,026	26382	20961	16454	12915	10138	7958	6247	4903	3849	3021
	0,028	28420	22707	17930	14158	11179	8827	6970	5504	4346	3431
	0,03	30458	24460	19418	15415	12238	9715	7712	6123	4860	3859
	0,032	32497	26220	20917	16687	13313	10620	8473	6759	5392	4302
	0,034	34536	27984	22426	17972	14403	11542	9250	7413	5940	4760
	0,035	35555	28869	23184	18619	14953	12009	9644	7745	6220	4995
Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 1433											
< 80J		M [kg]: 24,8									
80J - 4kJ		C [kg]: 6,9									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,156									
Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225											
Gurneyn kerroin [m/s]: 2900											



S-24:n sirpaleiden kineettisen energian laskentatulokset on esitetty taulukossa 7. Taulukosta 7 nähdään, että S-24:n sirpaleilta suojautuminen vaatii ulkoista suojaa jokaisen tarkastellun sirpaleen tapauksessa vähintään 40 metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä (punainen väri). Sirpaleiden massan vuoksi niiden liike-energia ei saa alle 80J arvoja yli 1 Machin nopeuksilla valitulla tarkastelualueella. Alle 1 Machin liike-energian sirpaleet on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa). Taulukkoa 7 tulkittaessa tulee huomioida, että sirpaleiden massat jouduttiin arvioimaan taistelukärjen massan ja sirpalelukumäärän perusteella. S-24:n esisirpaloidun taistelukärjen toimiessa välttämättä synny kaikkia taulukossa esitettyjä sirpalekokoja merkittävässä määrin.

**Taulukko 7. S-24 raketin sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä**

Sirpaleen energia [J]	Etäisyys [m]										
	1	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
Sirpaleen koko [kg]	0,010	8735	6360	4554	3261	2335	1672	1197	857	614	
	0,011	9614	7070	5115	3701	2678	1938	1402	1014	734	
	0,012	10493	7784	5685	4151	3032	2214	1617	1181	862	
	0,013	11372	8503	6261	4610	3395	2500	1841	1355	998	
	0,014	12251	9225	6844	5077	3767	2794	2073	1538	1141	846
	0,015	13131	9952	7433	5552	4147	3097	2314	1728	1291	964
	0,016	14010	10681	8028	6034	4535	3408	2561	1925	1447	1087
	0,017	14890	11414	8628	6521	4929	3726	2816	2129	1609	1216
	0,018	15770	12149	9232	7015	5331	4051	3078	2339	1777	1351
	0,019	16651	12887	9841	7515	5738	4382	3346	2555	1951	1490
	0,020	17531	13628	10454	8020	6152	4719	3620	2777	2130	1634
	Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 1333										
< 80J	M [kg]: 99,5										
80J - 4kJ	C [kg]: 23,5										
> 4kJ	C <sub>D</sub> : 1,160										
Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225											
Gurneyn kerroin [m/s]: 2900											

Taulukossa 8 on esitetty S-25-O:n sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä raketin räjähdyspisteestä. Taulukosta nähdään, että S-25-O:n sirpaleista noin puolet ylittävät 4kJ kineettisen energian 20 metrin etäisyydelle asti räjähdyspisteestä (punainen väri). Kaikki S-25-O:n sirpaleet alittavat 4kJ liike-energian 60 metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä (keltainen väri). Sirpaleet, jotka alittavat 1 Machin nopeuden on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa). Taulukkoa 8 tulkittaessa on huomioitava, että sirpaleiden massat jouduttiin arvioimaan taistelukärjen massan ja sirpalelukumäärän perusteella. S-25-O:n esisirpaloidun taistelukärjen toimiessa ei välttämättä synny kaikkia taulukossa 8 esitettyjä sirpalekokoja merkittäviä määriä.

**Taulukko 8. S-25-O sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä**

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		1	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Sirpaleen koko [kg]	0,002	1709	994	561	317	179					
	0,003	2573	1602	973	591	359	218				
	0,004	3439	2236	1421	903	574	365	232			
	0,005	4306	2887	1895	1244	817	536	352			
	0,006	5173	3551	2390	1608	1082	728	490			
	0,007	6041	4226	2901	1991	1367	938	644	442		
	0,008	6910	4909	3426	2391	1668	1164	812	567		
	0,009	7779	5600	3962	2803	1984	1403	993	703		
	0,01	8649	6297	4509	3229	2312	1655	1185	849	608	
	0,011	9518	6999	5065	3664	2651	1918	1388	1004	727	
	0,012	10389	7707	5628	4110	3002	2192	1601	1169	854	
			Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 1326								
< 80J		M [kg]: 121,6									
80J - 4kJ		C [kg]: 28,4									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,160									
		Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225									
		Gurneyn kerroin [m/s]: 2900									

## Vapaasti putoavat pommit ja ohjautuvat pommit

Taulukosta 9 nähdään FAB-250 M-62:n sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä. 25 metrin etäisyydellä puolet tarkasteltujen sirpalekokojen liike-energioista alittaa ulkoista suojaavaa vaativan 4kJ arvon (punainen väri). 45 metrin etäisyydellä kaikki tarkastellut sirpaleet alittavat 4kJ liike-energian (keltainen väri). 0,001kg sirpaleen liike-energia alittaa 80J arvon 30 metrissä räjähdyksestä (vihreä väri). Laskennassa käytetyillä arvoilla muut sirpaleet eivät saa alle 80J liike-energian arvoa yli 1 Machin nopeuksilla valitulla tarkastelualueella. Alle 1 Machin nopeuden sirpaleet on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa).

**Taulukko 9. FAB-250 M-62 sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä**

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Sirpaleen koko [kg]	0,001	1350	731	396	214	116	63				
	0,002	3019	1829	1108	671	407	246	149			
	0,003	4789	3067	1965	1258	806	516	331	212		
	0,004	6618	4393	2917	1936	1285	853	566	376	250	
	0,005	8488	5782	3939	2683	1828	1245	848	578	394	
	0,006	10390	7220	5016	3486	2422	1683	1169	813	565	392
	0,007	12317	8696	6140	4335	3061	2161	1526	1077	761	537
	0,008	14265	10206	7302	5224	3738	2674	1913	1369	979	701
	0,009	16230	11744	8498	6149	4449	3219	2329	1686	1220	883
	0,01	18210	13306	9723	7104	5191	3793	2772	2025	1480	1081
	0,011	20204	14890	10974	8088	5961	4393	3238	2386	1758	1296
	0,012	22210	16494	12249	9097	6755	5017	3726	2767	2055	1526
	0,013	24226	18115	13545	10128	7573	5663	4234	3166	2368	1770
	0,014	26252	19752	14861	11182	8413	6330	4763	3583	2696	2029
	0,015	28287	21404	16195	12254	9273	7016	5309	4017	3040	2300
	0,016	30329	23069	17546	13346	10151	7721	5872	4467	3397	2584
		Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 2233									
< 80J		M [kg]: 101									
80J - 4kJ		C [kg]: 149									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,197									
		Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225									
		Gurneyn kerroin [m/s]: 2423									

Taulukosta 10 nähdään, että FAB-500 M-62:n sirpaleiden eri etäisyyksien liike-energioiden luokittelu on yhtenevä taulukossa 9 esitetyn FAB-250 M-62:n sirpaleiden kanssa. 25 metrin etäisyydellä puolet tarkasteltujen sirpalekokojen liike-energioista alittaa ulkoista suojautumista vaativan 4kJ arvon (punainen väri). 45 metrin etäisyydellä kaikki tarkastellut sirpaleet alittavat 4kJ liike-energian arvon (keltainen väri). 0,001kg sirpaleen liike-energia alittaa 80J arvon 30 metrin etäisyydellä räjähdyksestä (vihreä väri). Käytetyillä laskuarvoilla muut sirpaleet eivät saavuta alle 80J liike-energian arvoa yli 1 Machin nopeuksilla tarkastelualueella. Alle 1 Machin nopeuden sirpaleet on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa).

**Taulukko 10. FAB-500 M-62 sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä**

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Sirpaleen koko [kg]	0,001	1363	738	400	216	117	63				
	0,002	3048	1847	1119	678	410	249	151			
	0,003	4835	3097	1984	1271	814	521	334	214		
	0,004	6681	4436	2945	1955	1298	862	572	380	252	
	0,005	8570	5838	3977	2709	1845	1257	856	583	397	
	0,006	10490	7289	5065	3519	2445	1699	1181	820	570	396
	0,007	12435	8780	6199	4376	3090	2182	1540	1087	768	542
	0,008	14402	10304	7372	5274	3774	2700	1932	1382	989	707
	0,009	16386	11856	8579	6208	4492	3250	2352	1702	1231	891
	0,01	18385	13434	9816	7172	5241	3829	2798	2045	1494	1092
	0,011	20398	15033	11079	8165	6018	4435	3269	2409	1775	1308
	0,012	22423	16652	12366	9184	6820	5065	3761	2793	2074	1541
	0,013	24458	18289	13675	10226	7646	5717	4275	3197	2390	1787
	0,014	26504	19941	15004	11289	8494	6391	4808	3618	2722	2048
	0,015	28558	21609	16351	12372	9361	7083	5360	4056	3069	2322
	0,016	30620	23290	17714	13474	10248	7795	5929	4509	3430	2609
		Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 2243									
< 80J		M [kg]: 200									
80J - 4kJ		C [kg]: 300									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,197									
		Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225									
		Gurneyn kerroin [m/s]: 2423									

Taulukossa 11 on esitetty laskennan tulos KAB-500S ohjautuvan pommin sirpaleiden kineettisestä energiasta eri etäisyyksillä. Puolet sirpaleko'osta ylittää 4kJ liike-energian 25 metrin etäisyydellä räjähdyksestä (punainen väri). Kaikkien tarkasteltujen sirpaleiden liike-energia on alle 4kJ 45 metrin etäisyydellä räjähdyksestä (keltainen väri). Sirpaleet eivät saa alle 80J kineettisen energian arvoja yli 1 Machin nopeuksissa tarkastelualueella. Alle 1 Machin nopeuden sirpaleiden liike-energia on poistettu taulukosta (valkoinen väri, ei lukuarvoa).

