

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**SUOJAN PARANTAMINEN TILAPÄISVÄLINEILLÄ – VIIMEISIMPIEN SOTIEN
KOKEMUKSIA**

Kandidaatin tutkielma

Kadetti

Henrik Salonen

99. Kadettikurssi

Maasotalinja

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
99. Kadettikurssi	Maasotalinja
Tekijä	
Kadetti Henrik Salonen	
Tutkielman nimi	
Suojan parantaminen tilapäisvälineillä – Viimeisimpien sotien kokemuksia	
Oppiaine johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotatekniikka	MPKK:n kurssikirjasto
Aika	
Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 21 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ	
<p>Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella erilaisia tilapäismateriaaleja suojan parantamiseksi taistelukentällä. Aihe on valikoitunut tutkijan omasta mielenkiinnosta, sekä ajankohtaisuudesta muun muassa Ukrainan sekä Syyrian kriisien takia.</p> <p>Tutkimuksessa on käytetty päämenetelmänä kirjallisuustutkimusta, jolla on eri lähteistä hankittu tietoa ampumarvikkeista sekä suojamateriaalien ominaisuuksista. Tätä on tuettu kuva-analyysillä, jolla on hankittu kuvia eri konflikteissa käytetyistä tilapäissuojista sekä panssareista, ja niiden avulla arvioitu näiden toimivuutta.</p> <p>Tuloksiksi saatiin, että maailmalla on käytetty paljon erilaisia toimivia tilapäisratkaisuja suojan ja panssaroinnin suhteen. Ainoana kysymyksenä on käytännöllisyys esimerkiksi ajoneuvojen tilapäispanssaroinnin ja lisääntyvän polttoaineen kulutuksen suhteen, mutta siihen ei sen tarkemmin oteta kantaa tässä tutkimuksessa.</p>	
AVAINSANAT	
Suojaus, konfliktit, tilapäisvälineet, ampumarvikkeet,	

SUOJAN PARANTAMINEN TILAPÄISVÄLINEILLÄ – VIIMEISIMPIEN SOTIEN KOKEMUKSIA

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Ajankohtaisuus ja tutkimusongelma	1
1.2.	Näkökulma ja rajaukset	2
1.3.	Aikaisemmat tutkimukset ja lähteet	2
1.4.	Tutkimuksen rakenne	3
2.	AMPUMATARVIKKEIDEN TARKASTELU	4
2.1.	Yleistä.....	4
2.2.	Käsiaseen patruuna 7.62x39mm.....	4
2.3.	30mm konetykki.....	5
2.4.	Sirpaleet.....	6
2.5.	Johtopäätökset	7
3.	SUOJAMATERIAALIEN TARKASTELU	8
3.1.	Yleistä.....	8
3.2.	Teräs	8
3.3.	Betoni	9
3.4.	Puu.....	10
3.5.	Johtopäätökset	10
4.	KUVA-ANALYYSI	12
4.1.	Yleistä.....	12
4.2.	Ajoneuvojen suojaus	12
4.3.	Jalkaväen suojaus	16

4.4.	Johtopäätökset	18
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET	20
5.1.	Yleisesti	20
5.2.	Ratkaisujen toimivuus Suomessa	20
5.3.	Johtopäätökset ja lisätutkimuksen tarve	20

SUOJAN PARANTAMINEN TILAPÄISVÄLINEILLÄ – VIIMEISIMPIEN SOTIEN KOKEMUKSIA

1. JOHDANTO

1.1. Ajankohtaisuus ja tutkimusongelma

Suojan tutkiminen on aina ajankohtaista. Ihmisten luontaiseen käyttäytymiseen kuuluu suojan hakeminen silloin, kun kuoleman uhka on välitön. Sodissa ja konflikteissa kuoleman uhka on läsnä päivittäin, jolloin haetaan myös suojaa erilaisin välinein. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaisia suojautumiskeinoja ihmiset ovat viimeisimmissä konflikteissa käyttäneet, kun varsinaiset tai viralliset suojavälineet ovat riittämättömiä, tai niitä ei ole saatavilla. Erityisen ajankohtaiseksi aiheen tekee Ukrainan kriisi, jossa käytettyjä tilapäisvälineratkaisuja on tässä tutkimuksessa käsitelty.

Tutkimusongelmana on: Millaisia menetelmiä suojan parantamiseen maailmalla on eri konflikteissa käytetty?

Alakysymyksinä: Mitä on suoja?

Luodin ja sirpaleiden kineettiset vaikutukset, ja mitä niiltä suojautumiseen vaaditaan?

30mm konetykiltä suojautuminen tilapäisvälinein?

Millaisia käytännön sovelluksia maailmalta löytyy, ja arviointi miltä ne suojaavat?

Tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuustutkimusta jota tuetaan kuva-analyysillä. Kirjallisella tutkimuksella tarkoitetaan erilaisten artikkeleiden, sekä aiempien tutkimuksien tarkastelamista, ja niistä löytyvien tietojen käyttämistä suojan arviointiin. Kuva-analyysissä tarkastellaan kuvien avulla erilaisia suoja- ja niiden mahdollisia suoja-arvoja. Tämä tarkoittaa kuvissa näkyvien materiaalien laadun sekä paksuuden arvioimista.[1]

1.2.Näkökulma ja rajaukset

Tutkielma on rajattu koskemaan vain ballistista suojaa. Tämä tarkoittaa suojautumista erilaisilta fyysisiltä uhilta, kuten luodeilta ja kranaattien sirpaleilta. Tämä siitä syystä, että jos tutkimuksessa käsiteltäisiin myös suojaa erilaisilta sensoritähystyksiltä, paisuisi tutkimus huomattavasti yli sille asetettujen rajojen. Lisäksi muun muassa lämpötähystykseltä suojautumista käsitellään toisessa tutkimuksessa, ja siinäkin nimenomaan tilapäisvälineillä. Maanpäällisen linnoittamisen käsikirja käskee määritellä suojan tapauskohtaisesti [2]. Linnoittamisopas 2 kuitenkin käsittelee passiivisen suojan käsitettä, mihin kuuluvat: liikkuvuus, maastouttaminen, valelaitteet, hajauttaminen, panssarointi sekä linnoittaminen[3]. Näistä osa-alueista tässä tutkimuksessa keskitytään panssarointiin sekä linnoittamiseen. Liikkuvuuteen sekä maastouttamiseen otetaan kantaa ainoastaan yleisellä tasolla, mutta niitä ei tutkita tarkemmin.

Tutkimuksen näkökulma on tekninen. Tarkoituksena on tutkia eri suojautumismenetelmiä ensinnäkin laskemalla niiden tarjoamaa suojaa, sekä analysoimalla kuinka haastavaa kyseisen suojan käyttäminen tai rakentaminen on. Esimerkkinä, kymmenen tonnin kivi suoja kyllä hyvin sirpaleilta, mutta sen kuljettaminen oikeaan paikkaan tilapäisvälineillä voi olla haastavaa.

1.3.Aikaisemmat tutkimukset ja lähteet

Aikaisempaa tutkimusta vastaavasta aiheesta ei löytynyt. Suojan osalta on tutkittu lähinnä ajoneuvojen, kuten taistelupanssarivaunujen, suojausta, sekä muita varsinaisia menetelmiä. Tilapäisvälineiden tutkimus ainakin Suomessa on jäänyt tekemättä.

Lähteinä tässä tutkimuksessa toimivat suurelta osin erilaiset artikkelit etenkin ulkomailta.. Lisäksi käytössä on Puolustusvoimien omia oppaita sekä ohjesääntöjä, joista voidaan katsoa vertailukohtia varsinaisista puolustuslaitteista tilapäisille vastaaville. Erilaisten materiaalin tuottajien ja jälleenmyyjien sivustoja on käytetty materiaalien ominaisuuksien, yleisyyden sekä käyttötarkoitusten selvittämiseen. Tutkimuksessa on myös hyödynnetty foorumeita, jonne sotilaat sekä sotimisesta kiinnostuneet ovat ladanneet kuvia eri konflikteista. Näitä foorumeita ei siis käytetä tiedon hankkimiseen, vaan analysoitavien kuvien lähteenä. Näin ollen ei ole merkitystä, onko kuva sieltä, mistä sen väitetään olevan kun tarkastellaan ainoastaan käytettyä linnoitus- tai panssarointiratkaisua.

1.4. Tutkimuksen rakenne

Ensimmäisessä osassa selvitetään erilaisten ampumatarvikkeiden kineettisiä energioita matemaattisilla kaavoilla. Tässä tutkimuksessa tullaan käsittelemään lähinnä jalkaväen käsiaseiden ampumatarvikkeita, sekä tykistön sirpalekранаattien sirpaleiden kineettisiä energioita.