**Taulukko 11. KAB-500S sirpaleiden kineettinen energia eri etäisyyksillä**

Sirpaleen energia [J]		Etäisyys [m]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Sirpaleen koko [kg]	0,001	1222	660	357	193	104					
	0,002	2735	1654	1000	604	365	221	134			
	0,003	4339	2775	1774	1134	725	464	297	190		
	0,004	5997	3975	2635	1746	1157	767	508	337		
	0,005	7693	5232	3559	2421	1647	1120	762	518	352	
	0,006	9417	6534	4534	3146	2183	1515	1051	729	506	351
	0,007	11164	7872	5550	3913	2759	1945	1372	967	682	481
	0,008	12930	9239	6602	4717	3371	2408	1721	1230	879	628
	0,009	14712	10632	7684	5553	4013	2900	2096	1515	1095	791
	0,01	16508	12048	8792	6417	4683	3418	2494	1820	1328	969
	0,011	18316	13483	9925	7306	5378	3959	2914	2145	1579	1162
	0,012	20135	14936	11079	8218	6096	4522	3354	2488	1846	1369
	0,013	21963	16405	12253	9151	6835	5105	3813	2848	2127	1589
	0,014	23801	17888	13444	10104	7594	5707	4289	3224	2423	1821
	0,015	25646	19384	14652	11074	8371	6327	4782	3615	2732	2065
	0,016	27499	20893	15875	12062	9164	6963	5290	4020	3054	2321
		Sirpaleiden lähtönopeus [m/s]: 2127									
< 80J		M [kg]: 265									
80J - 4kJ		C [kg]: 195									
> 4kJ		C <sub>D</sub> : 1,202									
		Ilman tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]: 1,225									
		Gurneyn kerroin [m/s]: 2900									

#### 4.4. Tulosten tarkastelu

Tarkasteltujen tykkien sirpalekранаattien pienistä eroista huolimatta laskutoimituksien tuloksista havaittiin, että 2A42:n ja GSh-30:n OFZ-sirpalekранаatit eivät vaikutukseltaan poikkea toisistaan merkittävästi. Kранаattien isku-energia on tykkirynnäköön suoritusperiaatteiden mukaisilta etäisyyksiltä (500–900m) sellainen, että se on tehokas elävää voimaa vastaan suojarustuksesta riippumatta. Ennemmin tulisi selvittää, millainen suoja on riittävä näiden kранаattien iskuenergialta suojautumiseksi. Pienestä koostaan huolimatta

OFZ-kranaatin sirpaloituminen saa aikaan sirpaleita, jotka ovat kauttaaltaan tehokkaita sirpaleita 4 metrin etäisyydellä. Suurin kineettinen energia tarkastelluilla sirpaleko'oilla on 5g painavan sirpaleen 1 738 joulea.

Vain sirpaleiden kineettisen energian tarkastelun perusteella S-13OF on tarkastelluista raketeista tehokkain elävää voimaa vastaan. Sirpaleiden kineettisen energian perusteella toiseksi tehokkain raketti on S-24 ja kolmanneksi tehokkain on S-25. Pienimmän liike-energian saavat S-8OFP:n sirpaleet. Kun tarkasteltujen rakettien Gurneyn kertoimet oletettiin samoiksi, vaikuttaa Gurneyn kaavassa sirpaleiden lähtönopeuteen aseiden räjähdaineettoman massan  $M$  ja räjähdaineen massan  $C$  suhde. Mitä pienempi  $M/C$  arvo on, sitä suurempi on sirpaleiden lähtönopeus, kun Gurneyn kerroin pysyy samana. Pienimmän raketin, S-8OFP:n,  $M/C$  on tarkastelluista raketeista pienin, jolloin sen sirpaleiden lähtönopeus on suurin. Pienimassaisten sirpaleiden vuoksi raketin sirpaleiden kineettinen energia ei kuitenkaan saavuta muiden tarkasteltujen rakettien sirpalevaikutuksen kineettistä energiaa. Pienin  $M/C$ -suhde kuitenkin osoittaa aseiden olevan suhteellisesti tarkasteltuna suorituskykyinen. On huomioitava, että laskutoimituksien tulokset kertovat ainoastaan aseiden sirpaleiden kineettisestä energiasta. Saaduissa tuloksissa ei ole huomioitu esimerkiksi ilma-aluksien aseiden kiinnityspisteiden määrää, rakettikasettiin mahtuvaa rakettimäärää tai suurinta mahdollista lentoonlähtöpainoa. Kun aseiden suorituskykyä vertaillaessa otetaan huomioon asevaikutuksen lisäksi myös asejärjestelmätekniiset mahdollisuudet ja rajoitteet, kyetään aseiden vaikutusta ja käyttöön soveltuvuutta arvioimaan laajemmin.

Gurneyn kaavan perusteella FAB-250 M-62 ja FAB-500 M-62 -pommien sirpalevaikutus on sirpaleiden kineettisen energian puolesta yhtenäinen. Tämä johtuu siitä, että pommien  $M/C$  on lähes sama, jolloin pommien sirpaleiden lähtönopeus on lähes yhtä suuri. Pommien asevaikutus ei kuitenkaan ole yhtä suuri, sillä lentopommit luetaan paineaiseiksi. Suuremmalla räjähdysaineella varustetun FAB-500:n räjähdyksessä syntyvä painevaikutus on suurempi, kuin FAB-250-pommilla. Lisäksi pommien teräskuoren koko on eri. FAB-500-pommin räjähdyksessä syntyy enemmän sirpaleita, kuin pienemmän FAB-250-pommin räjähdyksessä, sillä molempien pommien tapauksessa kyseessä on luonnollinen sirpaloituminen, jossa sirpalekoko painottuu alle 0,5g sirpaleiden ja 16g sirpaleiden välille.

KAB-500S:n sirpaleet eivät saavuta tarkasteltujen FAB-pommien sirpaleiden lähtönopeutta siitäkään huolimatta, että KAB-500S:n räjähdysaine oletettiin sellaiseksi räjähteeksi, jonka Gurneyn kerroin on 2 900m/s ja FAB-pommien Gurneyn kertoimena käytettiin TNT:n Gurneyn kerrointa 2 423m/s. Koska KAB-500S on ohjautuva pommi, on siinä ohjausosa ja hakupää. Aseen kokonaisuusmassan ja taistelukärjen massan perusteella ohjausosan ja hakupään massa on noin 100kg. Ohjausosan ja hakupään vuoksi KAB-500S:n  $M/C$ -arvo on 1,36, kun FAB-

pommeilla vastaava luku on 0,67. Kuten rakettienkin tapauksessa, KAB-500S:n soveltuvuutta käyttöön on mitattava myös muilla mittareilla, kuin ainoastaan sirpaleiden nopeudella. Painevaikutuksen tarkastelun lisäksi täsmäaseeksi luettavalla KAB-500S:llä saavutettava tarkkuus verrattuna vapaasti putoaviin pommeihin on merkittävä aseiden suorituskyvyn mittari.

On olemassa myös vaihtoehtoisia tapoja sirpaleen nopeuden laskemiseen määrättyllä etäisyydellä räjähdyksestä. Risto Noopila esittelee artikkelissaan *Kranaattien sirpaloitumiselle asetettavat vaatimukset* (1984) kokeellisen kaavan (kaava 7), jonka avulla kranaatin sirpaleen nopeus määrättyllä etäisyydellä voidaan laskea sirpaleen massan, sirpaleen lähtönopeuden sekä sirpaleen muodosta ja lentonopeudesta riippuvan kokeellisen kertoimen perusteella.

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{k}{3m} \cdot x}, \quad (7)$$

jossa

$v_0$  on projektiilin lähtönopeus (m/s)

$k$  on projektiilin muodosta ja nopeudesta riippuva kerroin

$m$  on projektiilin massa (kg)

$x$  on tarkasteluetaisyys (m). [63, s. 153–154]

Kaavassa 7 käytetyllä vakiolla  $k$  korvataan kaavan 2 ilmanvastuskerroin, projektiilin poikkileikkauksen pinta-ala sekä ilman tiheys. Noopilan artikkeli käsittelee epäsuoran tulen kranaattien sirpaleita ja tässä tutkimuksessa tarkastellaan ilma-aluksen tykin sirpalekranaatin, rakettien taistelukärkien ja pommien räjähdyksessä muodostuneita sirpaleita. Noopilan artikkelissa ja tässä tutkimuksessa tarkasteltavien ampumatarvikkeiden eriävän luonteen vuoksi tämän tutkimuksen matemaattisissa analyysissä päädyttiin käyttämään kaavaa 2, joka pätee kaikille ilmassa eteneville kappaleille. Kaavan 2 käyttöä puoltaa myös se, että kunkin tutkittavan aseiden kohdalla kaavan 2 vaatimat lukuarvot kyettiin lähdeaineiston nojalla perustelemaan.

Matemaattisen analyysin tulosten luotettavuutta tarkasteltiin kaavan 7 avulla. Vertailussa kaavan 7  $k$ -arvona käytettiin arvoa 0,00456, joka on sirpalekranaatin sirpaleen  $k$ -arvo 0,9–10 Machin nopeudessa [63, s. 154]. Rakettiaseiden tapauksessa käytettiin arvoa 0,002736, joka on kuution muotoisen sirpaleen  $k$ -arvo 0,9–10 Machin nopeudessa [63, s. 154]. Vertailussa selvisi, että kaavaa 7 käyttämällä sirpaleiden liike-energiat saivat suuremman arvon, kuin kaavaa 2 käyttämällä. 2A42:n OFZ-sirpalekranaatin tapauksessa kaava 7 antoi viidessä metrissä sirpaleen massasta riippuen 17–30% suuremman tuloksen, kuin kaavan 2 tulos. Rakettien tapauksessa kaavan 7 tulos oli noin 11–32% kaavan 2 tulosta suurempi 20 metrin tarkasteluetaisyydellä. Pommien tapauksessa kaavan 7 tulos oli kymmenessä metrissä sirpaleen

koosta riippuen 20–37% suurempi, kuin kaavan 2 tulos. Matemaattisten mallien ja kaavojen varsin huomattavat virherajat tulee ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa, kuten Noopila artikkelissaan [63, s. 145] toteaa. Koska kaava 7 on kokeellinen ja sen tuloksien virhe voi olla merkittävä, ei tämän tutkimuksen matemaattisen analyysin tulosten oikeellisuutta voida sen perusteella kovinkaan tarkasti arvioida suuntaan tai toiseen. Vertailun perusteella arvioitiin, ettei kaavan 2 tuottamat tulokset poikenneet niin merkittävästi kaavan 7 tuloksista, ettei poikkeama olisi luettavissa virherajojen piiriin. Tästä syystä tutkimuksen matemaattisen analyysin tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina.

Merkittävin tämän tutkimuksen matemaattisen analyysin tuloksia mahdollisesti väärentävä tekijä on luonnollisesti sirpaloituvien ampumatarvikkeiden sirpaleen poikkileikkauksen pinta-ala  $A$ , sillä se selvitettiin vain 62:n luonnollisen sirpaleen pinta-alan perusteella. Aseluokkien sisäinen vertailu matemaattisen analyysin tuloksilla on mahdollista, sillä niiden sirpalevaikutuksen laskemiseen on käytetty samoin perustein selvitettyjä sirpaleen poikkileikkauksen pinta-alan arvoja.



## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1. Tykkien käyttö lähitulituessa

Tykkiseistuksen käyttö lähitulituessa on kranaatin iskuenergian näkökulmasta perusteltavissa. Havaittujen Su-34:n käyttöperiaatteiden ja Su-25SM3-modernisoinnissa toteutettavien aseYTEENSOPIVUUKSIEN nojalla Venäjä pyrkii käyttämään ilmakomponenttinsa kiinteäsiipisiä ilma-aluksia lähitulituessa stand-off-etäisyyksiltä. Su-34 on jo toiminut Syyriassa tällä periaatteella. Su-25SM3-päivityksen yhteydessä asennettava SVP-24-laskin ja yhteensopivuus KAB-500S ohjautuvan pommin kanssa mahdollistaa stand-off-etäisyyksiltä toiminnan myös Su-25:llä. Kiinteäsiipisten koneiden tykin käytöstä ei myöskään ollut viitteitä lähdeaineistossa, joten se lienee vähäistä. Koska kiinteäsiipisiä koneita pyritään jatkossa käyttämään suuremmilta etäisyyksiltä, on niiden tykkiseistuksen käyttö lähitulituessa myös jatkossa epätodennäköistä.

30mm kaliiperin 2A42 kääntyvällä kehdolla on asennettu Venäjän uusiin taisteluhelikoptereihin Ka-52 sekä Mi-28N. Mi-35-taisteluhelikopterissa on myös kääntyvä tykkikehto, mutta sen tykki on kaliiperiltaan pienempi 23mm GSh-23V. Helikopterin lentosuunnasta riippumaton tykin suuntaus nostaa tykin käyttöarvoa reilusti aikaisempaan Mi-24-kalustoon verrattuna, joissa tykki oli kiinnitetty helikopterin runkoon ja osoitti kiinteästi helikopterin keulan suuntaan. 2A42:n OFZ-sirpalekranaatin energia on tarkastelun perusteella sitä luokkaa, että se ylittää 4kJ liike-energian vielä noin 4,2 kilometrin ampumaetäisyydeltä ammuttunakin, kun ei huomioida 1–2 Machin nopeuksien välillä muuttuvaa ilmanvastuskerrointa. Vaikka muuttuvan ilmanvastuskertoimen vuoksi kranaatin iskuenergiaa suuremmilta etäisyyksiltä on hankala laskutoimituksilla arvioida, lienee 4kJ ylitys ainakin 2 000 metrin etäisyydeltä mahdollista. Mikäli Venäjän uusissa taisteluhelikoptereissa on tai niihin tullaan asentamaan kehittynyt laskin- ja tähtäysjärjestelmä, tulee taisteluhelikopterien tykkiseistuksen käyttö kasvamaan edelleen. Jos tykkiä voidaan kehittyneen laskin- ja tähtäysjärjestelmän avulla käyttää tarkasti edes 1 500 metrin etäisyydeltä, on sillä merkittävä vaikutus tykin käytettävyyteen, sillä pidemmiltä etäisyyksiltä käytettynä helikopteri on vähemmän altis vihollisen omasuojailmatorjunnalle. Vaikka tulen tarkkuus pidemmiltä etäisyyksiltä kärsisikin, tulen tiheys tykkiseilla on suuri ja sirpalekranaatin sirpalevaikutuksen ansiosta kranaatin ei tarvitse osua saadakseen aikaan vaikutusta elävässä voimassa. Taisteluhelikoptereiden tykin käyttöä puoltaa myös ampumatarvikkeen edullinen hinta verrattuna raketteihin ja pommiaseisiin.

2A42:n OFZ-sirpalekranan sirpaleiden kineettinen energia on pieni verrattuna muihin tässä tutkimuksessa tarkasteltuihin aseisiin. Sirpaleiden liike-energia on kaikilla tarkasteluetäisyyksillä sellainen, jolta suojautumiseen NIJ IV -tason henkilökohtainen suojarustus todennäköisesti riittää. Kranan sirpaleiden lukumäärä ja siten myös osumatodennäköisyys lienee pieni yli 5 metrin etäisyyksillä räjähdyksestä.

## 5.2. Rakettien käyttö lähitulituessa

Rakettiaseistuksesta tarkasteltiin yhtä sirpalevaikutukseen perustuvaa varianttia kustakin Venäjällä käytössä olevasta rakettinimikkeestä. Tarkastelun perusteella rakettien käyttö on painottunut hyvin pitkälti S-8-raketteihin. Tshetshenian toisessa sodassa Su-25:n asekuorma sisälsi tyypillisesti 4–6 kappaletta S-24 tai S-25 -rakettia tai vastaavan määrän FAB-500 vapaasti putoavia pommeja. Muita mainintoja S-24 tai S-25 -rakettien käytöstä lähitulituessa ei ollut. Muiden lähteiden perusteella Su-25:n asekuorma Tshetshenian toisessa sodassa painottui ohjautumattomien rakettien ja vapaasti putoavien pommien käyttöön. Kaikki viitteet taisteluhelikopterien rakettiaseistuksen käytöstä viittaavat S-8-raketteihin, vaikka kaikki tarkastellut taisteluhelikopterit on mahdollista aseistaa myös S-13-raketeilla. Lähteiden perusteella käytetyin rakettiase Venäjän viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa on ollut S-8 variantteineen.

Pelkästään rakettien sirpaleiden liike-energioiden tarkastelun perusteella voidaan todeta, että S-13OF olisi järkevin raketti käytettäväksi elävää voimaa vastaan. On kuitenkin huomioitava, että S-13OF:n sirpalemäärä on 450 sirpaletta, S-24:n sirpalelukumäärä on 4 000 sirpaletta ja S-25-O:n sirpalelukumäärä on 10 000 sirpaletta. S-8OFP:n taistelukärki on myös esisirpaloitu, mutta sen taistelukärjen räjähtämisessä muodostuvaa sirpalelukumäärää ei saatu selville. Tarkasteltujen rakettiaseiden sirpaleiden liike-energian perusteella niiden sirpaleet ovat tehokkaita yli sadan metrin etäisyyksillekin. Kun arvioidaan aseiden sirpalevaikutusta, ei kuitenkaan voida tukeutua ainoastaan sirpaleiden kineettiseen energiaan, vaan tulee ottaa huomioon myös sirpaleiden lukumäärästä riippuva sirpaleitiheys.

Sirpaleiden lukumäärän vuoksi niiden osumistodennäköisyys elävää voimaa vastaan tulisi tutkia erikseen. Suuntaa antava arvio sirpaleitiheydestä kuitenkin voidaan tehdä karkeasti pallon pinta-alan perusteella, kun oletetaan sirpaleiden leviävän tasaisesti räjähdyspisteestä puolikkaan pallon kaltaisena viuhkana. Näin laskettuna S-13OF:n sirpaleitiheys 10 metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä on noin 0,72 sirpaletta neliometriä kohden. S-24:n tapauksessa

vastaava luku on 6,4 sirpaletta neliometriä kohden. Vaikka S-13OF:n sirpaleiden liike-energia onkin reilusti muita raketteja suurempi, on edellisen esimerkin nojalla sen sirpaleiden osumistodennäköisyys jo 10 metrissä paljon S-24-rakettia pienempi. 175cm pitkän ja 75kg painavan henkilön pinta-ala edestä tarkasteltuna  $0,61\text{m}^2$  [31, s. 6]. Näin ollen 10 metrin etäisyydellä S-13OF:n sirpalettiheydellä todennäköisyys sirpaleen osumiselle on noin 0,44. S-24:n sirpaleen osumatodennäköisyys vastaavaan pinta-alaan 10 metrissä on noin 3,90.