Toisessa osassa tullaan käsittelemään erilaisten materiaalien suoja-arvoja. Näitä tullaan määrittämään edellisen osan tulosten avulla niin ikään matemaattisin kaavoin. Tarkoituksena on tämän osan lopuksi olla tiedossa, kuinka paljon mitäkin materiaalia tarvitaan pysäyttämään erilaiset ampumatarvikkeet.

Kolmannessa osassa suoritetaan kuva- sekä kirjallisuusanalyysiä erilaisista maailmalta löytyvistä suojautumisen sovelluksista. Käytännössä tullaan siis tarkastelemaan kuvia ja kuvauksia erilaisista asemista, joissa on käytetty tilapäismateriaaleja. Näistä analysoidaan, minkälaisia ampumatarvikkeita vastaan ne antaisivat suojaa.

Viimeisessä luvussa on yhteenveto kaikesta, sekä lopulliset johtopäätökset. Luvussa tullaan käsittelemään ja vertailemaan eri suojautumismenetelmät ja niiden käytännöllisyys verraten niiden antamaan suoja-arvoon. Tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että kuinka paljon vaivaa suojan rakentamiseen on todennäköisesti käytetty verraten sen antamaan suoja-arvoon. Luvussa otetaan myös kantaa siihen, olisivatko käytetyt ratkaisut toimivia tai käytännöllisiä Suomessa.

2. AMPUMATARVIKKEIDEN TARKASTELU

2.1. Yleistä

Tässä luvussa tullaan tarkastelemaan yleisesti käytettyjä ampumatarvikkeita, joita vastaan myöhemmissä luvuissa suoja-arvoja tullaan vertaamaan. Nämä ampumatarvikkeet ovat 7.62x39mm patruuna, 30mm konetykin ontelo- sekä alikaliiperiammus, sekä 1,1g:n sirpale. 7.62x39mm patruunaa tarkastellaan siitä syystä, että sitä käyttää maailman yleisin rynnäkkökivääri kaikkine eri variaatioineen, AK-47**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.** 30mm kone-tykki valikoitui, sillä Suomessa käytössä olevat rynnäkköpanssarivaunut käyttävät 30mm kone-tykkeitä[11]. 1,1g:n sirpale on puolestaan yleisin tutkimuksissa käytetty sirpale[12], joten on luontevaa käyttää kyseistä sirpalekokoa myös tässä tutkimuksessa.

2.2. Käsiaseen patruuna 7.62x39mm

7.62x39mm patruunatunnus tarkoittaa, että ase-*piipun sisämitta on kapeimmillaan 7,62mm* [3] ja patruunan hylsyn pituus on 39mm [3]. Luodin massa on 8,04 g ja lähtönopeus n. 710 m/s.[3][6][8] Tällöin saadaan voidaan käyttää liike-energian kaavaa:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Kaava 1 Kineettisen energian kaava missä:

E_k = Kineettinen energia jouleina (J)

m = Luodin massa kiloina (kg)

v = Luodin nopeus (m/s). [9]

Näin ollen luodin kineettinen energia lähtötilanteessa on n. 2026J:a

Tutkimalla patruunataulukkoa, saadaan luodin nopeudet muillekin etäisyyksille. Taulukossa tarkasteltavat etäisyydet ovat 0m, 100m, 200m sekä 300m ja nopeudet näille 715m/s, 632m/s, 555m/s sekä 487 m/s. Taulukossa on suoraan laskettu myös liike-energian määrät näille etäisyyksille, jotka voidaan varmistaa kaavaa 1 käyttämällä. Nämä energiamäärät ovat 2045J, 1598J, 1233J sekä 948J. [10] Näistä ensimmäinen on lähtönopeus, joka on laskettu jo aiemmin tässä luvussa ja on hyvin lähellä kaavasta 1 saatua tulosta. Ero johtuu annetun lähtönopeuden erosta, joka vaihtelee lähteestä riippuen. Tässä tutkimuksessa käytetään kuitenkin SAKO:n patruunataulukon arvoja.

KALIIPERI	LUOTI		Paino				RIISTA								NOPEUS				ENERGIA					
	Koodi	Tyyppi				🦅	🦆	🦇	🦈	🦉	🦊	🦋	🦌	🦍	🦏	m/s			Joulea					
			g	g/s	BC1											0	100	200	300	0	100	200	300	
222 Rem	105G	SPEEDHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	975	800	638	515	1540	1028	660	428
222 Rem Range	105G	SPEEDHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	975	800	638	515	1540	1028	660	428
222 Rem	106G	GAMEHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	975	800	638	515	1540	1028	660	428
222 Rem	422G	ARROWHEAD	3,2	50	0,238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	975	840	717	604	1540	1142	832	592
222 Rem	110G	GAMEHEAD	3,56	55	0,207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	842	700	573	1780	1261	871	585
222 Rem	111G	RACEHEAD	3,4	52	0,221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	925	785	660	550	1455	1048	741	514
222 Rem Mag	105G	SPEEDHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	985	805	646	522	1572	1051	677	441
222 Rem Mag	106G	GAMEHEAD	3,2	50	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	985	805	646	522	1572	1051	677	441
222 Rem Mag	110G	GAMEHEAD	3,56	55	0,207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1015	855	711	584	1834	1301	901	607
223 Rem	105G	SPEEDHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	985	805	646	522	1572	1051	677	441
223 Rem	106G	GAMEHEAD	3,2	50	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	985	805	646	522	1572	1051	677	441
223 Rem	422G	ARROWHEAD	3,2	50	0,238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	985	849	725	612	1872	1167	851	607
223 Rem	110G	GAMEHEAD	3,56	55	0,221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1015	855	711	584	1834	1301	901	607
223 Rem	113G	RACEHEAD	4,5	69	0,300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	865	765	671	588	1673	1307	1008	772
22-250 Rem	105G	SPEEDHEAD	3,2	50	0,181	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1150	950	776	623	2142	1461	976	630
22-250 Rem	106G	GAMEHEAD	3,2	50	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1150	950	776	623	2142	1461	976	630
22-250 Rem	422G	ARROWHEAD	3,2	50	0,238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1150	996	858	734	2142	1607	1194	872
22-250 Rem	110G	GAMEHEAD	3,56	55	0,221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1115	945	790	651	2213	1590	1111	755
59PC USA	117E	RACEHEAD	4,5	70	0,255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	945	825	715	610	2310	1532	1150	838
243 Wn	114E	SPEEDHEAD	5,8	90	0,350	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	870	761	700	625	2195	1770	1421	1131
243 Wn	112E	GAMEHEAD	5,8	90	0,349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	955	861	775	695	2645	2148	1740	1398
243 Wn	113E	GAMEHEAD	6,5	100	0,270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	905	821	741	664	2662	2192	1782	1434
243 Wn	130E	DEERHEAD	6,5	100	0,257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	915	793	680	578	2713	2035	1500	1082
25-06 Rem	125E	GAMEHEAD	7,6	117	0,381	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	910	829	753	681	3105	2579	2128	1740
260 Rem Range	118H	SPEEDHEAD	6,5	100	0,250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	920	795	692	577	2743	2051	1506	1080
260 Rem	121H	RACEHEAD	8,0	123	0,510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	870	810	752	697	3016	2614	2256	1937
260 Rem	122H	DEERHEAD	10,1	156	0,360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	750	673	600	532	2843	2287	1819	832
6.5x55 SE Range	118H	SPEEDHEAD	6,5	100	0,250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	850	732	623	525	2341	1736	1259	894
6.5x55 SE	119H	RACEHEAD	9,0	139	0,526	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	850	803	758	714	3251	2903	2387	2296
6.5x55 SE	120H	GAMEHEAD	10,1	156	0,377	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	720	644	574	3232	2616	2096	1662
7x33 Sako	108B	SPEEDHEAD	5,1	78	0,147	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	740	571	437	344	1398	832	487	303
7x33 Sako	109B	GAMEHEAD	5,1	78	0,147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	740	571	437	344	1398	832	487	303
270 Wn	485B	POWERHEAD	8,4	130	0,431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	850	780	714	651	3243	2564	2145	1784
270 Wn	211B	HAMMERHEAD	10,1	156	0,321	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	840	745	660	581	3583	2805	2200	1705
7x64	121B	GAMEHEAD	7,8	120	0,322	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	945	850	760	680	3483	2820	2255	1802
7x64	407B	ARROWHEAD II	9,7	150	0,515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	900	839	781	725	3930	3410	2960	2550
7x64	216B	HAMMERHEAD	11,0	170	0,407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	850	775	705	640	3974	3304	2735	2255
7 x 65R	216B	HAMMERHEAD	11,0	170	0,407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	728	662	599	3520	2917	2409	1976
7 mm Rem Mag	407B	ARROWHEAD II	9,7	150	0,515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	925	863	804	747	4150	3610	3130	2700
7 mm Rem Mag	216B	HAMMERHEAD	11,0	170	0,407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	965	927	853	806	4505	3759	3121	2550
7,62 x 39	117A	SPEEDHEAD	8,0	123	0,342	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	715	632	555	487	2045	1598	1233	948
7,62 x 39	134A	GAMEHEAD	8,0	123	0,342	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	715	632	555	487	2045	1598	1233	948

Kuva 1 Osa SAKO:n patruunataulukosta, alimpana 7,62x39mm tiedot[16]

2.3.30mm konetykki

Tässä tutkimuksessa konetykillä tarkoitetaan rynnäkköpanssarivaunuista löytyviä konetykkeitä. Tässä tapauksessa tarkastellaan 30x173mm konetykin alikaliiperi sekä onteloammuksia. Sirpaleammuksia ei käsitellä erikseen, sillä sirpaleita yleensä käsitellään seuraavassa luvussa.