S-25-O:n sirpaleiden liike-energia on S-13OF ja S-24 -rakettien sirpaleisiin nähden pienempi. Tulee kuitenkin huomioida, että S-25-O:n herätesytytin räjäyttää raketin taistelukärjen 5–20 metrin korkeudessa. Raketin vaikutusetäisyydeltä, eli 20 metrissä, tarkasteltuna kakki sirpalekoot ovat tehokkaita ja 8–12g sirpaleet ylittävät 4kJ liike-energian. S-25-O:n yläpuolelta tulevia sirpaleita vastaan on vaikeampi suojautua, sillä makuulle käyminen ei pienennä sirpaleiden osumistodennäköisyyttä sirpaleiden lähestyessä. S-25-O:n sirpalettiheys 20 metrin etäisyydellä räjähdyksestä pallon pinta-alan perusteella laskettuna on 1,98 sirpaletta neliometriä kohden, kun oletetaan, että sirpaleet leviävät tasaisesti joka suuntaan räjähdyspisteestä. Käyttötarkoitukseensa S-25-O on siis sirpalevaikutukseltaan tehokas, vaikka S-24 ja S-13OF voidaankin tämän tutkimuksen matemaattisen analyysin tulosten perusteella arvioida sirpalevaikutukseltaan tehokkaammiksi. Sirpaleiden lukumäärä ja niiden liike-energia puoltavat S-24-raketin käyttöä lähitulituessa. Vaikka S-25-O:n sirpaleiden liike-energia on pienempi, kuin S-24 tai S-13OF -raketeilla, puoltaa sen taistelukärjen herätesytytin sekä sirpalelukumäärä sen käyttöä lähitulituessa. S-13OF:n sirpalevaikutus on matemaattisen analyysin perusteella erittäin suuri, mutta sirpaleiden vähäisen lukumäärän perusteella aseensa voidaan nähdä olevan käyttökelpoinen ainoastaan pistemaaleja vastaan. Ohjautumattomien raketin epätarkkuuden vuoksi S-13OF:n käyttöarvo voi jäädä vähäiseksi.

Vaikka S-24 ja S-25-O vaikuttavatkin edellisen tarkastelun perusteella olevan tehokkaita rakettiaseita, vievät kumpikin aselavetista yhden ripustinpaikan. S-8-raketteja on yhden ripustinpaikan vievässä B-8-rakettikasetissa 20 kappaletta ja S-13-raketteja on yhdessä B-13-rakettikasetissa 5 kappaletta. Näin ollen esimerkiksi Su-25-rynnäkkökoneen tuliannos lentoonlähdössä voi S-8-rakettien osalta olla suurimmillaan arviolta 80 rakettia suurin mahdollinen lentoonlähdepaino huomioiden. S-13-rakettien osalta voi olla, että Su-25:n suurimman lentoonlähdepainon vuoksi B-13-rakettikasetteja voidaan ripustaa koneeseen vain kaksi kappaletta, jolloin suurin S-13-rakettitäyttö olisi 10 rakettia. Taisteluhelikopterien osalta suurimmat mahdolliset S-8 ja S-13 -rakettituliannokset lienevät lähes samat, kuin Su-25:llä.

S-24 ja S-25 -aseistuksella suurin rakettimäärä on lähteiden perusteella 4–6 rakettia. S-24 ja S-25 -raketit eivät ole yhteensopivia Venäjän käytössä olevien taisteluhelikoptereiden kanssa. S-24 ja S-25 -raketit ovat viimeisiä raketteja, jotka on kehitetty ennen ohjusten kehittymistä.

Ohjusten kehityttyä ne ovat jääneet vanhentuneiksi, sillä S-24 ja S-25-O ovat ohjautumattomina aseina epätarkkoja. Tämän vuoksi niiden sijasta on järkevämpi käyttää pommeja tai ohjuksia, jotka kummatkin vievät pääsääntöisesti saman määrän ripustinpaikkoja aselavetista, kuin S-24 ja S-25 -raketitkin. Oletettavasti vapaasti putoavien pommien kustannukset ovat myös suuria rakettiaseita pienemmät.

Venäjän ilmakomponentin lähitulitukiaseistuksen käyttötrendien ja tämän tutkimuksen matemaattisen analyysin perusteella 122mm ja sitä suuremman kaliiperin raketeilla S-13OF, S-24 tai S-25-O ei saavuteta sellaista asevaikutusta elävässä voimassa, joka ei olisi korvattavissa muilla aseilla. Elävää voimaa vastaan S-13OF:n asevaikutus on korvattavissa useamman S-8OFP-raketin asevaikutuksella. S-24 ja S-25-O -rakettien asevaikutus on korvattavissa pommien tai täsmäaseiden käytöllä, sillä niillä asevaikutus saadaan haluttuun paikkaan. S-8 tulee todennäköisesti pysymään eniten käytettynä raketina lähitulituessa, kuten se on ollutkin tässä tutkimuksessa tarkastelluissa konflikteissa. Kiinteäsiipisten koneiden käytön painottuessa ohjautuvien pommien ja muiden täsmäaseiden käyttöön raketteja tullaan käyttämään jatkossa lähinnä taisteluhelikoptereista. Aseistuksen perusteella taisteluhelikopterien käyttö lähitulituessa tulee painottumaan panssarintorjuntatehtäviin, jolloin raketteja voidaan nähdä käytettävän esimerkiksi panssarintorjuntaohjuksen laukaisua suorittavan helikopteriparin suojaamiseen.

### 5.3. Vapaasti putoavien pommien ja ohjautuvien pommien käyttö lähitulituessa

Pommien käyttö lähitulituessa on ollut Venäjän viimeaikaisissa aseellisissa konflikteissa hyvin yleistä. Pääasiassa pommeja on käytetty kiinteäsiipisiltä Su-25-kalustolla ja Syyriassa lisäksi Su-34-koneista. Suurin osa käytetyistä pommeista on ollut 500 kg painavia FAB-500-pommeja. FAB-500 vaikuttaa olleen varsinkin Su-25:n perusase. Syyriassa Su-34:n havaittiin laukaisseen myös 250kg painavia FAB-250-pommeja, joiden käyttö Su-25:llä Tshetsheniassa ja Georgiassa ei ole ollut lähteiden perusteella niin runsasta kuin FAB-500-pommien käyttö.

Matemaattisen tarkastelussa selvisi, että FAB-250 M-62 ja FAB-500 M-62 -pommien räjähdemääränsuhteellisen massan suhde räjähdemääränsuhteelliseen massaansa on lähes yhtä suuri. Koska suhde on molempien pommien tapauksessa lähes yhtä suuri, tarkoittaa se, että sirpaleiden laskennallinen lähtönopeus Gurneyn kaavassa on niin ikään lähes yhtä suuri. Tämän seurauksena matemaattisen analyysin tulos oli, että luonnollisesti sirpaloituvien FAB-250 ja FAB-500 -

pommien sirpaleiden kineettiset energiat ovat lähes yhtä suuret kaikilla etäisyyksillä. Koska luonnollisessa sirpaloitumisessa sirpalekoko on <0,5–16g välillä, leviää massaltaan suuremman FAB-500-pommin räjähdyksessä enemmän sirpaleita ympäristön. Tämän seurauksena sirpaleitiheys määrätyllä etäisyydellä kasvaa ja sirpaleen osuminen kauempina räjähdyksestä on todennäköisempää, kuin pienemmällä FAB-250-pommilla. Useampien sirpaleiden lisäksi FAB-500-pommissa on enemmän räjähdeainetta, jonka vuoksi sen painevaikutus räjähdyspisteen ympärillä on isompi, kuin FAB-250-pommilla.

Matemaattisen analyysin tulos on, että FAB-pommien sirpalevaikutus on hieman suurempi, kuin satelliittiohjatulla KAB-500S:llä. FAB-pommit ovat kuitenkin vapaasti putoavina KAB-pommeja epätarkempia. Kuten rakettienkin tapauksessa, FAB-pommien ballistiseen lentorataan ei voida vaikuttaa pommin pudotuksen jälkeen. Mitä korkeammalta ohjautumaton pommi pudotetaan, sitä suuremmin laukaisuvirhe tai pommin lentoon vaikuttavat tekijät aiheuttavat eroa iskemäpisteen ja tähtäyspisteen välille. Vapaasti putoavien pommien hajonnan vuoksi niillä ei välttämättä saada aikaan suorituskyvyn vaikuttavuusnäkökulman mukaisesti haluttua vaikutusta halutussa paikassa. Ohjautuva KAB-500S voidaan laukaista suuremmiltakin lentokorkeuksilta tarkasti ja sen satelliittiohjaus mahdollistaa pommin pudotuksen ilman visuaalista havaintoa maalista. Se sirpalevaikutus, jossa KAB-500S jää tarkasteltuja FAB-pommeja jälkeen, on korvattavissa sillä, että pommi osuu tähtäyspisteeseen. Pommin osuessa tähtäyspisteeseen sirpalevaikutuksen lisäksi tuhoa aiheuttaa myös painevaikutus. KAB-500S:n suorituskyky perustuu siis sääriippumattomuuteen, osumatarkkuuteen ja mahdollisuuteen laukaista se stand-off-etäisyyksiltä. Mikäli nämä ominaisuudet eivät olisi KAB-500S eduksi, olisi lähitulituessa järkevämpää käyttää FAB-perheen vapaasti putoavia pommeja.

Kiinteäsiipisten ilma-alusten käyttöperiaatteet lähitulituessa näyttävät kehittyneen sellaisiksi, että ohjautuvien pommien ja vapaasti putoavien pommien käyttö niiltä on yleistä. On kuitenkin huomattava, että Su-34 vaikuttaa olevan ottamassa Su-25 paikan lähitulituessa siitäkkin huolimatta, että Su-25SM3 tuotanto on kesken. Su-25SM3-konekaluston todellinen kyky ohjautuvien pommien käyttöön on toistaiseksi epäselvä, vaikka ilmoituksen perusteella yhteensopivuus on olemassa. Su-25SM3-päivitys sisältää SVP-24-laskimen, jonka avulla vapaasti putoavien pommien osumatarkkuus kasvaa [40]. Oli lähitulitukeen käytettävä konetyyppi Su-34 tai Su-25SM3, pyritään kiinteäsiipisiä ilma-aluksia käyttämään sellaisilta korkeuksilta, joilta aselavetti on suojassa vihollisen erittäin lyhyen kantaman ilmatorjunnalta. Näin ollen lähitulituessa käytettävien kiinteäsiipisten koneiden asekuorma koostuu pääosin eri kokoisista vapaasti putoavista pommeista ja ohjautuvista pommeista. Ohjusten käyttö lähitulituessa on epätodennäköistä, sillä pommeja arvokkaampina aseina ohjukset käytetään

todennäköisesti merkittävämpiä maaleja vastaan. Lähitulitukeen käytettävät vapaasti putoavat pommit ovat pääsääntöisesti joko FAB-250 tai FAB-500 -pommeja maalin koosta riippuen. Mikäli maali on kriittinen, voidaan niihin vaikuttamiseen käyttää ohjautuvia KAB-pommeja, joista sääriippumattoman ohjautusmenetelmänsä perusteella KAB-500S on käyttökelpoisin.

#### 5.4. Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka

Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka elävää voimaa vastaan voidaan esittää kiinteäsiipisten ilma-alusten muodostamana uhkana ja pyöriväsiipisten ilma-alusten muodostamana uhkana. Venäjän lähitulitukeen käyttämä kiinteäsiipinen ilma-alus on tällä hetkellä Su-34. Mikäli Su-25SM3 osoittautuu suorituskykyiseksi, myös sitä tullaan käyttämään lähitulitukitehtävissä. Kiinteäsiipisten ilma-alusten lähitulituessa käyttämä aseistus on pääsääntöisesti vapaasti putoavat ja ohjautuvat pommit. Vapaasti putoavista pommeista käytetään lähitulitukitehtävän luonteesta riippuen FAB-250 tai FAB-500 -pommeja. Käytettävien pommien laatu ja määrä riippuu siitä, millainen vaikutus pommeilla halutaan saada aikaan. Mikäli tehtävän luonne edellyttää useita pommilaukaisuja, voidaan käyttää FAB-250-pommeja. Jos lähitulitukiresurssia on saatavilla runsaasti, eikä ilma-aluksen pommien laukaisumääriä tarvitse kasvattaa pommien kokoa pienentämällä, käytetään FAB-500-pommeja. Oli aselavettina Su-25SM3 tai Su-34, SVP-24-järjestelmää hyödyntämällä vapaasti putoavat pommit kyetään laukaisemaan aikaisempaa korkeammalta tarkkuuden kärsimättä. Kriittisiä maaleja vastaan käytetään tarkkuuden osalta suorituskykyisintä KAB-500S ohjautuvaa pommia, joka voidaan Syyrian tapahtumien perusteella laukaista Su-34-koneesta ja väitetyksi myös Su-25SM3-päivitetystä koneesta.

Taisteluhelikopterien lähitulituen muodostama uhka elävää voimaa vastaan koostuu ainakin Ka-52 ja Mi-28N -taisteluhelikoptereista ja niissä käytettävästä aseistuksesta. Myös Mi-35M-taisteluhelikoptereiden käyttö on mahdollista, mutta tarkasteltujen lähteiden valossa Mi-35M:n rooli Venäjän tulevaisuuden taisteluhelikopterikokoonpanossa jäi epäselväksi. Taisteluhelikoptereiden lähitulitukiaseistus koostuu pääsääntöisesti panssarintorjunta-aseista ja helikopterin tykistä. On havaittu, ettei rakettiaseilla saavuteta merkittävää vaikutusta, jonka vuoksi raketien käyttö lähitulituessa on vähäistä. Mikäli raketteja käytetään lähitulituessa esimerkiksi parin suojaamiseen, käytetään S-8-rakettiperheen variantteja. Todennäköisin käytettävä variantti on S-8OFP, joka soveltuu sirpalevaikutuksensa perusteella elävää voimaa vastaan käytettäväksi. Väitetyksi sen taistelukärki soveltuu myös panssaroituja ajoneuvoja vastaan. S-8OFP:n käyttöä muiden lähitulituessa käytettyjen raketien sijasta ei puolla sen

sirpaleiden kineettinen energia, vaan suhteellinen asevaikutuksen tehokkuus ja B-8-rakettikasetin ammustäyttö. S-8OFP:n taistelukärkeä voidaan pitää verrokkeihinsa nähden tehokkaimpana, sillä sen sirpaleiden lähtönopeus on suurempi, kuin muilla tarkastelluilla raketeilla, vaikka itse raketti on tarkastelluista raketeista pienin. S-8OFP:n sirpaleet ovat kuitenkin pieniä, jolloin niiden kineettinen energia pienenee korkeasta lähtönopeudesta huolimatta nopeasti muihin tarkasteltuihin raketteihin verrattuna. B-8-rakettikasetin 20 rakettilaukaisun ansiosta S-8OFP:n verrattain pieni sirpalevaikutus voidaan korvata useamman raketin laukaisulla. S-8OFP rakettitäyttö lentoonlähdössä voi olla jopa 8-kertainen S-13OF-raketteihin verrattuna. Tykin merkitys varsinkin Mi-28N ja Ka-52 -kalustolla on kasvanut 2A42:n kääntyvän tykkikehdon ansiosta.

Tämän tutkimuksen perusteella Venäjän ilmakomponentin lähitulituen muodostama uhka koostuu 30mm tykin, S-8OFP:n, FAB-250:n, FAB-500:n sekä KAB-500S:n asevaikutuksesta. Tutkimuksen näkökulman perusteella näiden aseiden asevaikutusta tarkasteltiin niiden sirpalevaikutuksen perusteella. Matemaattisen analyysin tulosten esittelyssä käytetystä liikeenergian luokittelusta saadaan suuntaa-antavia tuloksia siitä, millainen suoja sirpalevaikutukselta suojautumiseksi tarvitaan. Sirpaleen aiheuttaman vamman kriittisyyttä voidaan tarkastella esimerkiksi *Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives* -käsikirjan [48] taulukon mukaan. Käsikirjan taulukossa (taulukko 12) esitetään tappavuustodennäköisyyksiä projektiilin kineettisen energian ja osumakohdan perusteella.

**Taulukko 12. Tappavuus projektiilin iskuenergian perusteella todennäköisyyksinä [48, s. II-5-145]**

Tappavuus iskuenergian perusteella				
Tappavuus-todennäköisyys [%]	Iskuenergia [J]			
	Pää	Rinta	Vatsa	Raajat
1	55	58	105	155
5	65	90	140	240
20	79	140	200	380
50	100	230	280	620
99	200	850	850	2500

Nykyaikaisen suojarustuksen ansiosta sotilaiden päät, rinnat sekä vatsat ovat yleensä vähintään osittain suojattuna. Eri aseiden sirpaleiden tappavuutta on näiden alueiden kannalta hankala arvioida. Tällöin pitäisi ottaa huomioon sirpaleen hidastuvuus suojamateriaalissa, jotta saadaan selville jäännösnopeus ja se iskuenergia, jäännösenergia, joka sirpaleella on suojamateriaalin lävistämisen jälkeen. Raajoja ei kuitenkaan kyetä olkavarsia lukuun ottamatta nykyaikaisella suojarustuksella käytännöllisesti suojaamaan. Taulukkoa 12 käyttämällä voidaan esittää lähitulituen uhka sirpaleiden tappavuuden perusteella. Taulukossa 13 on esitetty

Venäjän ilmakomponentin lähitulitukiaseiden sirpalevaikutus tappavuustodennäköisyyksien perusteella, kun sirpale osuu raajaan. Taulukon laadinnassa käytettiin matemaattisen analyysin tuloksissa tarkasteltujen sirpalemassojen mediaaneja kunkin ampumatarvikkeen osalta. Ne solut, joiden kohdalla sirpaleen nopeus laskee alle 1 Machin, on ilmanvastuskertoimen muuttumisen vuoksi jätetty tyhjiksi.

**Taulukko 13. Lähitulitukiaseiden sirpalevaikutus raajoissa tappavuustodennäköisyyksin esitettynä**

Sirpaleen tappavuus	2A42 OFZ	S-8OFP	FAB-500 FAB-250 (±1m)	KAB-500S
	<5%	>15m	>132m	
5–20%	11–15m	112–132m		
20–50%	6–11m	91–112m	>54m	>52m
50–99%	<6m	32–91m	33–54m	31–52m
>99%	Ei toteudu	<32m	<33m	<31m

Taulukossa 13 on esitetty tämän tutkimuksen näkökulman ja rajausten mukainen lähitulituen uhka, kun lähitulitukiaseen sirpalevaikutus kohdistuu ihmisen raajaan. Taulukosta voidaan havaita, että S-8OFP:n, pommiaseiden ja KAB-500S:n 99%:n todennäköisyydellä tappava sirpalevaikutuksen säde on lähes yhtä suuri. Kuutiomuotoisten sirpaleiden hidastuminen on hitaampaa, kuin luonnollisten sirpaleiden, sillä luonnollisten sirpaleiden poikkileikkauksen pinta-ala on suurempi, kuin samamassaisella kuutiolla. Näin ollen S-8OFP:n sirpale on osuessaan tappavampi suuremmilla etäisyyksillä, kuin pommiaseet ja KAB-500S. Vaikka 2A42:n OFZ-sirpalekranaatin sirpaleiden liike-energia on muihin tarkasteltuihin ampumatarvikkeisiin nähden pieni, tappavat sen raajoihin osuneet sirpaleet yli 50% todennäköisyydellä, kun etäisyys räjähdyspisteestä on alle kuusi metriä.