Alikaliiperiammusten läpäisykyky perustuu pelkästään kineettiseen energiaan. Niissä on raskasmetallisydän, joka on asean kaliiperia huomattavasti pienempi, ja tuottaa näin suuren paineen pienelle alueelle. [3] ATK:n alikaliiperiammukselle luvataan lähtönopeudeksi 1385 m/s ja projektiilin painoksi 235 g.[11][12] Tästä voidaan kaavaa 1 käyttäen laskea sen kineettiseksi energiaksi 225391J:a, eli n.225kJ:a lähtötilanteessa.

Ontelohanokseen perustuvat ammuksset toimivat suunnatulla räjähdysvaikutuksella. Räjähdys aiheuttaa sen edessä olevan kuparikartion työntymisen suihkuna kohti läpäistävää kohdetta n.

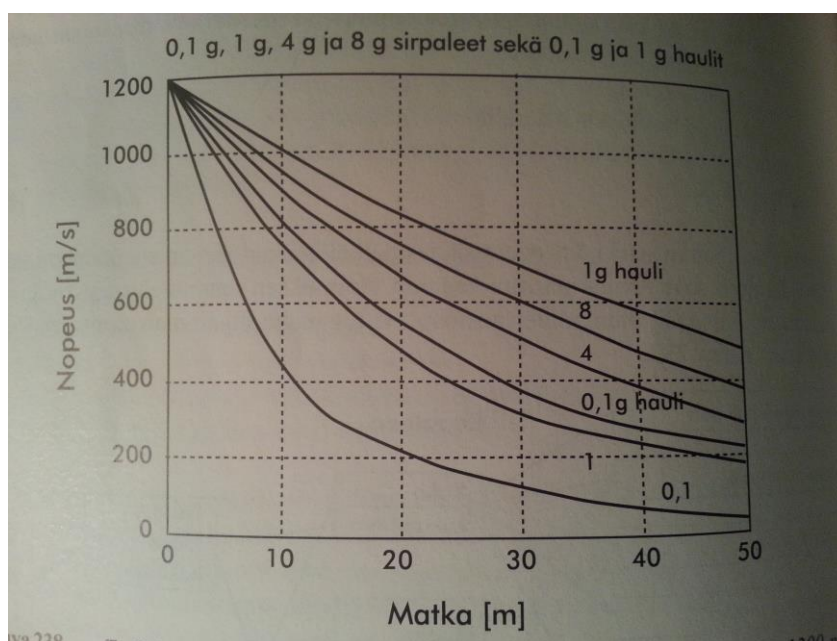
8000m/s nopeudella. [3] Ontelohanosten läpäisy voidaan laskea olevan 5-7 kertaa ammuksen kaliiperi tasalaatuisessa kohteessa[13]. Tässä tapauksessa siis 150-210mm, kun kyseessä on 30mm onteloammus.

2.4.Sirpaleet

Tykistön ja kranaatinheittimien ampumatarvikkeissa sirpaleet ovat kaikkein suurimmassa roolissa. 1900-luvun sodissa sirpalevaikutukseen perustuvat aseet tuottivat suurimman osan tappioista, ja edelleen erilaiset sirpaleammukset ovat käytetyimpiä sotatarvikkeita. [14] Tästä syystä on erityisen tärkeää tarkastella kyseisiltä ampumatarvikkeilta suojautumista. Erikois-ampumatarvikkeilta tai sirpaleammusten täysosumilta suojautumista ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Tykistön sirpaleammusten kuori valmistetaan joko teräksestä tai valuraudasta. Optimaalisena sirpalekokona pidetään n. 0,5-10g.[13] Tässä tutkimuksessa tarkastellaan 1,1g sirpaletta, joka on yleisimmin tutkimuksissa käytetty sirpalekoko[6]. Tämä johtuu siitä, että tutkimusten mukaan 105-155mm kranaattien sirpaleista n. 50% on kokoluokkaa 0,5-2,0g ja osuneista sirpaleista 77% on 0,1-1,0g ja 21% 1,0-10g[14].

Sirpaleiden lähtönopeudet vaihtelevat ampumatarvikkeesta riippuen 600 – 1500 m/s välillä [13], mutta suojamateriaaleja testattaessa yleisenä lähtönopeutena käytetään 1200 m/s[6]. Sirpaleet kuitenkin menettävät liike-energiaansa nopeasti epäedullisen muotonsa vuoksi, ja näin ollen läpäisykyky eri etäisyyksille vaihtelee [13].



Kuva 2 Sirpaleiden hidastuvuus ilmassa lähtönopeudella 1200 m/s[3]

Tarkastellaan kuvan 2 yhden gramman sirpaletta. Ero 1,1g:n sirpaleeseen on niin pieni, ettei sillä tässä tutkimuksessa ole merkitystä. Taulukosta voidaan suoraan lukea sirpaleen nopeusarvot eri etäisyyksille. Tässä tapauksessa ne ovat 10m:ssä 780 m/s, 20m:ssä 450 m/s, 30m:ssä 250 m/s, 40m:ssä 210 m/s ja 50m:ssä 190 m/s. [3]

Kaavalla 1 saadaan laskettua 1,1g:n sirpaleen kineettinen energia 10m etäisyydelle n. 335J:a, 20m etäisyydelle n. 111J:a, 30m etäisyydelle n. 34J:a. Kun tehokkaan sirpaleen energian tulee olla vähintään 80J:a, [3] voidaan todeta että 1,1g:n sirpale pysyy tehokkaana hieman yli 20m:iin asti. Yksinkertaisuuden vuoksi tarkastellaan kuitenkin vain 10 ja 20m:n etäisyyksiä.

2.5.Johtopäätökset

Tämän luvun loppu tulemana on saatu kaikille kolmelle tarkastellulle ampumatarvikkeelle kineettisen energian määrä tai läpäisykyky muuten riittävällä tarkkuudella eri etäisyyksille. Näitä arvoja tullaan myöhemmin vertaamaan suojamateriaalien kykyyn vastustaa läpäisyä. Lähtöenergioiksi ampumatarvikkeille saatiin käsiaseelle 2045J:a, konetykin alikaliiperiammukselle 225kJ:a, ja sirpaleelle 335kJ:a. Konetykin onteloammukselle ei kineettistä energiaa laskettu, sillä sen läpäisy on helpompi ilmaista pelkkänä läpäisynä millimetreissä.

Näitä arvoja tullaan vertaamaan seuraavassa luvussa käsiteltäviin materiaaleihin ja niiden suoja-arvoihin. Suurin osa seuraavan luvun tiedoista on otettu Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjasta, jossa suojavahvuutta on tarkasteltu ainoastaan yhdellä arvolla, joka oletuksena on lähtönopeus. Siksi kineettisten energioiden laskeminen eri etäisyyksille oli olennaista etenkin pienemmillä ampumatarvikkeilla kuten kiväärin patruunalla sekä sirpaleella.

Konetykin osalta ontelon läpäisykykyyn ei ampumaetäisyys vaikuta, ja alikaliiperiammuksen kineettinen energia on yli sata kertaa suurempi kuin rynnäkkökiväärin. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalivahvuus mikä konetykiltä suojautumiseen vaaditaan, tulee olemaan niin suuri että se tuskin on tilapäisvälineillä järkevästi toteutettavissa.