Asevaikutusta olisi syytä tarkastella lisäksi myös suojattujen tai osittain suojattujen ruumiinosien kannalta, mutta se vaatisi laajaa selvitystä ihmisen haavoittuvasta pinta-alasta suojaruustuksen kanssa, sirpaleiden osumatodennäköisyyksistä sekä suojaruustusten



tuottamasta suojasta. Tämän tutkimuksen laajuuden vuoksi muiden, kuin raajojen suhteen tarkasteltujen tappavuustodennäköisyyksien esittäminen ei ole järkevää.

## 5.5. Kritiikki ja jatkotutkimus

Tämän tutkimuksen tekninen tarkastelu rajoittui lähitulitukeen käytettävien aseiden projektiilien kineettisen energian tarkasteluun. Tutkimuksen laajuuden vuoksi sirpaleiden osumatodennäköisyyksiä ei tarkasteltu sirpaleitiheyden tai lähitulitukeen käytettävän aseiden osumatarkkuuden näkökulmista. Jotta lähitulituessa käytettävien aseiden asevaikutusta kyettiin tarkastelemaan yhdenmukaisesti, toteutettiin se sirpalevaikutuksen tarkasteluna. Lähitulitukeen käytettävien aseiden painevaikutusta ei tarkasteltu. Tykistö- ja kranaatinheittimen kranaatin räjähdyksessä vammat aiheutuvat suurilta osin sirpaleista [99, s. 324]. Näin ollen oletettiin myös raketin ja sirpalekranaatin painevaikutus niin pieneksi, ettei sen tarkastelu olisi ollut järkevää tämän tutkimuksen kontekstissa. Lentopommit sen sijaan kuuluvat paineeseisiin [99, s. 324]. Siksi lentopommien asevaikutusta tarkasteltaessa sirpaleiden kineettisen energian perusteella ei tule tehdä johtopäätöksiä aseiden kokonaisvaikutuksesta.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että eri projektiilien nopeuksien selvittämiseen käytetyt kaavat tai niissä käytetyt lukuarvot ovat kokeellisia. Käytettyjen matemaattisten mallien ja kaavojen virhemarginaalit tulee ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Lisäksi huomioitavaa on, että eri aseiden tekniset ominaisuudet on selvitetty julkisista lähteistä. Vaikka lähteitä tarkastelemalla vaikuttikin siltä, ettei eri lähteistä selvitettyissä tiedoissa ollut merkittäviä ristiriitaisuuksia, voi se johtua siitä, että eri lähteistä saatavilla oleva tieto on peräisin yhdeltä lähteeltä eli asevalmistajalta. Oletus on, että asevalmistaja ei tuo julki tarkkoja teknisiä tietoja, vaan ne saattavat olla joko liioiteltuja tai vähäteltyjä. Tutkimustulosten tarkastelussa tulee ottaa huomioon myös matemaattista analyysistä varten tehdyt oletukset. Lähdetiedon puutteessa löyhimmille perusteluille jäi Gurneyn kerroin raketin ja KAB-500S ohjautuvan pommin sirpalevaikutusta laskettaessa. Sirpalekranaatin ja vapaasti putoavien pommien tapauksessa valittu Gurneyn vakio oli perusteltavissa, vaikka tarkkaa tietoa räjähdysdisteestä tai sen Gurneyn vakiosta ei ollutkaan. Luonnollisesti sirpaloituvien aseiden sirpaleiden poikkileikkauksen pinta-ala arvioitiin 62:n luonnollisen sirpaleen perusteella. Näistä syistä tässä tutkimuksessa esitetyt matemaattisen analyysin tulokset ovat parhaimmillaan suuntaa-antavia. Suuntaa-antavuudesta huolimatta ne ovat kuitenkin tässä tutkimuksessa tarkasteltujen aseluokkien sisällä vertailukelpoisia.

Matemaattisen analyysin tulosten vertailulla eri aseluokkien välillä ei muodostettu sellaisia johtopäätöksiä, jotka olisivat vääristäneet tutkimustuloksia.

Tämän tutkimuksen perusteella merkittävin jatkotutkimusaihe olisi tutkia lähitulitukeen käytettävien ampumatarvikkeiden sirpaloitumista ja sirpaleiden osumatodennäköisyyksiä. Sirpaleen osumatodennäköisyys riippuu sirpaleiden lukumäärästä, maalin pinta-alasta ja kohteen etäisyydestä räjähdyspisteestä. Aseen sirpaloitumismekaniikkaa tutkimalla voidaan saada tarkempaa tietoa sirpaleiden lukumäärästä ja massajakaumasta. Kun massajakauma ja sirpalelukumäärä tiedetään, voidaan selvittää todennäköisyydet niille etäisyyksille, jossa haavoittuminen tai kaatuminen todennäköisesti tapahtuvat. Toinen mahdollinen jatkotutkimusaihe on lähitulituen asevaikutukselta suojautuminen. Kun tiedetään sirpaleiden liike-energiat eri etäisyyksillä, voidaan tarkastella, miten sirpaleiden vaikutukselta voidaan suojautua eri suojamateriaalein henkilökohtaisesta suojamateriaalista katettuun partiopoteroon ja ballistisiin suojalevyihin. Lisäksi jatkotutkimusta voidaan tehdä tästä tutkimuksesta pois rajatuista aseista, kuten esimerkiksi panssarintorjuntaan käytettävistä lähitulitukiaseista ja niistä lähitulitukiaseista, joiden tulivoima perustuu polttovaikutukseen.

Tässä tutkimuksessa tarkastellut aseelliset konfliktit olivat sellaisia, joissa Venäjän vastapuolella ei ollut kehittyntä ilmavoimaa. Taktiikan ja operaatiotaidon tutkimus voisi käsitellä, millaisia lähitulituen asejärjestelmiä ja miten Venäjä käyttäisi ilmakomponenttiaan konfliktissa, jossa vastapuolella on moderni ilmapuolustus. Tshetshenian, Georgian ja Syyrian tapauksissa Venäjän ilmakomponentilla on ollut täysi tai lievästi rajoitettu toiminnanvapaus konfliktialueella. Syyrian kokeilutoiminnan lisäksi vihollisen ilmapuolustuksen olemattomuus Tshetsheniassa ja Georgiassa mahdollistaa sellaisten aselavettien, aseiden ja taktiikoiden käytön, jotka eivät olisi käyttökelpoisia alueella, jossa Venäjän ilmakomponentilla ei ole ilmaherruutta.

## LÄHTEET

- [1] *2A42 cannon*. Weapons: Air-Launched, 2018. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW2787-JALW> [viitattu 25.2.2020]
- [2] *30 x 165 ammunition*. Weapons: Ammunition, 2019. Saatavissa [https://janes.ihs.com/Janes/Display/JAH\\_A922-JAH\\_](https://janes.ihs.com/Janes/Display/JAH_A922-JAH_) [viitattu 25.2.2020]
- [3] *Air Power in Russia's Georgian Campaign August 2008*. Pathfinder, 2008. No. 99. Royal Australian Air Force, Air Power Development Centre.
- [4] Alex, D. *Sukhoi Su-34 (Fullback)*. Military Factory, 2018. Saatavissa [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=697](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=697) [viitattu 18.2.2020]
- [5] *Annex 3-0 Operations and Planning*. U.S. Air Force Doctrine. 2016
- [6] *Annex 3-03 Counterland Operations*. U.S. Air Force Doctrine. 2019.
- [7] *Armored Su-34 Will Become a 'Revolutionary' Ground Support Aircraft*. Sputnik News, 2016. Saatavissa <https://sputniknews.com/military/201609151045349379-armored-su34-analysis/> [viitattu 18.2.2020]
- [8] Asmus, R. *A Little War That Shook the World*. 1. painos. New York: Palgrave MacMillan, 2010.
- [9] Baev, P. *Russia's airpower in the Chechen War: Denial, punishment and defeat*. The Journal of Slavic Military Studies, 1997. 10;2, 1–18.
- [10] Bakshi, G. *The War in Chechnya: A Military Analysis*. Saatavissa <https://www.idsa-india.org/an-aug-300.html> [viitattu 4.2.2020]
- [11] *Ballistic Resistance of Body Armor. NIJ Standard-0101.06*. U.S. Department of Justice, Washington D.C., 2008.
- [12] *Ballistic Resistance of Personal Body Armor. NIJ Standard-0101.04*. U.S. Department of Defense, Washington D.D., 2000.
- [13] Barrie, D. Gethin, H. *Russian Weapons in the Syrian Conflict*. Rooma: DeBooks Italia, 2018.
- [14] Butowski, P. *Russia's Air-launched Weapons. Russian-made Aircraft Ordnance Today*. Harpia Publishing L.L.C. & Moran Publishing L.L.C. Joint Venture, 2017.
- [15] *Chapter Five: Russia and Eurasia*. The Military Balance, 2019. 119:1, 166–221.