3. SUOJAMATERIAALIEN TARKASTELU

3.1. Yleistä

Suojamateriaalista tarkastellaan tässä tutkimuksessa terästä, betonia sekä puuta. Nämä kolme valikoituivat siitä syystä, että ne ovat yleisiä materiaaleja. Kaksi ensimmäistä ovat yleisiä etenkin rakennetuilla alueilla[15], ja viimeinen on yleinen metsämaastossa. Tarkoituksena on tarkastella jokaisen materiaalin suoja-arvoja sekä erilaisia käyttömahdollisuuksia niille. Käytännössä kaikista edellä mainituista materiaaleista valmistetaan myös ns. oikeita suojarakenteita erilaisten valmisosalinnoitteiden muodossa[16]. Tästä syystä niitä on luontevaa käyttää myös tilapäisratkaisuissa, joissa materiaalit eivät tule valmiina, vaan ne joudutaan ensin etsimään ja sen jälkeen mahdollisesti työstämään.

Tässä tutkimuksessa suoja-arvolla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon kyseinen materiaali kestää verrattuna panssariteräkseen. Panssariteräksellä tarkoitetaan RHA - panssariterästä (Rolled Homogenous Armor) jota käytetään yleisesti vertailuna muille panssareille. RHA – panssariteräs on standardoitu, jolloin sen voidaan olettaa olevan tasalaatuista. [3] Panssariteräs pysäyttää käsiaseen luodin 1cm materiaalivahvuudella[2]. Tätä materiaalivahvuutta verrataan muiden materiaalien vastaavaan. Oppaissa ei kuitenkaan määritellä miltä etäisyydeltä ammuttaessa tämä materiaalivahvuus on toimiva. [2] Tässä tutkimuksessa oletetaan, että kyseinen materiaalivahvuus suojaa siis 7.62x39mm luodilta, joka liikkuu lähtönopeudellaan. Tämä siitä syystä, että olisi loogista laittaa oppaaseen sellainen materiaalivahvuus joka suojaa kyseiseltä ampumatarvikkeelta, ammuttiin se miltä etäisyydeltä tahansa.

3.2. Teräs

Terästä ja rautaa on saatavilla etenkin asutuskeskuksista erilaisissa muodoissa. Terästä löytyy muun muassa liikennemerkeistä[17], joista saa esimerkiksi tukipaaluja erilaisiin linnoitteisiin. Monessa talossa on teräskattoja, joista saadaan ohuita teräslevyjä erilaisiin käyttötarkoituksiin[18]. Parhaassa tapauksessa teräs tulee levyinä, jolloin siitä on helppo rakentaa erilaisia suojarakenteita tai käyttää puun ja betonin tapaan poteroiden lujitteena. Metallilevyjä löytyy muun muassa metallialan yritysten varastoista, sekä rautakaupoista.[19]

Teräksestä löytyy monia eri seoksia, joilla on erilaisia ominaisuuksia toisiinsa nähden [20], mutta tässä tutkimuksessa käsitellään terästä ainoastaan yleisesti, ja käytetään Linnoittamisopas 1:n Yleisen Ase- ja Asejärjestelmä oppaan sekä Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjan antamia suojavahvuuksia teräkselle[2]. Metallikontit toimivat jonkinlaisina suojina jo itsessään ja niitä on Linnoittamisopas 2:n mukaan tarkoituskin käyttää rakennetulla alueella sekä satamissa [3], mutta niistä on helppo myös rakentaa esimerkiksi majoituspoteroita kaivamalla ne maan sisään ja päällystämällä ne maa-aineksella.

Yleisesti saatavilla olevista metalleista teräs on ominaisuuksiltaan paras johtuen esimerkiksi sen lujuudesta sekä sitkeydestä, pois lukien panssarititaani, joka on puolestaan niin kallista, että sitä tuskin on saatavilla tilapäisvälineeksi käytettäväksi. Muut yleisesti saatavilla olevat metallit, kuten alumiini, eivät anna läheskään yhtä hyviä suoja-arvoja, mutta käyvät kuitenkin lujikkeista poteroille paremman puutteessa. [3]

Puolustusvoimien oppaat määrittävät käsiaseilta suojautumiseen 2cm materiaalivahvuuden teräkselle. Panssariteräkseen verrattuna tämä on kaksinkertainen materiaalivahvuus.

3.3.Betoni

Erilaisia betonielementtejä käytetään yleisesti rakennuksissa [21], ja tästä johtuen alueilla joissa käydään kaupunkitaisteluita, on näitä materiaaleja myös hyvin yleisesti saatavilla. Kevytsoraharkot ovat kevytsorabetonista valmistettuja standardimittaisia rakennustarvikkeita. [22] Kevytsoraharkoista onkin varsin helppoa valmistaa erilaisia tilapäissuojia hyvinkin nopeasti, ja jos joukko onnistuu löytämään laastia, saa niistä tehtyä isojakin rakennelmia. Kokonaisbetoniharkkoja voidaan käyttää joko itsessään suojana, tai esimerkiksi vahvistamaan poteroiden tai korsujen seiniä. Näin tehdään myös varsinaisissa valmisosapoteroissa, joissa betonielementit tulevat valmiina, vaatien ainoastaan asennuksen. Betonia on saatavilla myös muualla kuin kaupungeissa, joko uudemmista asuintaloista tai esimerkiksi junaratapalkeista.

Betonia voi valaa myös itse, jos löytää sopivat välineet sekä raaka-aineet. Betonia tehdään sekoittamalla sementtiä, vettä sekä hiekkaa tai soraa tietyssä suhteessa keskenään. Betoni valetaan muotoonsa muotin avulla, joka voidaan tehdä esimerkiksi laudoista. Betonia voidaan lujittaa valamalla sen sisään raudoitusta. [21] Tällä tavalla on mahdollista tehdä halutunlaisia suojia niin kauan kuin sementtiä ja muottien valmistusvälineitä riittää.

Yleisen Ase- ja Asejärjestelmäoppaan sekä Linnoittamisopas 1:n mukaan betoni pysäyttää käsiaseen luodin kun sen paksuus on n. 20 cm [3], mutta Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjan mukaan vaadittava materiaalivahvuus on 30 cm betonille ja 15cm teräsbetonille [2]. Tässä tutkimuksessa käytetään Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjan materiaaliarvoja, sillä siinä vaadittava vahvuus on suurempi, ja näin ollen varmempi. Yleisen Ase- ja Asejärjestelmäoppaan ja Linnoittamisopas 1:n materiaaliarvo saattaa myös olla keskiarvo betonista ja teräsbetonista, jolloin on parempi käyttää Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjan antamia arvoja molemmille erikseen. Panssariteräkseen verrattaessa betonia tarvitaan siis 30-kertainen määrä ja teräs betonia 15-kertainen.

3.4.Puu

Puuta on Suomen oloissa saatavilla hyvin runsaasti. Suomen pinta-alasta n. 78% on metsää, mikä tekee Suomesta Euroopan metsäisimmän maan.[23] Myös kaupungeista löytyy paljon erilaisia puun lähteitä. Tällaisia ovat erilaiset huonekalut kuten pöydät, mutta myös erilaisista rakennuksista löytyy puusta tehtyjä osia. Sama pätee toki myös maaseudulla, missä etenkin vanhat talot on usein rakennettu puusta. Puusta tehdyt rakennukset tarjoavat myös materiaalia, mikäli rakennusta ei jostain syystä haluta käyttää sellaisenaan. [24]

Puuta käytetään yleisesti myös varsinaisissa linnoitteissa lujitteina, joiden päälle kasataan maa-ainesta antamaan poteron suojakertoimet. Linnoitteita tulee myös valmissarjoina, joissa puut on valmiiksi pätkitty oikean mittaisiksi. Pelkästään puusta tehdyt linnoitteet eivät kuitenkaan anna kovin kummoista suoja-arvoa. Tuore puu suojaa käsiaseelta kun sitä on 60cm paksu kerros. Panssariteräkseen verrattaessa puuta vaaditaan 60-kertaisesti, sillä tuore puu pysäyttää käsiaseen luodin, kun sitä on 60cm paksu kerros. [2]

3.5.Johtopäätökset

Luvussa vertailtiin eri materiaalien suoja-arvoja RHA - panssariteräkseen, jotta myöhemmissä luvuissa voitaisiin tarkastella erilaisten ratkaisujen suoja-arvoja. Vertailusuhteiksi saatiin teräkselle 2:1, teräsbetonille 15:1, betonille 30:1 ja puulle 60:1.

Pikaisella tarkastelulla teräs vaikuttaisi kaikkein parhaalta materiaalilta kun sitä verrataan panssariteräkseen. Teräksen suurin ongelma on kuitenkin sen saatavuus etenkin metsäisessä maastossa. Jollei lähistöltä löydy hyviä teräksen lähteitä, kuten rautakauppoja tai metallipajoja, ei terästäkään ole saatavilla ainakaan hyödyllisessä muodossa. Tukipilareina poteroille puu

on kuitenkin vähintäänkin yhtä hyvää kuin metalli, ja sitä on huomattavasti helpommin saatavilla, kun tarkastellaan Suomalaista maastoa.

Betonin suurena etuna on sen yleisyys etenkin kaupungeissa, mutta myös muualla. Ongelmana sillä puolestaan on työstettävyys. Jotta betonia voitaisiin valaa paikan päällä, tarvitaan betonimylyjä sekä ammattitaitoa. Ammattitaidoton betoninvalaja saattaa tehdä betonista haluttua hauraampaa, jolloin sen antama suoja-arvo ei ole toivotunlainen. Toisaalta, jos ammattitaitoisia henkilöitä löytyy ja välineet on saatavilla, pystyy joukko itsenäisesti valmistamaan hyvinkin vahvoja linnoitteita. Itse materiaalien hankkiminen saattaa tosin myös muodostua ongelmaksi. Hiekkaa Suomalaisesta moreenimaasta löytyy helposti, mutta betonilaastin löytäminen on haasteellista. Sitäkin löytyy rautakaupoista, mutta niitä ei välttämättä ole kaikkien joukkojen välittömässä läheisyydessä.

Puu on puhtaasti tekniseltä kantilta katsottuna tarkastelluista suojamateriaaleista heikoin. Kuten tässä luvussa onkin todettu, sitä on tarkoitus käyttää lähinnä linnoitteiden vahvikkeena, jolloin suoja-arvon tuottaa sen päälle tai eteen kasattava maa-aines. Toisaalta kuitenkin sitä voidaan käyttää myös vaunujen suojaamiseen. Ampumatarvike luvussa on käsitelty muun muassa onteloammusta, joka läpäisee tasalaatuista ainetta tietyn verran, ja on hyvin riippuvainen etäisyyteen millä se räjähtää kohteesta. Puulla voitaisiin kyetä luomaan ajoneuvoihin kevyitä rakenteita, jotka mahdollisesti räjäyttävät nämä onteloammukset tai raketit kauempana itse panssaroinnissa, aiheuttaen näin pienemmän läpäisyn. Alikaliiberiammukseen puulla ei kuitenkaan ole yhtä merkittävää vaikutusta, sillä ne perustuvat kineettiseen energiaan.

4. KUVA-ANALYYSI

4.1. Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia käytännön sovelluksia, joita maailmalla on eri sodissa ja konflikteissa käytetty. Tarkoituksena on perehtyä kuviin eri konflikteista, ja tarkastella edelliisiin lukuihin viitaten, miltä erilaiset ratkaisut saattaisivat suojata. Absoluuttiseen totuuteen ei tällä menetelmällä voi päästä, mutta valistuneella arviolla voidaan hyvinkin päätellä ovatko eri ratkaisut jatkotutkimuksen arvoisia, vai voidaanko ne suoralta kädeltä hylätä.

Ensimmäisessä osassa tarkastellaan erilaisia ajoneuvojen suojausta käsitteleviä käytännön ratkaisuja. Tällaisia maailmalta löytyy muun muassa Meksikosta, mutta myös Itä-Ukrainassa on käytetty erilaisia metallilevyjä suojaamaan ajoneuvoja sekä luodeilta että sirpaleilta. Myös länsimaiset sotajoukot ovat käyttäneet tilapäisvälineitä ajoneuvojensa suojaamiseen, ja osasta näistä tilapäisvälineistä on kehitetty myös varsinaisia suojavälineitä ajoneuvoille.

Toisessa osassa perehdytään jalkaväen eri konflikteissa käyttämiin suojautumisratkaisuihin. Niitä löytyy paljon erityisesti eri Lähi-Idän konflikteista. Itä-Ukrainan kriisistä on tässä tutkimuksessa käytetty paljon kuvia. Ukraina sopiikin tutkimuskohteeksi hyvin, sillä se on ajankohtainen, sekä suhteellisen lähellä oleva kriisitilanne, mistä pystytään ottamaan oppia myös Suomeen.

4.2. Ajoneuvojen suojaus

Sotilasajoneuvoja on olemassa sekä panssaroituja että panssaroimattomia. Molempien suoja voidaan parantaa erilaisilla tilapäismenetelmillä, joita tässä luvussa tarkastellaan kuvien avulla.



Kuvat 3 ja 4, Huumekartellin panssaroima avolava-auto [26] sekä panssaroitu kuorma-auto Itä-Ukrainasta. [27]

Kuvassa 3 on meksikolaisen huumekartellin panssaroima avolava-auto. Kuvasta on haasteellista arvioida kuinka paksuja auton päällä olevat teräslevyt ovat, mutta voidaan olettaa etteivät ne käytännön syistä ole yhtä senttimetriä paksumpia. Teräs kuitenkin painaa n. 7800kg/m^3 eli $7,8\text{g/cm}^3$ [9]. Toyota Hiluxin pelkistetty pinta-ala on 282691cm^2 [28]. Näin ollen jos oletetaan teräslevyjen olevan sentin paksuisia, on vaadittu teräksen tilavuus yhtä suuri kuin pinta-ala ja massa 2204kg . Siten ollaan jo pelkällä panssaroinnilla sallittujen maksimimassojen ylärajoilla [28]. Tähän kun lisätään vielä matkustajat varusteineen, on ajoneuvo jo äärirajoillaan.

Senttimetrin paksuinen teräspanssarointi ei suojamateriaaliluvussa tehtyjen johtopäätösten mukaan välttämättä riitä pysäyttämään lähtönopeudellaan kulkevaa $7,62\times 39\text{mm}$ luotia. Kauempaa tulleen luodin panssarointi saattaisi kuitenkin pysäyttää, sillä jo sadassa metrissä luodin liike-energia on pudonnut neljänneksen ja 200m :ssä melkein puoleen. Lisäksi kun otetaan huomioon että luodin osumakulma vaikuttaa läpäisyyn, voidaan todeta panssaroinnin suojaavan todennäköisesti sadan metrin päästä ammutun luodin.

Käsittelyn sirpaleen osalta tämä panssarointi varmasti antaa suojaa, kun sirpaleen energia kymmenen metrin päässä lähtöpaikastaan on 335J verraten $7,62\times 39\text{mm}$ luodin 2045J :een. Näin ollen suurin osa sirpaleista pysähtyisi teräslevyihin. Renkaat jäävät tässä tapauksessa kuitenkin suojatta, jolloin joutuessaan kranaatin sirpale viuhkaan, on vaarana että ajoneuvosta tulee liikuntakyvytön kunnes sen renkaat vaihdetaan tai korjataan.

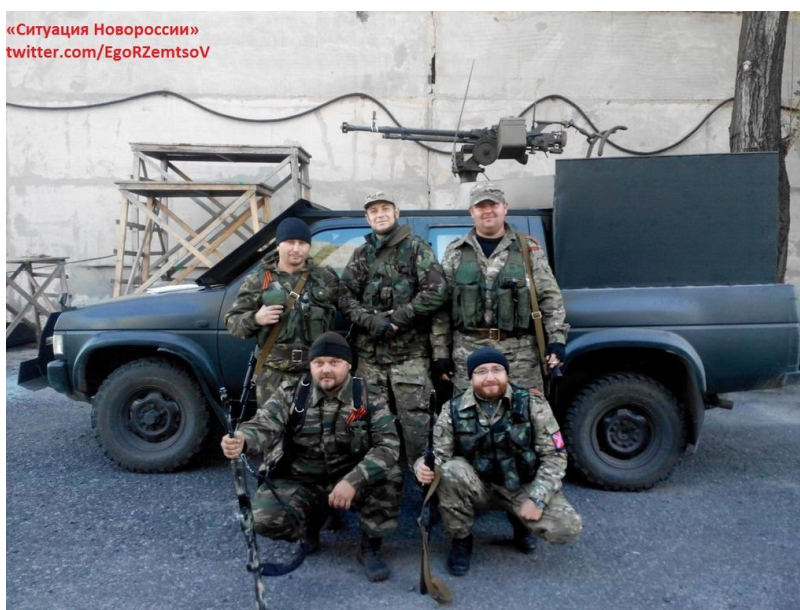
Konetykiltä kyseinen panssarointi ei suojaa, ellei puhuta pelkistä sirpalelaukauksista. Tällöinkin suora osuma muodostaa riskin läpäisystä. Alikaliiberi- ja onteloammukset menevät panssaroinnista läpi [2].