- [16] *Chechnya*. Encyclopedia Britannica. Saatavissa <https://www.britannica.com/place/Chechnya> [viitattu 3.2.2020]
- [17] *Close Air Support*. Joint Chiefs of Staff. Joint Publication 3-09.3. 2014.
- [18] Cooper, P. *Explosives Engineering*. Wiley-VCH, Inc., 1996.
- [19] de Haas, M. *The Use Of Russian Airpower In The Second Chechen War*. Conflict Studies Research Centre, 2003.
- [20] Dougherty, M. *Modern Air-Launched Weapons*. Lontoo: Amber Books Ltd, 2019.
- [21] *Elements of Terminal Ballistics. Part One. Introduction, Kill Mechanisms and Vulnerability. Engineering Design Handbook*. United States Army Materiel Command, Washington D.C., 1962.
- [22] Episkopos, M. *Russia Sukhoi Su-34 Fullback Is About to Get Even Deadlier*. The National Interest, 2019. Saatavissa <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russia-sukhoi-su-34-fullback-about-get-even-deadlier-72916> [viitattu 24.2.2020]
- [23] Evans, R. *Russian Airpower in the Second Chechen War*. School of Advanced Military Studies, United States Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, Texas, USA, 2001.
- [24] *FAB-500 M-62*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-bombs/fab-500-m-62/> [viitattu 4.3.2020]
- [25] Fediushko, D. *Russia's Su-25SM3 'deep upgrade' programme gains space and scope*. Jane's, 2019. Saatavissa <https://www.janes.com/article/89373/russia-s-su-25sm3-deep-upgrade-programme-gains-pace-and-scope> [viitattu 5.3.2020]
- [26] Fielding, D. *Russia's Helicopter Gunship Fleet in Syria*. Russia Insider, 2015. Saatavissa <https://russia-insider.com/en/military/russias-helicopter-gunship-fleet-syria/ri10323> [viitattu 13.2.2020]
- [27] *First Chechnya War*. GlobalSecurity.org. Saatavissa <https://www.globalsecurity.org/military/world/war/chechnya1.htm> [viitattu 3.2.2020]
- [28] Frem, D. *Estimating the Metal Acceleration Ability of High Explosives*. Defence Tehcnology, Beirut, 2019.
- [29] Fuller, L. *Chechnya: Khasavyurt Accords Failed To Preclude A Second War*. RadioFreeEurope/RadioLiberty, 2006. Saatavissa <https://www.rferl.org/a/1070939.html> [viitattu 5.2.2020]

- [30] *Georgia*. Encyclopedia Britannica. Saatavissa <https://www.britannica.com/place/Georgia> [viitattu 7.2.2020]
- [31] Haapamäki, T. *Onko Afganistanissa palvelevan kriisinhallintajoukon henkilökohtainen suoja riittävä?* Esiupseerikurssin tutkielma. Helsinki, 2011. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- [32] Hallion, R. *Battlefield Air Support. A Retrospective Assessment*. In: Airpower Journal, Vol 4, No. 1. Air Force Recurring Publication 50-2. Washington D.C., 1990. p. 8–29.
- [33] *Handbook of Foreign Explosives*. U.S. Army Foreign Science and Technology Center. U.S. Army Materiel Command, Washington D.C., 1965.
- [34] *Ilmasotaohjesääntö*. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus. Pieksämäki: Kirjapaino Raamattutalo, 1995.
- [35] *Ilmatorjuntaopas*. Maavoimien esikunta. Tampere: Juvenes Print Oy, 2017.
- [36] *Independent International Fact-Finding Mission on the Conflict in Georgia. Volume II*. Council of the European Union, 2009.
- [37] *KAB-500S (KAB-500S-E) guided bomb*. Weapons: Air-Launched, 2017. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW9233-JALW> [viitattu 26.2.2020]
- [38] *Kamov Ka-50 Chernaya Akula*. Jane's All the Worlds Aircraft, 2012. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0789-jawa> [viitattu 25.2.2020]
- [39] *Kamov Ka-52 Alligator*. Jane's All the Worlds Aircraft, 2019. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0790-jawa> [viitattu 25.2.2020]
- [40] Karnozov, V. *Further Improved Su-25SM3 Redeploys to Syria*. AINonline, 2019. Saatavissa <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2019-03-22/further-improved-su-25sm3-redeploys-syria> [viitattu 18.3.2020]
- [41] *Khmeimim 2.0: Large-scale renovation at Russia's airbase in Syria protects jets & allows deployment of even MORE (PHOTOS)*. Russia Today, 2019. Saatavissa <https://www.rt.com/news/469715-khmeimim-russia-airbase-syria-renovations/> [viitattu 18.2.2020]
- [42] Lalu, P. *Ilmatorjuntamiehen ilma-asekuvasto*. Ilmatorjuntaupseeriyhdistys. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 1998.
- [43] Lavrov, A. *Russian Air Losses in the Five Day War Against Syria*. In: Pukhlov, R. The Tanks of August. Moskova: Centre for Analysis of Strategies and Technologies, 2010. p. 99–106.

- [44] Lavrov, A. *State of the Georgian Army by the End of Hostilities*. In: Pukhlov, Ruslan. *The Tanks of August*. Moskova: Centre for Analysis of Strategies and Technologies, 2010. p. 107–114.
- [45] Lavrov, A. *Timeline of Russian-Georgian Hostilities in August 2008*. In: Pukhlov, R. *The Tanks of August*. Moskova: Centre for Analysis of Strategies and Technologies, 2010. p. 37–76.
- [46] Lehtinen, M. *Matemaattinen analyysi sotatekniikan tutkimusmenetelmänä*. Kirjassa: Lappalainen, Jormakka. *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa*. Julkaisusarja 5, No 1. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 57–63.
- [47] Litovkin, N. Litovkin, D. *Russia's 'Duckbill': Su-34 combines features of both Bomber and Fighter*. *Russia Beyond*, 2017. Saatavissa [https://www.rbth.com/defence/2017/06/06/russias-duckbill-su-34-combines-features-of-both-bomber-and-fighter\\_777707](https://www.rbth.com/defence/2017/06/06/russias-duckbill-su-34-combines-features-of-both-bomber-and-fighter_777707) [viitattu 18.2.2020]
- [48] *Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives*. Allied Ammunition Storage and Transport Publication. NATO International Staff – Defence Investment Division. 2010.
- [49] Marcus, J. *Syria: What Russia's military Can Do?*. BBC News, 2015. Saatavissa <https://www.bbc.com/news/world-asia-34411477> [viitattu 13.2.2020]
- [50] McCleskey, F. *Drag Coefficients for Irregular Fragments*. In: Minutes of the Explosives Safety Seminar (22<sup>nd</sup>), Anaheim, California, 26.–28. elokuuta 1986, Yhdysvallat. p. 1549–1590.
- [51] McCoy, R. *Aerodynamic Characteristics of the 30mm XM788E1 and XM789 Projectiles*. U.S. Army Ballistic Research Laboratory. Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1982.
- [52] *Mi-35M (Hind E) Attack Helicopters*. Air Force Technology. Saatavissa <https://www.airforce-technology.com/projects/mi-35m-hind-e/> [viitattu 24.2.2020]
- [53] *Mil Mi-24, Mi-25, and Mi-35*. Jane's Aircraft Updates, 2020. Saatavissa [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau\\_9126-jau\\_](https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_9126-jau_) [viitattu 24.2.2020]
- [54] *Mil Mi-28 (Havoc)*. Military Factory, 2019. Saatavissa [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=156](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=156) [viitattu 25.2.2020]

- [55] *Mil Mi-28*. Jane's All the World's Aircraft, 2019. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0847-jawa> [viitattu 25.2.2020]
- [56] *Mil Mi-35 (Hind)*. Military Factory, 2019. Saatavissa [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=1332](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=1332) [viitattu 24.2.2020]
- [57] Mladenov, A. *MIL Mi-24 Hind Gunship*. Osprey Publishing Ltd, 2010.
- [58] Mladenov, A. *Su-25 'Frogfoot' Units In Combat*. Combat Aircraft 109, Osprey Publishing, 2015.
- [59] Mladenov, A. *Sukhoi Su-25 Frogfoot*. Air Vanguard 9, Osprey Publishing Ltd, 2013.
- [60] Mladenov, A. *The South Ossetia War*. Air Forces Monthly, 2010. January, 2010. s. 64–70.
- [61] Nieuwint, Joris. *The A-10 Tank Buster Was Built Around This Gun – See How They Load This Monster*. War History Online, 2016. Saatavissa <https://www.warhistoryonline.com/war-articles/the-a10-tank-buster-was-built-around-this-gun-see-how-they-load-thismonster.html> [viitattu 3.2.2020]
- [62] Nikolsky, A. *The Army Will Not Be Left Without Rockets*. East View Information Services, 2019. Saatavissa <https://dlib.eastview.com/browse/doc/53871097?searchLink=%2Fsearch%2Fsimple> [viitattu 18.2.2020]
- [63] Noopila, R. *Kranaattien sirpaloitumiselle asetettavat vaatimukset*. Julkaisussa: Tiede Ja Ase, 42 (42), 1984, s. 144–180. Saatavissa <https://journal.fi/ta/article/view/47655> [viitattu 30.3.2020]
- [64] Pirnie, B. Vick, A. Grissom, A. Mueller, K. Orletsky, D. *Beyond Close Air Support. Forging a New Air-Ground Partnership*. RAND Corporation, 2005.
- [65] *Поставки боевых самолетов в Вооруженные Силы России в 2019 году*. Saatavissa <https://bmpd.livejournal.com/3907389.html> [viitattu 24.2.2020]
- [66] PVOHJEK-PE SOTILAALLISEN SUORITUSKYVYN KÄSITEMALLI, HO46. Helsinki: Pääesikunta Suunnitteluosasto, 31.5.2018.
- [67] Rautala, A. *Venäjän sotilasreformi. Asevoimien uusi ilme*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Strategian laitos, 2014.