Kuvan 4 kuorma-autoon pätee muuten, samat johtopäätökset kuin kuvan 3 avolava-autoon, mutta sen kantokyky on varmasti suurempi. Panssarointi kuitenkin vie tästä kantokyvystä huomattavan osan, joka on kaikki pois kuljetettavasta materiaalista. Tässä tapauksessa näyttäisi, että kuorma-autosta on kyljessä olevasta ampuma-aukosta päätellen haluttu tehdä jonkinlainen taistelu- tai miehistönkuljetusajoneuvo jolloin panssarointi on perusteltua.



Kuva 5 Panssaroitu kuorma-auto Itä-Ukrainassa [27]

Kuvassa 5 panssarointi on huomattavasti kattavampi kuin aiemmissa kuvissa, mutta panssarin paksuus ei varmasti ole yhtään sen suurempi. Paksummalla panssarilla ajoneuvosta tulisi niin raskas, ettei se enää olisi järkevää. Tämän ajoneuvon maasto-ominaisuudetkin ovat kärsineet panssaroinnin takia, sillä asfaltin ja panssarin välissä näkyy olevan vain toistakymmentä senttiä. Maantielläkin tämä etureuna saattaa ottaa kiinni suurimpiin töyssyihin, ja epätasaiseen maastoon tällä ajoneuvolla ei ole mitään asiaa. Panssaroinnilla on siis rajoitettu ajoneuvon muita ominaisuuksia huomattavasti, jolloin voidaan pohtia, onko näin laaja panssarointi enää tarkoituksenmukaista.



Kuva 6, Avolava-auto, josta panssaroituna keula, tuulilasi sekä lava [27]

Kuvassa 6 on koko auton panssaroinnin sijaan priorisoitu keulan sekä ampujan panssarointi. Panssari näyttäisi olevan yhtä paksua kuin aiemmissa, eli noin senttimetrin, mutta teräksen käyttö yhteensä on alle puolet siitä, mitä edellisissä ratkaisuissa. Tämä vähentää huomattavasti lisääntyvän massan määrää, mutta tuottaa muita kompromisseja. Esimerkiksi sirpaleet pystyvät nyt lävistämään korin rakenteet kyljestä. Sirpaleilta suojauduttaessa täytyy kuitenkin muistaa, että niitä saattaa tulla joka puolelta, ja niitä tulee paljon. Käsiaseen luotejakin saattaa kyllä tulla joka puolelta, mutta ajoneuvo pystytään kuitenkin suuntaamaan siten, että panssaroitu puoli olisi uhatuinta suuntaa kohti. Tykistötulessa se ei yleensä ole mahdollista.



Kuva 7 Ukrainalainen BTR-80 panssaritumiehistönkuljetusajoneuvo 0

Kuvassa 7 on käytetty aiempiin verraten hieman erilaista lähestymistapaa. Ei ole merkitystä onko kuvassa tehty häkkipanssari tilapäisväline vai ei, mutta kyseinen lisäpanssari on helppo tehdä myös tilapäisvälinein. Häkkipanssarin tarkoituksena on joko laukoa ontelohanokset ennen kuin ne osuvat itse ajoneuvoon, tai saada ampumatarvike kimpoamaan kokonaan toiseen suuntaan. Tällainen panssari ei anna lisäsuojaa sirpaleita, luoteja tai alikaliiberiammuk-
kia vastaan, sillä ne mahtuvat häkin aukkojen lävitse.

Kuten ampumatarvikeluvussa todettiin, ontelohanokset taas läpäisevät tietyn verran tasalaa-
tuista ainetta. Kun panssarin ja häkin välissä on vaikkapa 10cm ilmaa, vie se jo huomattavasti
pois konetykin 15-21cm:n läpäisystä. Hydrodynaamisen läpäisyteorian mukaan ilma ei kui-
tenkaan poista läpäisyä yhtä tehokkaasti kuin teräs [3], mutta auttaa silti lisäämättä painoa.
Kyseinen häkkipanssari itsessään myös painaa huomattavasti vähemmän, kuin samankokoi-
nen panssari toteutettuna teräslevyillä. Alkuperäinen idea häkkipanssarista on toisesta maail-
mansodasta, missä niitä valmistettiin esimerkiksi kanaverkosta.



Kuva 8 Suomalainen STUG panssarivaunu[30]

Kuvassa 8 on kuvattuna suomalainen STUG panssarivaunu, jonka kyljen panssarointia on paranneltu puunrungoilla. Niiden tarkoitus on sama, kuin kuvan 7 häkkipanssarilla, eli vähentää ontelopanosten vaikutusta itse vaunuun. Puut ovat n. 30cm paksuja, mikä on jo merkittävä parannus vaunun panssarointiin ontelopanoksia vastaan, kuitenkin lisäämättä vaunun massaa yhtä paljon, kuin vastaava teräspanssarointi.

4.3. Jalkaväen suojaus

Tässä luvussa on keskitytty jalkaväen rakentamaan ja käyttämään suojaan. Suurin osa esimerkeistä tulee Ukrainasta, jossa on meneillään sisällissota Itä-Ukrainan separatistien sekä Ukrainan hallituksen joukkojen välillä. Mukana on kuitenkin myös kuvia Syyrian sisällissodasta sekä Libanonista.



Kuvat 9 ja 10 Syyrian kapinallisia tuliasemassa [31] ja FSA:n (Free Syrian Army) taistelija tuliasemassa [32].

Kuvassa 9 jalkaväki on suojautuneena elementtiharkoista koostuvan suojan taakse. Tämän suojan paksuus pystytään arvioimaan käyttämällä tuolilla istuvan tarkka-ampujan asetta vertailukohtana. Ase on Dragunov tarkkuuskivääri, joka on usean lähteen mukaan 122,5cm pitkä 0, joten suojan paksuudeksi voidaan arvioida ainakin 80cm betonia. Elementtiharkkoja voi olla enemmänkin, sillä kuvassa ei näy koko rakenteen poikkileikkausta, mutta tarkastellaan rakennelman antamaa suojaa sen osalta, mitä kuvassa näkyy.

Suojatakseen käsiaseilta betonia tulee olla vähintään 30cm paksuudelta, mikä täyttyy tässä tapauksessa yli kaksinkertaisesti. Kun tarkastellaan Maanpäällisen linnoittamisen käsikirjaa, niin tämä rakennelma antaa suojaa myös raskaampien konekiväärien tulelta. Suojatakseen 12,7 – 14,5 kaliiberin konekivääreiltä täytyy betonia olla vähintään 45cm [2], mikä tässä tapauksessa täyttyy.

Sirpaleilta tämä rakenne suojaa myös hyvin. 1,1g:n sirpaleen liike-energia on huomattavasti pienempi kuin luodin kuten aiemmin jo tarkasteltiin, eivätkä suuremmatkaan sirpaleet varmasti tuota ongelmia tälle rakenteelle. Maanpäällisen linnoittamisen käsikirja antaa kuitenkin 155mm tykistökranaatin lähiosumalta suojaavaksi materiaaliarvoksi betonille 15cm [2], mikä tässä tapauksessa myös täyttyy moninkertaisesti.

Konetykin nuoliammukselle ei löydy suoraan vaadittavaa suoja-arvoa betonin osalta, mutta panssariterästä vaaditaan 13cm [2]. Kuten suojamateriaaliluvussa todettiin, vastaa 1cm panssariterästä n. 30cm betonia. Tällöin betonia pitäisi olla 390cm, mikä tuskin täyttyy. Vaikka otettaisiin huomioon, ettei koko suojavahvuus näy kuvassa, on hyvin epätodennäköistä että keskelle katua olisi rakennettu neljä metriä paksu elementtiharkkoseinä.

Konetykin onteloammus puolestaan läpäisi n. 15 – 21cm tasalaatuista ainetta. Siinä tapauksessa tämän seinän paksuus riittäisi, mutta pitää ottaa huomioon, ettei onteloammuksia ole tarkoitettu betonin, vaan panssariterästen läpäisyyn. Näin ollen kyseistä rakennelmaa tuskin myöskään onteloammuksella ammuttaisiin.

Kyseinen tuliasema siis antaa hyvin suojaa lähes kaikkia tarkasteltuja ampumatarvikkeita vastaan. Täytyy kuitenkin ottaa myös huomioon, etteivät elementtiharkot ole kiinni toisissaan millään tavalla. Tällainen rakenne on siis herkkä sortumaan, jos sen lähelle osuu painevaikutteisia ampumatarvikkeita, tai suurikaliiberinen tykistönampumatarvike[16].

Kuvan 10 tuliasema puolestaan ei anna yhtä hyvää suojaa. Savitiilet ovat helppokäyttöisiä rakennusvälineitä, mutta yksi n. 30cm paksu kerros ei riitä pysäyttämään edes luotia. Savea tarvitaan 90cm paksuudelta jotta se suojaisi käsiaseilta[2]. Lisäksi kun tiilet eivät näytä olevan kiinni toisissaan millään tavalla, ovat ne herkkiä myös sortumaan. Tämän tyyppinen rakenne ei siis anna juuri muuta kuin näkösuojaa. Kyseisessä tuliasemassa tiilet muodostavat ainoastaan pienen osan koko suojasta, mutta muu osa on valmista rakennusta. Tiilet näyttävät jälkikäteen lisätyltä tilapäisratkaisulta, mistä syystä tässä käsitellään ainoastaan niitä. Kuvat ovat hyviä esimerkkejä kahdesta samantyyppisestä ratkaisusta, joista toinen on kuitenkin jäänyt pahasti kesken ja toinen onnistunut.



Kuva 11 Taistelija suojan takana Ukrainassa [5]

Kuvassa 11 ukrainalainen taistelija on suojautunut ohuiden peltien taakse. Kuvan perusteella levyt ovat maksimissaan parin millin paksuisia, eivätkä näin ollen suojaa miltään ampumatarvikkeilta. Kyseisenlaiset peltilevyt toimivatkin tässä tapauksessa ainoastaan näkösuojana. Ampumatarvikkeilta suojautumisessa kyseiset levyt toimisivat hyvin esimerkiksi poteron seinien vahvikkeena puun asemesta, tai katonna jonka päälle maa-aines levitetään.

4.4.Johtopäätökset

Ajoneuvojen suojaaminen teräslevyillä onnistuu kyllä, mutta tarkoituksen mukaisuus on hyvin tapauskohtaista. Aiemmin panssarioimatonta ajoneuvoa ei kuitenkaan pystytä suojaamaan tehokkaasti muuta, kuin sirpaleita ja kaukaa ammuttuja luoteja vastaan. Näin ollen tarkoituksenmukaisuutta tarkasteltaessa täytyy miettiä onko saavutettu suoja arvokkaampi, kuin massan lisäyksen tuomat haitat. Massan lisäyksen haittoina voidaan pitää esimerkiksi polttoaineen kulutuksen kasvua, ajoneuvon kantokyvyn kuormitusta sekä mahdollisten maasto-ominaisuuksien kärsimistä. Raskaampi ajoneuvo jää helpommin kiinni esimerkiksi pehmeään

maahan, jolloin ajoneuvo on entistä enemmän sidottu tieverkostoon. Tässä tutkimuksessa tarkastellut ajoneuvot olivat kuitenkin maastohenkilöautoja sekä maastokuorma-autoja, joiden täytyy tarpeen vaatiessa pystyä kulkemaan myös tien ulkopuolella.

Jalkaväellä betoni, tiilet ja kivi ovat kohtuullisen yleisiä ja toimivia materiaaleja suojan parantamiseen. Täytyy kuitenkin ymmärtää kuinka paksuja näiden rakenteiden tulee olla, jotta niistä on mitään hyötyä. Yksi rivi savitiiliä ei suojaa kuin kaikkein pienimmiltä sirpaleilta kuten tässä luvussa aiemmin todettiin. Näitä rivejä pitäisi olla vähintään kolme, jotta ne suojaisivat edes käsiaseilta. Tällöin puhuttaisiin n. 90cm paksusta muurista. Tässä tutkimuksessa ei naamiointia tarkastella, mutta jotta ratkaisu olisi toimiva, täytyy suoja pystyä myös naamioimaan. 90cm paksuja muureja on haastavaa naamioida ainakaan metsämaastoon, jolloin voidaan miettiä kannattaako tällaisia rakennelmia tehdä muualle kuin rakennetulle alueelle.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1. Yleisesti

Tässä luvussa vedetään yhteen aikaisemmissa luvuissa tehdyt johtopäätökset, ja pohditaan niiden käyttökelpoisuutta. Ensimmäisessä osassa mietitään aiemmin käsiteltyjen ratkaisujen toimivuutta Suomessa. Tarkoituksena on miettiä, missä tällaisia ratkaisuja voitaisiin Suomessa käyttää. Toisessa osassa tarkastellaan tutkimuksen lopullisia johtopäätöksiä ja mietitään tarvetta lisätutkimukselle.

5.2. Ratkaisujen toimivuus Suomessa

Ajoneuvojen suojaaminen on Suomessa todennäköisesti yhtä hyödyllistä kuin muuallakin maailmassa. Näin ollen tarkastelluista ratkaisuista voidaan ottaa mallia ja käyttää niitä tarpeen mukaan. Ei kuitenkaan kannata ryhtyä suoraan kopiaimaan kaikkia käytettyjä ratkaisuja. Yhtenä kompromissi ehdotuksena voitaisiin esittää ainoastaan kuorma-auton kuljettajan hytin panssarointia, kuten monissa jo valmiiksi panssaroiduissa kuorma-autoissa on tehty. Tällöin painoa tulisi huomattavasti vähemmän lisää, kuin jos panssaroitaisiin koko kuorma-auto. Kuorma-autojen tarkoituksena on kuitenkin kuljettaa materiaalia, ja ylimääräinen panssarointi vähentää niiden maksimi kapasiteettia.

Maastohenkilöautojen panssaroinnin mielekkyys on puolestaan hieman yksinkertaisempaa kuin kuorma-autojen. Niiden tarkoituksena on kuljettaa henkilöstöä, ja lisäpanssarointi kasvattaa henkilöstön mahdollisuuksia selviytyä esimerkiksi heittimistön iskusta. Ajoneuvo itsessään saattaa iskun jälkeen olla käyttökelvoton, mutta mikäli edes osa henkilöstöstä selviytyy panssaroinnin avulla, on se maksanut itsensä takaisin.

Käsiteltyjen kuvien ratkaisut ovat kaikki käyttökelpoisia myös Suomessa, kuitenkin painottuen enemmän rakennetulle alueelle. Metsämaastossa kannattaa kuitenkin pitäytyä perinteisissä menetelmissä, mitä on käsitelty Linnoittamisoppaissa hyvinkin yksityiskohtaisesti. Metsämaastoon rakennettu elementtiharkkotuliasema pitäisi kyetä maastouttamaan sen verran hyvin, että sen havaitseminen on yhtä vaikeaa kuin maahan kaivetun puuvahvisteisen korsun. Tämä saattaa kuitenkin tuottaa haasteita, eikä anna yhtään sen parempaa suojaa.

5.3. Johtopäätökset ja lisätutkimuksen tarve

Ajoneuvojen suojaaminen on varsin ongelmallinen asia. Ensinnäkin niiden suojaaminen vaatii erikoisvälineitä, sekä riittävästi ylimääräistä aikaa ja vaivaa. Lopputulos ei kuitenkaan välttä-

mättä ole aina toivottu. Renkaat ovat edelleen alttiita sirpaleille ja luodeille, sekä polttoaineen kulutus kasvaa massan kasvaessa. Joillekin tärkeille ajoneuvoille, kuten E-asemille se voi hyvinkin olla perusteltua, sillä suojaamalla auto suojataan myös arvokasta materiaalia sen sisällä. Kuorma-auton lavan suojaaminen ei puolestaan ole järkevää, ellei kuorma-autoa käytetä ainoastaan henkilöstön siirtämiseen.

Konetykiltä suojautuminen tilapäisvälinein on hyvin ongelmallista, oli kyse sitten ajoneuvoista tai jalkaväen tuliasemista. Etenkin nuoliammuksilta suojautuminen vaatii hyvin paksuja suojavahvuuksia, joita on puolestaan ongelmallista maastouttaa. Näin ollen paras tapa suojautua konetykiltä on salaaminen ja harhauttaminen, ei välttämättä linnoittaminen.

Käsiaseilta ja sirpaleilta suojautuminen on hyvin yksinkertaista jalkaväen kiinteistä tuliasemista puhuttaessa. Kun on tiedossa kuinka paljon mitään materiaalia tarvitaan, on kyse ainoastaan näiden materiaalien hankkimisesta paikan päälle. Jalkaväellä on kuitenkin etenkin metsämaastossa mahdollisuutena kaivautua maahan, jolloin muuta suojamateriaalia ei tarvita. Tästä tutkimuksesta onkin enemmän hyötyä, kun tarkastellaan rakennetulla alueella taistelevia joukkoja, jotka joutuvat rakentamaan linnoitteensa maan päälle tai rakennusten sisälle.