- [68] Riehungangas, V. *Venäjän operaatio Syyriassa – tarkastelu Venäjän ilmavoimien kyvystä tukea maaoperaatiota*. Diplomityö. Helsinki, 2017. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- [69] Rigby, K. *Aircraft Systems Integration of Air-Launched Weapons*. John Wiley & Sons Ltd, 2013.
- [70] *S-13 rockets*. Weapons: Air-Launched, 2018. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW3001-JALW> [viitattu 2.2.2020]
- [71] *S-13DF*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-13df/> [viitattu 2.2.2020]
- [72] *S-13-OF*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-13-of/> [viitattu 2.2.2020]
- [73] *S-13-T*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-13-t/> [viitattu 2.2.2020]
- [74] *S-24 and S-25 rockets*. Weapons: Air-Launched, 2018. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW9079-JALW> [viitattu 2.2.2020]
- [75] *C-24*. Уголök неба. Saatavissa <http://www.airwar.ru/weapon/anur/s24.html> [viitattu 2.3.2020]
- [76] *S-8 (rocket)*. Revolvly. Saatavissa <https://www.revolvly.com/page/S%252D8-%28rocket%29?smv=24616065&cr=1> [viitattu 12.3.2020]
- [77] *S-8 rockets*. Weapons: Air-Launched, 2020. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW3000-JALW> [viitattu 30.1.2020]
- [78] *S-8DF*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8df/> [viitattu 2.2.2020]
- [79] *S-8KOM*. Areios Defense LLC. Saatavissa <https://www.areiosdefense.com/product/s-8kom/> [viitattu 2.3.2020]
- [80] *S-8KOM*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8kom/> [viitattu 2.2.2020]
- [81] *S-8OM*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8om/> [viitattu 2.2.2020]
- [82] *S-8PM*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8pm/> [viitattu 2.2.2020]



- [83] *S-8T*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8t/> [viitattu 2.2.2020]
- [84] *S-8TsM*. Rosoboronexport. Saatavissa <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/air-to-air-missile/s-8tsm/> [viitattu 2.2.2020]
- [85] Shield, R. *Russian Airpower's Success in Syria: Assessing Evolution in Kinetic Counterinsurgency*. The Journal of Slavic Military Studies, 2018. Vol. 31, No. 2, s. 214–239.
- [86] Sorsa, J. *Venäläiset rynnäkkökoneet – käytön kehittyminen Tšetšenian toisen sodan ja Syyrian sodan perusteella*. Pro gradu. Helsinki, 2017. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- [87] Stanley, A. *Yeltsin Signs Peace Treaty With Chechnya*. New York Times, 1997. Saatavissa <https://www.nytimes.com/1997/05/13/world/yeltsin-signs-peace-treaty-with-chechnya.html> [viitattu 5.2.2020]
- [88] *Sukhoi Su-25 and Su-28*. Jane's Aircraft Updates, 2019. Saatavissa [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau\\_9296-jau\\_](https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_9296-jau_) [viitattu 20.2.2020]
- [89] *Sukhoi Su-34*. Jane's All the Worlds Aircraft, 2019. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0896-jawa> [viitattu 24.2.2020]
- [90] *Syria*. Encyclopedia Britannica. Saatavissa <https://www.britannica.com/place/Syria> [viitattu 13.2020]
- [91] *The Russian Ammunition Page - 30MM*. Saatavissa [http://www.russianammo.org/Russian\\_Ammunition\\_Page\\_30mm.html](http://www.russianammo.org/Russian_Ammunition_Page_30mm.html) [viitattu 16.1.2019]
- [92] Tuomi, J. Sarajärvi, A. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, 2002.
- [93] Tähtinen, J. *Georgian sodan tarkastelu strategisen iskun toteutusperiaatteiden ja torjunnan näkökulmasta*. Diplomityö. Helsinki, 2013. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- [94] Valkola, E. *Kirjallisuustutkimus tutkimusmenetelmänä*. Kirjassa: Lappalainen, Jormakka. Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Julkaisusarja 5, No 1. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 42–49.
- [95] Warden, J. *The Air Campaign. Planning For Combat*. Washington DC: National Defence University Press, 1988.

- [96] *Weapons: Air Launched - FAB-series bombs (legacy)*. Jane's Weapons: Air Launched, 2020. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW2646-JALW> [viitattu 20.2.2020]
- [97] *Weapons: Air-Launched - FAB M-62 series bombs*. Weapons: Air-Launched, 2020. Saatavissa <https://janes.ihs.com/Janes/Display/JALW2651-JALW> [viitattu 26.2.2020]
- [98] Wibke, L. *Investigation of the Effect of Convergent Detonation on Metal Acceleration and Gurney*. Naval Postgraduate School, Monterey, 2012.
- [99] *Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy, 2001.
- [100] Zook, J. Frank, K. Silsby, G. *Terminal Ballistics Test and Analysis Guidelines for the Penetration Mechanics Branch*. U.S. Army Ballistic Research Laboratory. Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1992.

## **LIITTEET**

LIITE 1: GSh-30 ampumatarvikkeiden ominaisuuksia

LIITE 2: 2A42 ampumatarvikkeiden ominaisuuksia

LIITE 3: GSh-30 OFZ-sirpalekranaatin ja 2A42 OFZ-sirpalekranaatin laskennassa käytettyjä lukuarvoja

LIITE 4: Venäläisten sirpalevaikutukseen perustuvien rakettien ominaisuuksia

LIITE 5: Venäläisten vapaasti putoavien pommien ja ohjautuvien pommien ominaisuuksia

**GSh-30 AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUKSIA**

Taulukko. GSh-30 ampumatarvikkeiden ominaisuuksia [2; 91]

Neuvostoliittolainen tyyppimerkintä	Projekttilin paino [g]	Projekttilin lähtönopeus [m/s]	Ampumatarvikkeen kuvaus
OFZ	385	890	Sirpalekranaatti, 48,5g A-IX-2 räjähdeainetta
BR	390	890	Panssarisytytys- ja sirpalekranaatti, 11,5g räjähdeainetta
BT	403	880	Panssarisytytyskranaatti, valojuova
B	390	890	Panssarisytytyskranaatti
ME	403	880	"Multi element", Ammuksessa kevytmetallikärkeen puristettu räjähdeainetta ja 28 erillistä projektiilia
UP	386	890	Harjoituskranaatti

**2A42 AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUKSIA****Taulukko. 2A42 ampumatarvikkeiden ominaisuuksia [2]**

<b>Neuvostoliittolainen tyyppimerkintä</b>	<b>Projektiilin paino [g]</b>	<b>Projektiilin lähtönopeus [m/s]</b>	<b>Ampumatarvikkeen kuvaus</b>
OFZ	390	960	Sirpalekranaatti, 48,5g A-IX-2 räjähdeainetta
OT	387	960	Sirpalekranaatti, valojuova
BP	388	1 120	Herätesytytyskranaatti, BSh-30N sytytin, räjähtää 12 - 28s laukaisusta, räjähdysainetta 48,5g
BT	390	970	Panssarisytytyskranaatti, valojuova

**GSH-30 OFZ-SIRPALEKRANAATIN JA 2A42 OFZ-SIRPALEKRANAATIN LASKENNASSA KÄYTETTYJÄ LUKUARVOJA**

Taulukko. GSh-30:n ja 2A42:n OFZ-sirpalekranaattien ominaisuuksia [2]

	<b>GSh-30 OFZ</b>	<b>2A42 OFZ</b>
<b>M [projektiilin massa] - [A-IX-2 massa]</b>	0,385kg - 0,0485kg = 0,3365kg	0,390kg - 0,0485kg = 0,3415 kg
<b>C [A-IX-2 massa x RDX:n osuus]</b>	0,0485kg x 0,73 = 0,0354kg	
<b>Gurneyn kerroin</b>	2 890 m/s	
<b>Sirpaleen lähtönopeus</b>	914 m/s	907 m/s

## VENÄLÄISTEN SIRPALEVAIKUTUKSEEN PERUSTUVIEN RAKETTIEN OMINAISUUKSIA

Taulukko. Venäläisten sirpalevaikutukseen perustuvien rakettien teknisiä ominaisuuksia [14; 70; 74; 75; 76; 77]

	S-80FP	S-130F	S-24	S-25-O
<b>Taistelukärjen paino [kg]</b>	9,5 kg	31,7 kg	123 kg	150 kg
<b>Räjähdyksaineen määrä [kg]</b>	2,5 - 2,9 kg	6,9 kg	23,5 kg	-
<b>Taistelukärjen toimintaperiaate</b>	Sirpalevaikutus, esisirpaloitu	Sirpalevaikutus, esisirpaloitu, 450 sirpaletta	Sirpalevaikutus, esisirpaloitu, 4 000 sirpaletta	Sirpalevaikutus, esisirpaloitu, 10 000 sirpaletta, räjähtää 5 - 20m korkeudella
<b>Sirpalekoko</b>	Enintään 6g	20 - 35 g	-	-

## VENÄLÄISTEN VAPAASTI PUTOAVIEN POMMIEN JA OHJAUTUVIEN POMMIEN OMINAISUUKSIA

Taulukko. Venäläisten vapaasti putoavien pommiin ja ohjautuvien pommiin laskennassa käytettyjä lukuarvoja [24; 37; 97]

	<b>FAB-250 M-62</b>	<b>FAB-500 M-62</b>	<b>KAB-500S</b>
<b>Pommin tai taistelukärjen massa [kg]</b>	250	500	460
<b>Räjähdeaineen massa C [kg]</b>	149	200	195
<b>Teräskuoren massa M [kg]</b>	101	300	265
<b>Gurneyn kerroin [m/s]</b>	2 423	2 423	2900