Lisätutkimusta vaatii ainakin tutkimuksessa tarkasteltujen ratkaisujen maastouttaminen. Onko mahdollista maastouttaa linnoite, joka suojaisi myös konetykin eri ampumatarvikkeilta? Tämä olettaen, että jouduttaisiin rakentamaan maan pinnalle, eikä kyettäisi kaivautumaan. Toiseksi tutkimusta vaatii myös ajoneuvojen panssaroinnin vaikutus esimerkiksi polttoaineen kulutukselle ja maasto-ominaisuuksille. Tässä tutkimuksessa on ainoastaan karkeasti oletettu, että polttoaineen kulutus kasvaa massan kasvaessa ja maasto-ominaisuudet huononevat. Lisäksi olisi hyvä tarkastella tarkemmin, kuinka paljon kuorma-auton lavan panssaroiminen tuo lisää massaa, ja onko sillä todellisuudessa kuinka suuri vaikutus niiden kantokykyyn. Tässä tutkimuksessa on vain todettu, että kantokyky pienenee panssaroinnin massan verran, mutta kuinka paljon kuorma-autoilla on ylimääräistä kantokykyä kun niillä on kaikki tarvittava materiaali kuormattuna? Siihen ei tässä tutkimuksessa oteta kantaa.

LÄHTEET

- [1] Jormakka, Jorma, Lappalainen, Esa, Lehtinen, Matti, Pantsar, Lasse, Tuovinen, Pekka, Valkola, Eero, Viita-Aho, Auvo. *Tekniset Tutkimusmenetelmät*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. 203 s. ISBN 951-25-1540-7.
- [2] Maavoimien Esikunta. *Maanpäällisen linnoittamisen käsikirja*. Helsinki: Maavoimien Esikunta, 2010. 172 s. TLL IV.
- [3] Pääesikunta. *Linnoittamisopas 2*. Helsinki: Pääesikunta, 2003. 197 s. ISBN 951-25-1425-7.
- [4] Nicola Florquin. *Small Arms Survey 2013*. Tutkimus. Geneve, 2013. Graduate Institute of International and Development Studies. 32 s.
- [5] Puolustusvoimat. *Rynnäköpanssarivaunut*. [Verkojulkaisu]. Puolustusvoimat, [viitattu 22.2.2015]. Saatavissa:
<http://www.puolustusvoimat.fi/rynnakko panssarit>
- [6] Assi Jahkonen. *Kuituvahvistetut ballistiset henkilösuojavarusteet ja niiden vaatimukset*. Diplomityö. Tampere, 2013. Tampereen Teknillinen Yliopisto, Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunta. 79 s.
- [7] Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. *Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*. Vammala: Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus, 2001. 391 s. ISBN 951-25-1277-7
- [8] Timo Haapamäki. *Onko afganistanissa palvelevan kriisinhallintajoukon henkilökohdainen suoja riittävä?*. EUK:n tutkielma. Helsinki, 2011. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos. 22 s.
- [9] Raimo Seppänen, Martti Kervinen, Irma Parkkila, Lea Karkela, Pekka Meriläinen. *MAOL Taulukot*. Helsinki: Matemaattisten aineiden opettajien liitto, 2005. 167 s. ISBN 951-1-20607-9
- [10] SAKO Oy. *SAKO:n patruunataulukko* [verkojulkaisu]. SAKO Finland. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:

<http://www.sakosuomi.fi/varusteet.php>

- [11] Orbital ATK. *Medium caliber ammunition*. [verkkojulkaisu] Orbital ATK. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
http://sei.ckcest.cn/product_img/360001/9148/938178/Document/mediumcaliber.pdf
- [12] ATK. *Medium caliber ammunition*. [verkkojulkaisu] ATK. [viitattu 9.1.2015]. Saatavuus :
<http://www.atk.com/products-services/mk44-bushmaster-chain-gun-automatic-cannon>
- [13] Pääesikunnan koulutusosasto. *Kenttätykistöopas I Osa*. Helsinki: Pääesikunnan koulutusosasto, 1990. 180 s. ISBN 951-25-0486-3
- [14] Tapio Saarelainen. *Taistelija 2020 – Tulevaisuuden kärkitaistelija*. Pro Gradu. Lappeenranta, 2006, Maasotakoulu, Tekniikan laitos. 148 s.
- [15] Rakennusteollisuus. *Rakennusmateriaalit*. [verkkojulkaisu]. Rakennusteollisuus. [viitattu 22.2.2015] Saatavuus:
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Toimialat/Rakennustuoteteollisuus-RTT/Rakennusmateriaalit/>
- [16] Puolustusvoimain Kehittämiskeskus. *Linnoittamisopas 1. Ykkös-Offset*, 2001. ISBN 951-25-1244-0
- [17] Liikennetuotteet Oy. *Putkitaulukko*. [verkkojulkaisu]. Liikennetuotteet Oy. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://liikennetuotteet.fi/tuotteet/pystytystarvikkeet/putkitaulukko>
- [18] Euro inox. *Tekninen opas – Ruostumattoman teräksen käyttö vesikatoissa*. [verkkojulkaisu] Euro inox. [viitattu 22.2.2015] Saatavuus:
http://www.euro-inox.org/pdf/build/roofing/RoofingTech_FI.pdf
- [19] Tuulissuon Rautavarasto Oy. *Teräslevyt*. [verkkojulkaisu]. Tuulissuon Rautavarasto Oy. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
http://www.tuulissuonrautavarasto.fi/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=82&Itemid=90

- [20] Skandinavian Yhtyneet Metallintuottajat Oy. *Materiaalit*. [verkkajulkaisu]. Skandinavian Yhtyneet Metallintuottajat Oy. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.metal.fi/5>
- [21] Betoniteollisuus ry. *Betonin ominaisuudet ja käyttö*. [verkkajulkaisu]. Betoniteollisuus ry. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-ominaisuudet-ja-kaytto>
- [22] Betoniteollisuus ry. *Kevytsoraharkot*. [verkkajulkaisu]. Betoniteollisuus ry. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.betoni.com/betonituotteet/harkot/kevytsoraharkot>
- [23] Luonnonvarakeskus. *Euroopan metsäisin maa*. [verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.metla.fi/suomen-metsat/>
- [24] Mikko Lepistö. *Nykyaikainen puutalo- ja puukerrostalorakentaminen Suomessa*. Opinnäytetyö. Seinäjoki, 2012. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö, Rakennustekniikan koulutusohjelma. 49 s.
- [25] BAE's L-ROD Cage Armor. Defense Industry Daily. 2012 [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.defenseindustrydaily.com/baes-lrod-cage-armor-03473/>
- [26] Robert J. Bunker, Byron Ramirez. Narco Armor: Improvised Armored Fighting Vehicles in Mexico. CGU Faculty Scholarship. 2013. Claremont College. 86 s.
- [27] Militaryphotos.net. *Situation in Ukraine/ Crimea *Photos – Videos ONLY*. [Verkkajulkaisu]. Militaryphotos.net. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
http://www.militaryphotos.net/forums/showthread.php?236005-Situation-in-the-Ukraine-Crimea-*Photos-Videos*-ONLY
- [28] Toyota Auto Finland Oy. *Toyota Hilux Autoesite*. [verkkajulkaisu]. Toyota Auto Finland Oy. [Viitattu 22.2.2015]. Saatavuus
<http://www.toyota.fi/hinnastot-esitteet/autoesitteet/hilux-autoesite.json>

- [29] Slat Armor fo Stryker APC. Defense Update. Issue 1 (2004). [päivitetty 1.2.2006]. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://defense-update.com/products/s/slat-stryker.htm>
- [30] MS. *Finnish Stug with Wooden Armor*. Museum Syndicate. [viitattu 21.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.museum syndicate.com/item.php?item=65359>
- [31] Asharq Al-Awsat. *Syria: FSA kill 60 Hezbollah fighters, retake town*. 2012. www.mojahedin.org. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.mojahedin.org/pagesen/printNews.aspx?newsid=20620>
- [32] Nicholas Blandford. *Lebanon feels the heat as villages are dragged into Assad's civil war*. The Times. 2012. [viitattu 22.2.2015]. Saatavissa:
<http://www.thetimes.co.uk/tto/news/world/middleeast/article3639864.ece>
- [33] Sniper central. *Russian Dragunov SVD*. [verkkojulkaisu]. Sniper central. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
<http://www.snipercentral.com/svd.htm>
- [34] Wikipedia. *Dragunov sniper rifle*. [verkkojulkaisu]. Wikipedia. [viitattu 22.2.2015]. Saatavuus:
http://en.wikipedia.org/wiki/Dragunov_sniper_rifle
- [35] World Guns. *Dragunov SVD sniper rifle (USSR/Russia)*. [verkkojulkaisu]. World Guns. [viitattu 22.2.2015] Saatavuus:
<http://world.guns.ru/sniper/sniper-rifles/rus/dragunov-svd-e.html>